

**Skrypt
Nr 266**

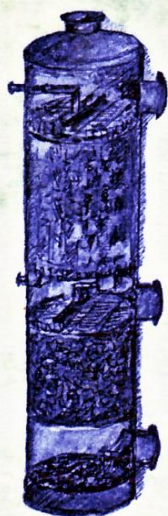
Politechnika Opolska

ISSN 1427-9932

**Gabriel Filipczak
Leon Troniewski
Stanisław Witczak**

**Tablice do obliczeń
projektowo-konstrukcyjnych
aparatury procesowej**

(wydanie II poprawione)



Opole 2004

**Skrypt
Nr 266**



**Gabriel Filipczak
Leon Troniewski
Stanisław Witczak**

**Tablice do obliczeń
projektowo-konstrukcyjnych
aparatury procesowej**

(wydanie II poprawione)

Opole 2004

POLITECHNIKA OPOLSKA

Komitet Redakcyjny

Wiesław DROBEK, Maksymilian GAJEK,
Stanisław KROL – przewodniczący, Tadeusz ŁAGODA,
Marian ŁUKANISZYN, Mariusz MIGAŁA, Wojciech SKOWROŃSKI

Opiniodawca

prof. dr inż. Władysław Mróz

Redaktor:

Tadeusz Łagoda

Komitet Redakcyjny Wydawnictw Politechniki Opolskiej
ul. S. Mikołajczyka 5

Druk wykonano w Dziale Wydawnictw i Promocji Politechniki Opolskiej
Nakład 315+25+10 egz. Ark. wyd. 32,8. Ark. druk.36,3

Spis treści

str.

PRZEDMOWA	5
1. WIADOMOŚCI OGÓLNE	7
1.1. Problematyka projektowo-konstrukcyjna	7
1.2. Kształt konstrukcyjny aparatów	10
2. WYTYCZNE PROJEKTOWANIA I WYKONANIA ELEMENTÓW APARATURY	15
2.1. Określenie warunków działania aparatury	15
2.2. Warunki techniczne wykonania elementów aparatury	17
2.3. Powłoka obrotowa	22
2.3.1. Powłoka walcowa	22
2.3.2. Element stożkowy	24
2.4. Dno pełne	26
2.5. Dno sitowe	30
2.6. Połączenie kołnierzowo-śrubowe	34
2.6.1. Kołnierze okrągłe	34
2.6.2. Uszczelki	40
2.6.3. Śruby (elementy złączne)	41
3. OBLICZENIA KONSTRUKCYJNE ELEMENTÓW APARATURY CIŚNIENIOWEJ	43
3.1. Naprężenie dopuszczalne. Współczynnik bezpieczeństwa	43
3.2. Wytrzymałościowy współczynnik obliczeniowy złącza spawanego	45
3.3. Grubość ścianki elementu	47
3.4. Otwory w elementach aparatury	50
3.5. Wymagania i wytyczne dozoru technicznego	52
3.6. Komputerowe wspomaganie projektowania	80
4. CHARAKTERYSTYKA KONSTRUKCYJNA ELEMENTÓW APARATURY	91
4.1. Ustawa i rozporządzenia o dozorze technicznym	92
4.2. Wybrane dokumenty normatywno-techniczne	101
5. WYTYCZNE DOBORU MATERIAŁÓW KONSTRUKCYJNYCH	209
5.1. Wiadomości ogólne i wytyczne stosowania	209
5.2. Właściwości wytrzymałościowe przy podwyższonej temperaturze	210
5.3. Odporność korozyjna materiałów konstrukcyjnych	213
5.4. Właściwości technologiczne materiałów	218
6. KARTY MATERIAŁOWE STALOWYCH WYROBÓW HUTNICZYCH	221
7. ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNE WYBRANYCH ELEMENTÓW APARATURY	255
7.1. Charakterystyka konstrukcyjna	255
7.2. Przykład obliczeniowy	272
8. LITERATURA	291

PRZEDMOWA

do wydania drugiego

Skrypt niniejszy stanowi w swej treści poprawione wydanie poprzedniej jego edycji i został pomyślany jako pomoc dla studentów Wydziału Mechanicznego Politechniki Opolskiej, odrabiających ćwiczenia i prace projektowe wynikające z programu studiów na kierunkach: *mechanika i budowa maszyn, inżynieria środowiska, technika rolnicza i leśna*.

Zebrany w skrypcie materiał jest wynikiem wieloletnich doświadczeń autorów w prowadzeniu przedmiotów o charakterze projektowo-konstrukcyjnym, a jednocześnie stanowi uzupełnienie podręcznika G. Filipczaka i S. Witczaka pt. „*Konstrukcja aparatury procesowej*”, w którym podaje się wiele informacji merytorycznych, przydatnych do zrozumienia zagadnień projektowo-konstrukcyjnych, wynikających z przepisów normatywno-technicznych ujętych w niniejszym skrypcie.

Zawarty w skrypcie materiał (rysunki, tablice) pochodzi z różnych źródeł i z redakcyjnych względów nie zawsze jego prezentacja jest taka jak w materiale źródłowym. W wielu przypadkach zachowano jednak oryginalną formę opisu elementów aparatury, jakkolwiek nie ujęto na ogół kompletnej ich charakterystyki zawartej w materiale źródłowym. Stąd, wszelkie wątpliwości mogą być rozstrzygnięte po uprzednim porównaniu z treścią bieżących przepisów techniczno-normatywnych.

Na przedruk części wytycznych Urzędu Dozoru Technicznego (stan prawny z 1991 r.) autorzy już uprzednio otrzymali zgodę Urzędu, za co w tym miejscu składają podziękowanie. Słowa podziękowania należą się także tym wszystkim, którzy udostępnili nam i pozwolili zamieścić swoje opracowania w nadziei, że będą one stanowić cenną pomoc dydaktyczną dla studentów, w tym autorom oprogramowania komputerowego do obliczeń konstrukcyjno-wytrzymałościowych elementów aparatury, którego charakter dostosowany jest do wielu zawartych w skrypcie informacji tematycznych.

Dziękujemy także tym wszystkim, którzy pomagali nam w opracowaniu i przygotowaniu skryptu do druku; szczególnie dziękujemy studentom studiów dziennych i zaocznych specjalności *maszyny, urządzenia przemysłowe i ochrony środowiska*.

Autorzy

1. WIADOMOŚCI OGÓLNE

Konstruowanie aparatury procesowej jest i pozostanie jednym z najważniejszych zadań inżynierskich. Prawdłowo zaprojektowany i wykonany aparat jest najbardziej namacalną formą, a jednocześnie konkretnym efektem zawodowej działalności inżyniera. Ponadto, z poprawnie skonstruowanych aparatów (elementów aparatury), można zestawiać instalacje technologiczne, czyli projektować. Projektowanie i konstruowanie można w najprostszej formie określić następująco: projektowanie polega na wyznaczaniu i doborze sposobu współdziałania aparatów w ciągu technologicznym oraz na wskazywaniu typu aparatury; konstruowanie natomiast - na nadaniu aparaturze odpowiednich cech geometryczno-konstrukcyjnych i na weryfikacji tych cech pod kątem przydatności dla danego celu technologicznego. Na przykład, jeżeli dla instalacji technologicznej założono podgrzewacz (wymyennik ciepła) o powierzchni wymiany ciepła wynikającej z bilansu cieplnego układu technologicznego - to jest to rezultat celu projektowego. Celem konstrukcyjnym jest natomiast wskazanie szczegółowej koncepcji konstrukcyjnej, tj. wyznaczenie typu wymyennika ciepła, najkorzystniejszego dla realizacji założonego celu technologicznego, a ponadto opracowanie szczegółowej konstrukcji aparatu oraz wskazanie sposobu wykonania i montażu elementów. Na podstawie powyższych sformułowań można wyprowadzić wniosek, że projektant może nie konstruować, lecz konstruktor w wielu sytuacjach musi projektować.

Rozwiązanie określonego problemu konstrukcyjnego jest niejednokrotnie bardzo złożonym zagadnieniem. Przyjąć jednak można, że na całość projektowania i konstruowania aparatury procesowej składają się następujące elementy:

- a) sformułowanie problemu - problem wymagający rozwiązania definiuje się w sposób ogólny, często z pominięciem szczegółów;
- b) analiza problemu - problem definiuje się uwzględniając szczegóły technicznej realizacji postawionego zadania konstrukcyjnego;
- c) poszukiwanie rozwiązań - w etapie tym gromadzi się pewną liczbę wariantów rozwiązania konstrukcji na podstawie konsultacji, własnych pomysłów, badań itp.;
- d) decyzja - zgromadzone warianty ocenia się, porównuje i selekcjonuje dopóty, dopóki nie wyłoni się najlepszego z nich;
- e) dokumentacja - dla wybranego wariantu opracowuje się szczegółową dokumentację konstrukcyjną.

Poprawna realizacja poszczególnych elementów (etapów) prowadzi w efekcie do konstrukcji o prawidłowej formie zadowalającej przyszłego użytkownika.

1.1. Problematyka projektowo-konstrukcyjna

Każda konkretna konstrukcja aparatu (jego rozwiązanie) jest wynikiem wyboru dokonanego w oparciu o wiele motywacji. Motywacje lub przesłanki wyboru mogą być bardzo różne, a nieraz bywają sprzeczne. Przykładem sprzeczności może być wysoka

wytrzymałość lub odpowiednia odporność chemiczna materiału a nakład inwestycyjny. Inne motywacje występują przy konstrukcji np. wymiennika ciepła przeznaczonego do zabudowy w samolocie, kiedy to ważną jego cechą jest zwarta i lekka konstrukcja, czy na okręcie, gdzie istotniejszym problemem do rozwiązania jest odporność aparatu na działanie wody morskiej, czy wreszcie w węźle cieplnym - wówczas zasadnicze korzyści konstrukcyjne wymiennika związane są z jego trwałością i łatwością montażu (remontu). Stąd, pośród wielu przesłanek, decydujące znaczenie ma na ogół konkretne zastosowanie aparatu i warunki jego pracy.

Niekiedy jednak nie można pominąć w analizie konstrukcji trzech zasadniczych, a wzajemnie na siebie wpływających elementów, a mianowicie:

- a) kształtu konstrukcyjnego,
- b) tworzywa konstrukcyjnego,
- c) technologii wykonania.

Kształt aparatu determinuje w zasadzie pierwsze przybliżenie jego konstrukcji. Czasem kształt bywa narzucony jako rezultat obliczeń procesowych (np. wymiennik ciepła, kolumna destylacyjna), innym razem - względami zachowania korzystnego rozkładu naprężeń (zbiorniki ciśnieniowe), a niekiedy praktycznością i łatwością wykonania - np. prostokątne przewody urządzeń wentylacyjnych.

W obszarze założonych warunków pracy przydatność konstrukcyjna materiału (tworzywa) przeznaczonego na budowę aparatu jest określona tak fizykochemicznymi właściwościami materiału konstrukcyjnego, jak i jego cechami technologicznymi. Decydując się na określone tworzywo konstrukcyjne trzeba równocześnie dokonać oceny jakości materiału wynikającej z jego przydatności konstrukcyjnej - np. z wymaganej odporności korozyjnej, zmiany jego właściwości w podwyższonej temperaturze - oraz z cech technologicznych (podatność na formowanie, łączenie itp.), wskazujących na możliwość technicznego wykonania aparatu.

Technologia wykonania musi być więc przeanalizowana w kontekście założonego kształtu aparatu oraz wskazanego do jego wykonania materiału konstrukcyjnego. Konstruktor powinien wskazać wyraźną koncepcję technologiczną wykonania aparatu, jego elementów, montażu części, a także obsługi i remontu. Takich informacji domagają się przede wszystkim wytwórcy aparatury, ale i również projektanci-inwestorzy oraz użytkownicy. Nie można też pominąć faktu, że możliwości technologiczne rzutują niejednokrotnie na formę konstrukcyjną aparatu, gdy materiał jest zdeterminowany. Dlatego też główne przesłanki konstrukcyjne, tj. forma, materiał i wykonawstwo, powinny być analizowane we wzajemnym powiązaniu.

Zwykle do dostatecznie ścisłego opracowania konstrukcji wystarczą umiejętności konstruktora. Czynniki ograniczającymi samo rozwiązanie są wówczas przede wszystkim powzięte przez konstruktora decyzje, obiektywne warunki i przesłanki. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że przy projektowaniu aparatury procesowej częstokroć występuje wiele ograniczeń, względnie zaleceń, wynikających z norm i przepisów (będących zasadniczo wyrazem sprawdzonych reguł i doświadczeń techniki), a mających niejednokrotnie charakter obligatoryjny. Ograniczenia konstrukcyjne wynikające z przepisów prawnych są bardzo różne i mogą dotyczyć zarówno konstrukcji zwartych (np. aparat do wymiany ciepła), jak i rozwiązań szczegółowych elementów i podzespołów (dno, połączenie kołnierzo-śrubowe, wzmocnienie otworów, podparcie aparatu itd.), sposobu ich wykonania, zalecanego gatunku materiału, wytycznych obliczeń konstrukcyjnych itd.

W Polsce obowiązują trzy zasadnicze rodzaje norm, których charakter jest niejednokrotnie dostosowany do europejskich przepisów normatywno-prawnych. Są to: Polskie Normy (PN), Branżowe Normy (BN) i Zakładowe Normy (ZN).

Polskie Normy, dotyczące m.in. danych technicznych, danych wymiarowych, wytycznych obliczeniowych, są stosunkowo obszerne i wykonanie wyrobu we wszystkich wielkościach objętych tymi normami nie zawsze byłoby ekonomicznie uzasadnione. Stąd, równoległe do tych norm wprowadzono Branżowe Normy, które wskazują na bieżące tematy konstrukcyjne. Norma ta odnosi się do praktycznie sprawdzonych już rozwiązań konstrukcyjnych elementów

aparatury (znajdujących się w produkcji) i może ona być przekształcona, po wprowadzeniu odpowiednich poprawek i uzupełnień, w normę ogólnopolską.

W oparciu o te dwa akty normatywne, a także normalizację krajową i zakładowe opracowania, są częstokroć publikowane Normy Zakładowe. Ich zakres tematyczny jest z reguły bardzo zawężony w stosunku do PN i BN, lecz stanowią one cenne dane techniczne o aktualnie wytwarzanym asortymencie elementów konstrukcyjnych.

Występujące przy projektowaniu i konstruowaniu aparatury procesowej ograniczenia prawne (ustawowe) wynikają także z przepisów o dozorcze technicznym (w wybranym zakresie ich treść ujęto w p. 4.1). Regulują one szczegółowo zasady, zakres i formę technicznego wykonania i odbioru ciśnieniowej aparatury procesowej oraz wskazują na warunki jej bezpośredniego funkcjonowania i użytkowania. Przepisy i wytyczne Urzędu Dozoru Technicznego (UDT) wkraczają w obszar wytwarzania aparatury procesowej m.in. w zakresie:

- opracowania konstrukcji i technologii jej wykonania,
- określenia parametrów obliczeniowych i sposobu prowadzenia obliczeń wytrzymałościowych,
- doboru materiału konstrukcyjnego i wyrobu hutniczego, przeznaczonego do budowy lub naprawy aparatury,
- wykonania aparatury i jej elementów,
- zakresu badań technicznych, oceniających cechy użytkowe aparatury ciśnieniowej,
- rodzaju dokumentacji poświadczającej prawidłowość wykonania aparatu lub jego elementów,
- warunków odbioru technicznego wykonanej aparatury procesowej i dozoru nad jej eksploatacją.

Z powyższych przykładów widać, że przepisy UDT są uwzględniane nie tylko w toku doboru materiału lub elementów przeznaczonych do budowy aparatury ciśnieniowej, oraz w etapie wytwarzania i eksploatacji (naprawy) aparatury procesowej, lecz również w fazie jej projektowania i konstruowania (obliczenia konstrukcyjne).

Budowa (konstrukcja) aparatury procesowej, niezależnie od wymagań normatywno-prawnych, korzysta jednocześnie z kilku różnych obszarów wiedzy, z których konstruktor czerpie informacje. Należy tu zaliczyć:

- a) inżynierię materiałową - tworzywa (materiały) konstrukcyjne;
- b) technologię - technikę formowania i łączenia materiałów;
- c) teorię wytrzymałości - wyznaczanie stanu naprężeń;
- d) inżynierię procesową - wymiarowanie konstrukcji, dobór cech konstrukcyjnych itp.

Na znaczenie dwóch pierwszych zagadnień zwrócono uwagę wcześniej; na podstawowe wymagania i kryteria techniczne związane z poprawnym wyborem materiału konstrukcyjnego wskazuje się także w rozdz. 5.

Z kolei, ze znanego (lub założonego) stanu obciążenia aparatu lub jego elementów można w wielu przypadkach wyznaczyć, na drodze obliczeniowej, stan naprężeń panujący w materiale (jeżeli geometria ścianki jest określona).

Wzory do obliczeń wytrzymałościowych aparatury procesowej - w praktycznym ich zastosowaniu, wywodzą się z ogólnych przesłanek teoretycznych, znanych z kursu wytrzymałości materiałów. Wyrowadzone dla potrzeb konstruowania aparatury szczegółowe warunki obliczeniowe odnosi się z zasady do poszczególnych jej elementów. Na przykład, osobno wyznacza się grubość ścianki powłoki walcowej oraz naprężenia występujące w kołnierzu czy dnie wyoblonym mimo, że elementy te mogą być trwale połączone pomiędzy sobą. Stwarza to niedogodną sytuację, ponieważ w każdym elemencie aparatu, działającego w podwyższonej temperaturze i pod ciśnieniem, mogą występować zróżnicowane naprężenia.

Nie mniej jednak, cały aparat jest traktowany jako konstrukcja monolityczna (np. wymiennik ciepła, zbiornik ciśnieniowy), co rozumie się jako trwałe i sztywne połączenie poszczególnych jego elementów w „bryłę” jednoznacznie określoną pod względem wytrzymałościowym. Oznacza to, że w obliczeniach każdego elementu porównuje się maksymalną wartość naprężenia σ_{\max} z jego wartością dopuszczalną k , zarówno dla danego materiału, jak i charakteru obciążenia. Dla poprawnej konstrukcji zachodzi $\sigma_{\max} \leq k$, o ile w wartości naprężenia dopuszczalnego uwzględniono odpowiedni współczynnik pewności (bezpieczeństwa) konstrukcji.

W wielu przypadkach (wymyenniki ciepła, kolumny destylacyjne, reaktory itp.), niektóre cechy konstrukcyjne aparatu - jak np. jego zasadnicze wymiary, są określone przez wynik obliczeń procesowych. Pozostają więc do ustalenia materiały i tzw. swobodne wymiary konstrukcyjne.

Często decyzję wyboru kształtu aparatu dokonuje się w oparciu o przesłanki technologiczno-konstrukcyjne i użytkowe. Na przykład, zbiorniki ciśnieniowe wykonuje się z reguły jako cylindryczne, ze względu na korzystny rozkład naprężeń w ścianie elementu. W wielu przypadkach należy dokonać jednak wyboru kształtu konstrukcji. Wówczas należy kierować się zarówno doświadczeniem ogólnym techniki, jak i własnym. Jednakże kryterium doboru konstrukcji może być niekiedy oczywiste i z góry przesądza o koncepcji konstrukcyjnej aparatu (np. konieczność uwzględnienia kompensacji wydłużeń cieplnych w aparacie do wymiany ciepła). Ponadto, wybór aparatu może być wynikiem kompromisu pomiędzy przesłankami procesowo-konstrukcyjnymi, jak np. wybór między kolumną półkową a kolumną z wypełnieniem.

Z technologicznego punktu widzenia należy jednak dążyć do rozwiązania optymalnego. Najogólniej, za takie można uważać rozwiązanie konstrukcyjne, pozwalające osiągnąć maksymalne efekty procesowe (np. wydajność cieplną), przy najniższym koszcie wykonania aparatu i korzystnie niskiej amortyzacji.

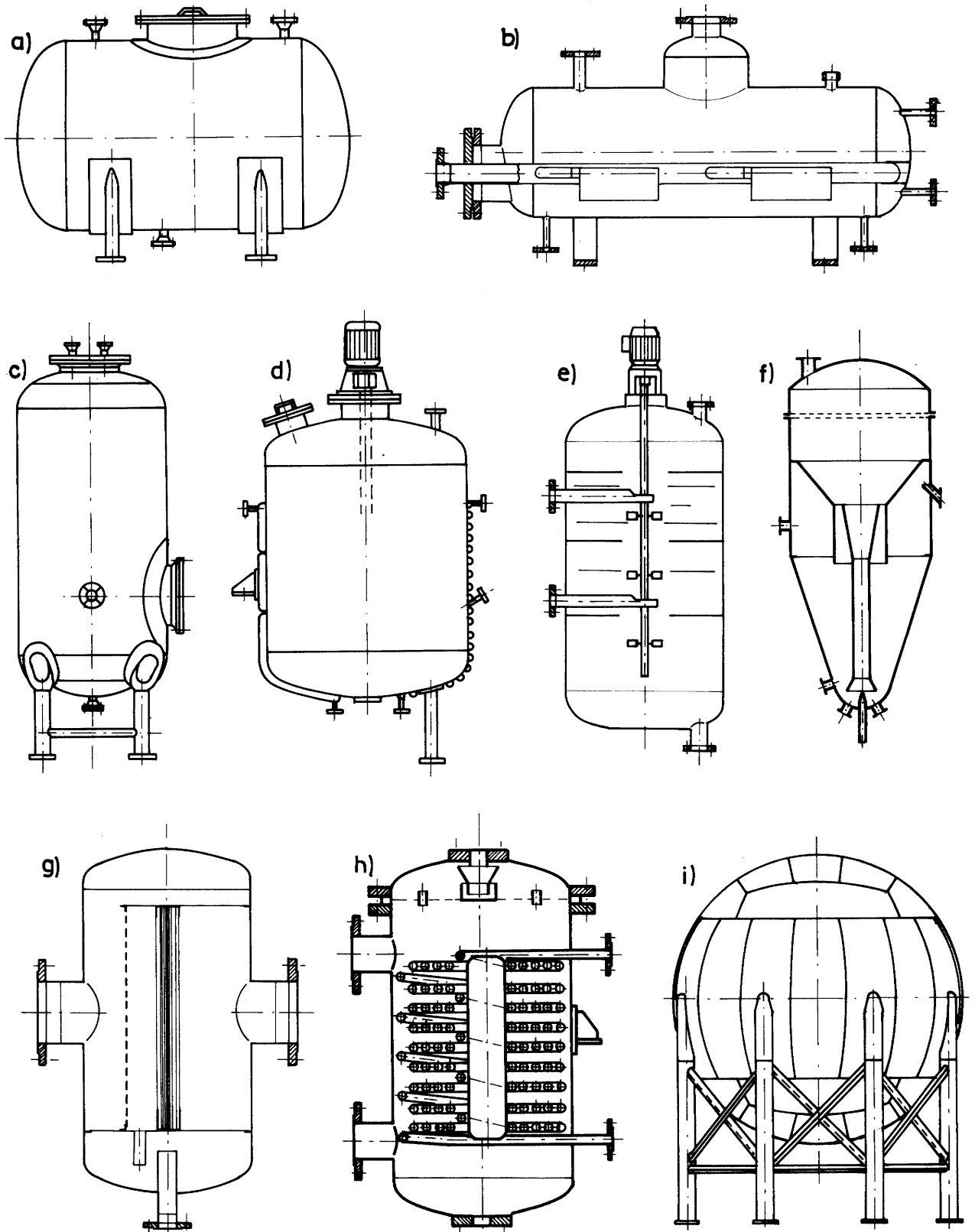
1.2. Kształt konstrukcyjny aparatów

Aparaturę procesową, a także maszyny i inne urządzenia stosowane w przemyśle, można podzielić na dwie grupy. Do pierwszej zalicza się różnego rodzaju aparaty i urządzenia (reaktor, wyparka, kolumna destylacyjna, ekstraktor itp.), w których zachodzą operacje technologiczne związane bezpośrednio z procesem wytwórczym. Do drugiej zaś – liczne aparaty o pomocniczym charakterze (np. kocioł parowy, wymiennik ciepła, mieszalnik), tj. ułatwiające prowadzenie podstawowych operacji technologicznych. I jakkolwiek różnorodność zagadnień technologicznych pociąga za sobą różnorodność konstrukcji, to można wskazać na cztery zasadnicze typy aparatów, które z istoty rozwiązania stanowią znaczącą pozycję w całości aparatury procesowej. Są to :

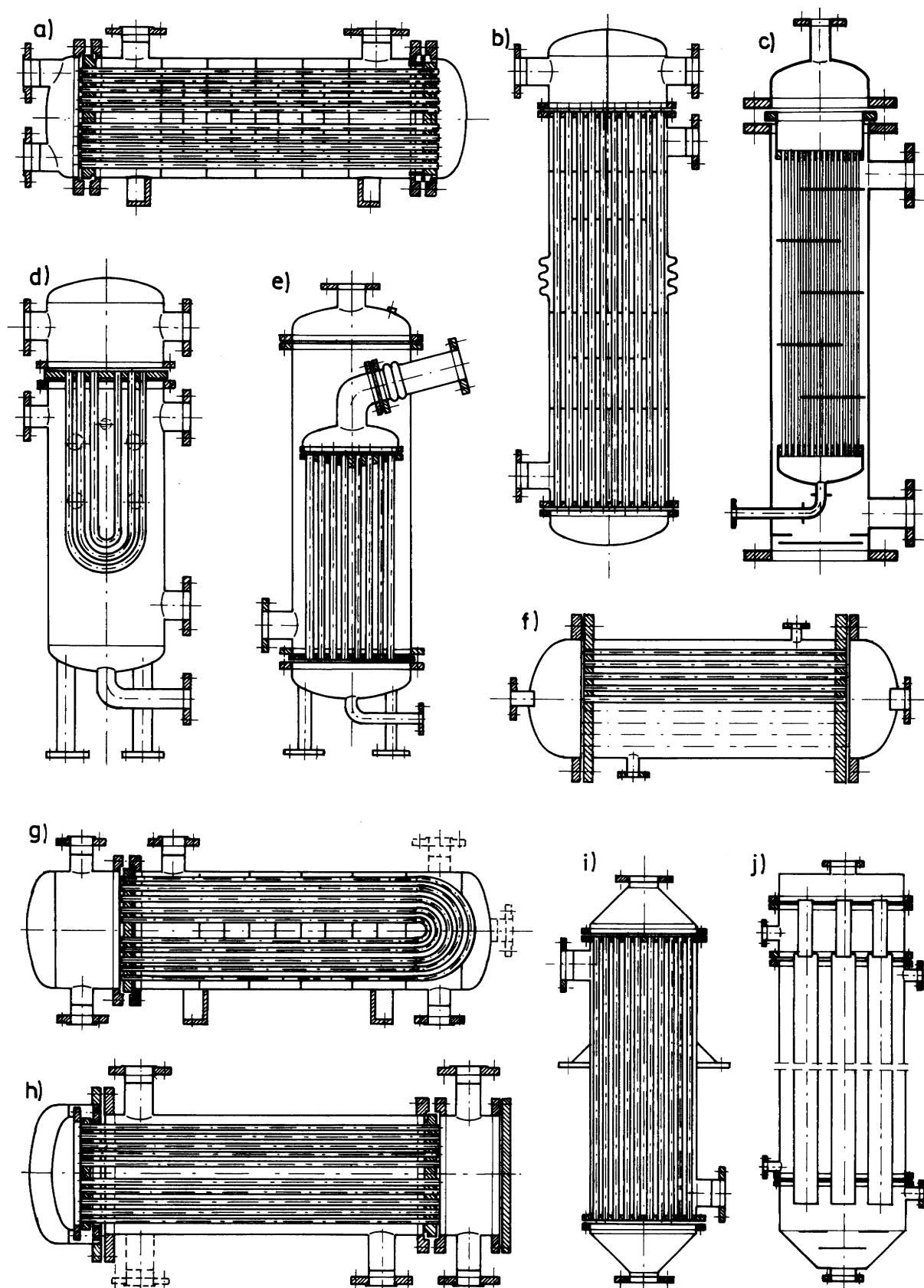
a) aparaty typu zbiornikowego (rys. 1.1); o działaniu ciągłym lub okresowym, rozumiane głównie jako zamknięty zespół konstrukcyjny (z dowolnym wyposażeniem wewnętrznym), stanowiący "pomieszczenie" dla płynów także pod ciśnieniem wyższym od atmosferycznego;

b) aparaty typu płaszczowo-rurkowego (rys. 1.2), zasadniczo zawierające w swym wyposażeniu wkład rurkowy w całości umocowany w tzw. dnie sitowym, które stanowi charakterystyczny element wyznaczający kształt konstrukcyjny tej grupy aparatów, stosowanych najczęściej do wymiany ciepła;

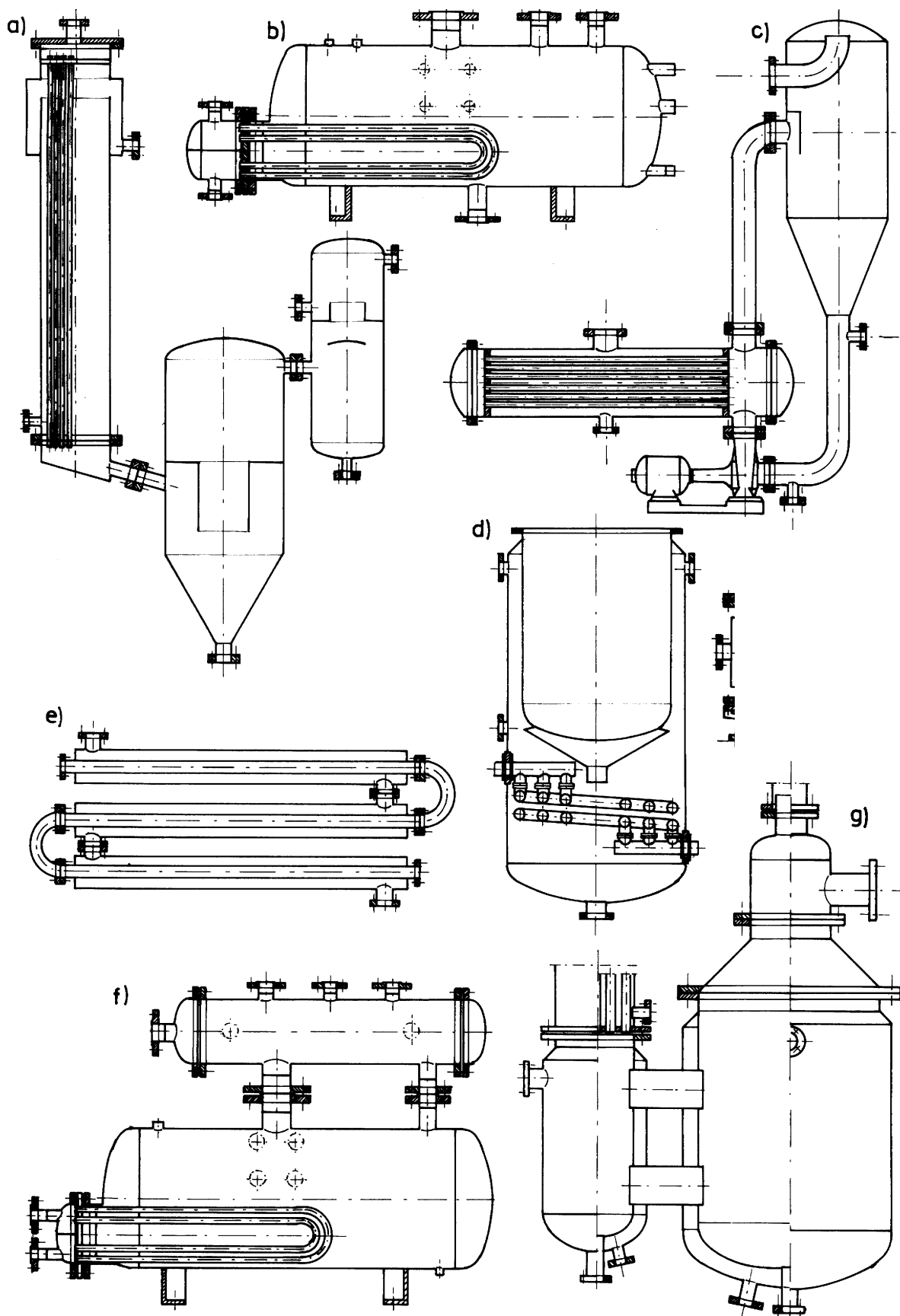
c) aparaty złożone, tj. składające się z kilku (tego samego względnie odmiennego typu) przestrzeni, mających wspólną ściankę (rys. 1.3). Uważa się przy tym, że ściankę aparatu złożonego wyznaczają wszystkie elementy (z reguły nierozłączne), opisujące jego kształt konstrukcyjny, tj. łącznie z takimi elementami jak króciec, wąż, kołnierz itp.;



Rys. 1.1. Aparaty typu zbiornikowego: a) zbiornik cylindryczny poziomy; b) parowacz; c) zbiornik magazynowy pionowy; d) mieszalnik z płaszczem grzewczym; e) mieszalnik kaskadowy; f) krystalizator strumienicowy; g) separator zawiesiny; h) wymiennik ciepła z węzownicą; i) zbiornik kulisty

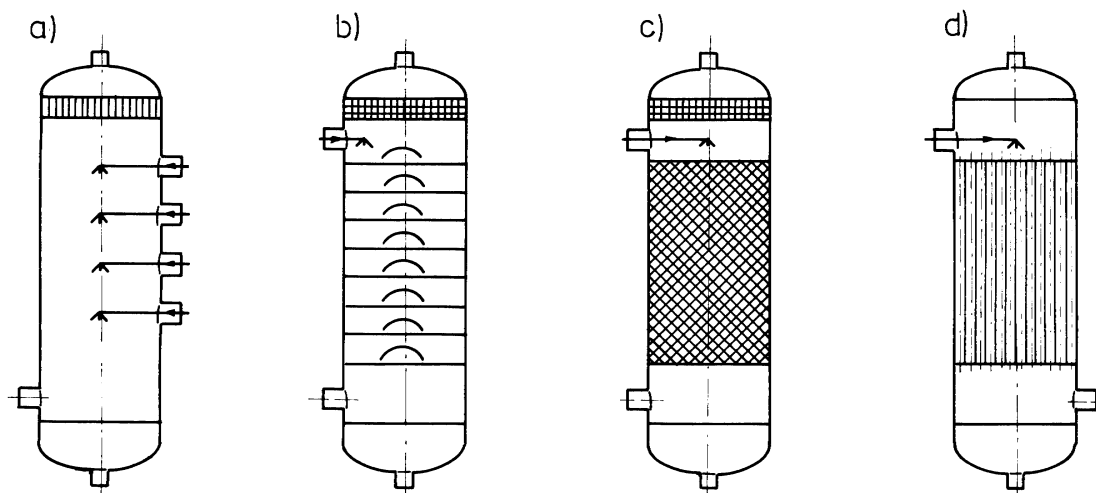


Rys. 1.2. Aparaty typu płaszczowo-rurkowy (wymienniki ciepła): a) z odejmowanym wkładem rurkowym; b) z kompensatorem na płaszczu; c) ze swobodnym wkładem rurkowym; d) pionowy U-rurkowy; e) z kompensacją wewnętrzną pęczka rurek; f) ze stałymi płytami sitowymi; g) poziomy U-rurkowy; h) ze swobodną głowicą; i) pionowy z dnami stożkowymi; j) wyparka WFH



Rys. 1.3. Aparaty złożone: a) wyparka z układem skraplaczy; b) zbiornik z U-rurkowym wkładem grzejącym; c) wyparka z zewnętrzną cyrkulacją roztworu; d) zbiornik-podgrzewacz; e) wymiennik ciepła wielobiegowy; f) zespół wymiennik ciepła-zbiornik; g) układ separatorów z płaszczem grzejącym

d) aparaty kolumnowe (rys. 1.4), które z uwagi na rodzaj wyposażenia wewnętrznego (półki, wypełnienie i in.), a także proporcje (stosunek długości aparatu do jego średnicy >5), stawiane są w grupie wybranych typów aparatury.



Rys. 1.4. Aparaty typu kolumnowego: a) rozpryskowe; b) z półkami, c) z wypełnieniem; d) ze spływającym filmem cieczy

Mimo zróżnicowanej formy konstrukcyjnej wymienione aparaty zawierają wiele powtarzalnych elementów i detali konstrukcyjnych, których sposób wykorzystania czy też rozmieszczenia decyduje o ostatecznym kształcie (postaci konstrukcyjnej) każdego prawie aparatu. Do elementów tych zalicza się m.in.:

- a) powłokę obrotową ograniczającą przestrzeń aparatu, której kształt (cylindryczny, kolisty, stożkowy i in.) podyktowany jest z reguły względami technologiczno-konstrukcyjnymi;
- b) dno pełne (płaskie, elipsoidalne) wykorzystywane zasadniczo na zamknięcie przestrzeni wewnętrznej aparatu (powłoki) oraz tzw. dna (płyty) sitowe stanowiące z reguły wyposażenie aparatów płaszczowo-rurkowych;
- c) połączenia rozbieralne, najczęściej kołnierzo-śrubowe o różnej formie geometrycznej, przeznaczone zarówno do łączenia elementów aparatu (np. dna z elementem walcowym), jak i ich przyłączenia do sieci technologicznej;
- d) kompensatory umożliwiające swobodne przemieszczanie się elementów aparatury;
- e) podparcia (zawieszania) przeznaczone do mocowania aparatu w określonej pozycji;
- f) elementy wyposażenia wewnętrznego aparatów typu kolumnowego w formie wypełnienia luźnego, względnie w postaci elementów półkowych;
- g) wyposażenie pomiarowo-kontrolne (króćce, włazy, wzierniki itp.).

Zarazem wiele z tych elementów stanowi typową część aparatury - często znormalizowaną, na co zwraca się uwagę w rozdz. 4. Zapoznanie się więc ze sposobem ich projektowania i wykonania pozwala zarówno na odrębne ich konstruowanie, jak i kształtowanie konstrukcji całego aparatu.

2. WYTYCZNE PROJEKTOWANIA I WYKONANIA ELEMENTÓW APARATURY

Przedstawiony poniżej (również w innych miejscach skryptu) zakres wytycznych projektowania i wykonywania elementów aparatury, ma z zasady zastosowanie do wszelkiego typu aparatów eksploatowanych pod ciśnieniem nie przekraczającym 10 MPa, w temperaturze powyżej -40°C . Aparaty podlegające nadzorowi technicznemu powinny przy tym być zgodne z odpowiednimi dla tego dozoru warunkami wykonania.

2.1. Określenie warunków działania aparatury

Aby projektowany aparat spełniał przynależną mu funkcję użytkową, jego forma konstrukcyjna (kształt i wymiary) powinna umożliwiać realizację procesu przy określonych warunkach techniczno-technologicznych. Za najistotniejsze z tych warunków uznaje się:

- a) rodzaj materiału, jaki znalazł zastosowanie w konstrukcji aparatu i związany z tym rozmiar procesu korozji;
- b) ciśnienie, na jakie przewidziana jest eksploatacja aparatury;
- c) temperaturę (w tym jej zmienność), przy której użytkowane są elementy aparatury, a więc i materiał konstrukcyjny.

Wynikające z tych warunków wymagania techniczne dla aparatury uwzględnia się już na etapie jej projektowania. I jakkolwiek, we wszystkich prawie przypadkach konstruowanie rozpoczyna się (często podświadomie) od wyboru rodzaju materiału, z którego wykonuje się aparat względnie jego elementy, to przed przystąpieniem do tej czynności (por. rozdz. 5) należy wyraźnie określić parametry i czynniki technologiczne bezpośrednio charakteryzujące warunki użytkowania materiału konstrukcyjnego. W szczególności istotnego znaczenia nabiera tu wytrzymałość elementów aparatury poddanych działaniu ciśnienia oraz podwyższonej temperatury.

Wynikające stąd ogólne warunki techniczne są określone przez:

a) ciśnienie obliczeniowe p_o , przyjęte przez projektanta do obliczeń wytrzymałościowych aparatu lub jego elementu. Określa się je na podstawie najwyższego nadciśnienia statycznego działającego na ściankę elementu w czasie eksploatacji aparatu, bez uwzględnienia chwilowego dopuszczalnego przyrostu ciśnienia, np. podczas działania urządzeń zabezpieczających;

b) ciśnienie robocze p_r , jako najwyższe nadciśnienie panujące w przestrzeni ciśnieniowej aparatu w warunkach jego działania ($p_r \leq p_o$) - przyjmuje się więc, że dla aparatu bezciśnieniowego, w którym panuje ciśnienie barometryczne ($\approx 0,1$ MPa), ciśnienie robocze jest równe zero;

c) ciśnienie dopuszczone p_d wynikające z warunków eksploatacji aparatu ciśnieniowego, na które zezwoliły organa dozoru technicznego ($p_d \leq p_r$);

d) ciśnienie próbne p_p , tj. wartość nadciśnienia przy którym przeprowadza się tzw. próbę ciśnieniową aparatu ($p_p > p_o$);

e) temperaturę obliczeniową t_o , o wartości przyjętej do obliczeń wytrzymałościowych aparatu a wyznaczonej na podstawie obliczeń cieplnych lub doświadczalnie. Jest to jednocześnie najwyższa temperatura jaką ścianka może mieć podczas działania aparatu. Zakłada się, że na wartość tej temperatury nie mają wpływu chwilowe jej zmiany, występujące np. przy rozruchu aparatu itp.;

f) temperaturę dopuszczalną t_d , przy której bezpieczne warunki eksploatacyjne aparatury są wyznaczone przez dozór techniczny ($t_d \leq t_o$);

g) temperaturę roboczą ścianki aparatu t_r ustaloną na etapie projektu konstrukcyjnego dla warunków rzeczywistej eksploatacji aparatu ($t_r \leq t_o$). W rozumieniu warunków technicznych określa ona maksymalną wartość temperatury spowodowaną wyłącznie działaniem na ściankę aparatu zawartej w nim substancji (np. płynu).

W praktyce projektowej przyjmuje się, że obliczeniowe wartości ciśnienia i temperatury są podporządkowane wymaganiom normalizacyjnym, uwzględniającym określone stopniowanie tych wartości (tabela 2.1).

Tabela 2.1

Nominalne parametry technologiczne

a) ciśnienie obliczeniowe, MPa

0,07	0,10	0,20	0,25	0,30	0,40	0,63	1,00	1,60
2,00	2,50	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,00	12,50
16,00	20,00	25,00	32,50	40,00	50,00	63,00	70,00	80,00

b) temperatura obliczeniowa, °C

20	50	75	100	125	150	175	200	225
250	275	300	325	350	375	400	410	420
425	430	440	450	460	470	475	480	490
500	510	520	525	530	540	550	560	570
575	580	590	600	610	620	630	640	650
660	670	680	690	700	750	800	900	1000

W zależności od warunków eksploatacji, a ściślej obliczeniowej wartości parametrów technologicznych (tj. ciśnienia i temperatury), wszystkie aparaty można podzielić na kilka grup (klas). Najogólniej ujmując, podział ten obejmuje aparaty:

- bezciśnieniowe, przeznaczone do eksploatacji przy ciśnieniu barometrycznym względnie niewiele od niego wyższym ($p_o \leq 0,07$ MPa nadciśnienia),
- ciśnieniowe, działające przy nadciśnieniu powyżej 0,07 MPa.

Wymagania eksploatacyjne stawiane aparaturze ciśnieniowej ($p_o > 0,07$ MPa) uwzględniają przy tym jej dodatkowy podział na klasy (grupy) konstrukcyjne, w zależności od wartości parametrów obliczeniowych - tabela 2.2. Jeżeli dla jednego parametru obliczeniowego (np. ciśnienia) wynika inna grupa niż dla drugiego (tj. temperatury), aparat zalicza się do takiej, dla której stawiane są wyższe wymagania (np. gdy $p_o = 1,6$ MPa, a $t_o = 320^\circ\text{C}$ to pod względem konstrukcyjnym aparat zalicza się do grupy C).

Podział aparatury ciśnieniowej na klasy wg tabeli 2.2 nie jest obecnie obowiązujący, lecz stosowany często w praktyce konstrukcyjnej w celu usystematyzowania ogólnych wymagań

technicznych dla tej aparatury, a związanych m.in. z wyborem materiału konstrukcyjnego i warunkami jego stosowania (por. tabelę 5.3).

Tabela 2.2

Charakterystyka eksploatacyjna aparatury ciśnieniowej

Grupa (klasa) aparatu	Nominalne parametry obliczeniowe	
	ciśnienie p_o , MPa	temperatura t_o , °C
A	0,07÷1,60	-40÷200
B	1,60÷5,00	200÷300
C	>5,00	300÷450
D	≥0,07	>450
E	≥0,07	< -40
N1	<0,07	≥ -40
N2	≤0,07	≤ -40

2.2. Warunki techniczne wykonania elementów aparatury

Techniczne warunki wykonania elementów aparatury wynikają zasadniczo z potrzeby ustalenia racjonalnych wymagań jakościowych dotyczących:

- kształtowania elementów aparatury;
- łączenia przez spawanie części konstrukcji;
- badania technicznych aparatu bądź jego elementów.

Na kształtowanie elementów aparatury składa się głównie obróbka plastyczna (na zimno lub gorąco), która powinna być zgodna z wymaganiami dla stosowanego gatunku materiału. Wymagania te podaje się w kartach materiałowych względnie innych wytycznych stosowania materiału konstrukcyjnego (por. rozdz. 5 i 6).

Wymagania jakości odnośnie do występujących w elementach aparatury złączy spawanych są zróżnicowane w zależności od rodzaju aparatu i jego przeznaczenia, co znajduje swój wyraz w wielu normach przedmiotowych. Ogólnie ujmując obejmują one:

- podział konstrukcji spawanych na klasy techniczne;
- wymagania dotyczące dopuszczalnej wadliwości złącza.

Rozróżnia się trzy klasy (1, 2 i 3) konstrukcji spawanej w zależności od charakteru jej obciążenia i skutków ewentualnej awarii. O przynależności aparatu (lub jego elementów) do określonej klasy (kategorii) decyduje tzw. wskaźnik złącza spawanego $Z=Z_A+Z_B$ (tabela 2.3), gdzie składnik Z_A wyraża rodzaj i poziom obciążenia, tj. metodę wymiarowania konstrukcji, natomiast Z_B stopień zagrożenia konstrukcji dla otoczenia. Wartości wskaźników są tak ustalone, aby aparaty, których awarie mogą mieć skutki katastrofalne (duże straty materialne lub znaczne zagrożenie życia), zostały zaliczone co najmniej do klasy drugiej ($Z_B=\min. 4$); oznacza to, że konstrukcja taka powinna być wykonywana przez wytwórcę (zakład) spełniający minimum warunków technicznych dla wytwarzania aparatury procesowej, a wynikających chociażby z odpowiednich uprawnień instytucji nadzorujących jej wykonanie (Urząd Dozoru Technicznego, Polski Rejestr Statków itp.).

Charakterystyka konstrukcji spawanych

a) klasa spawanych elementów konstrukcyjnych

Klasa konstrukcji ¹⁾	Wskaźnik złącza $Z = Z_A + Z_B$
1	powyżej 7
2	3÷7
3	poniżej 3

1) w aparacie złożonym z elementów przynależnych do wyższej klasy o jego kategorii konstrukcyjnej decyduje element o najwyższym wskaźniku złącza spawanego (największa suma wskaźników Z_A i Z_B)

b) klasyfikacja konstrukcji spawanych

Obciążenie konstrukcji (ogólny sposób wymiarowania)	Stopień pewności konstrukcji ¹⁾ , %			Charakter zagrożenia			
	pon. 50 lub spoiny nie obliczone na wytrzymałość	50÷80	pow. 80	Straty materialne ²⁾	praktycznie nieprawdopodobne	mało prawdopodobne	bardzo prawdopodobne
	Wskaźnik Z_A						
stałe lub przeważająco stałe (a)	0	0	0 ³⁾ lub 1	niewielkie < p	0	2	4
dynamiczne i ograniczonozmęczeniowe (b)	0	1	2	średnie $1p \div 10p$	2	4	6
przeważająco zmęczeniowe (c)	1	2	3	duże > 10p	4	6	8

1) wynikający z obliczeń wytrzymałościowych,
2) względem średniej rocznej płacy p dla gospodarki społecznej,
3) przy spoinach ściskanych

a) wymiarowanie ze względu na wytrzymałość statyczną (np. od ciśnienia płynu);
b) wymiarowanie ze względu na wytrzymałość statyczną, z uwzględnieniem współczynników dynamicznych lub ze względu na ograniczoną wytrzymałość zmęczeniową;
c) wymiarowanie ze względu na wytrzymałość zmęczeniową

Związane z podziałem konstrukcji spawanej na klasy wymagania techniczne z zakresu kontroli oraz wadliwości złącza określono w tabeli 2.4.

Dodatkowe wymagania w stosunku do połączeń nierozłącznych wyłaniają się z przesłanek technologicznych. Wynikające stąd ogólne warunki wykonania spawanych elementów aparatury są następujące:

a) przy spawaniu elementów aparatury ciśnieniowej stosuje się w zasadzie złącze doczołowe (rys. 2.1a), lecz ze względów konstrukcyjnych (przy łączeniu kołnierza, króćca czy też dna płaskiego z elementem cylindrycznym, stożkowym itp.) dopuszcza się także złącze pachwinowe (kątowe) oraz złącze zakładkowe - wg wymagań określonych na rys. 2.1d (spoiny pachwinowe po obu stronach zakładki);

b) przy czołowym łączeniu elementów o jednakowym profilu, lecz o różnej grubości stosuje się łagodne przejście (od jednego elementu do drugiego) przez jedno- lub dwustronne

ścienienie grubszego z nich (rys. 2.2a); dla elementów platerowanych ścienianie to wykonuje się jednostronnie jedynie na podstawowej warstwie nośnej (rys. 2.2b). Ponadto, dopuszcza się złącze doczołowe bez uprzedniego zmniejszenia grubości ścianki o ile spełnione są warunki konstrukcyjne podane na rys. 2.2c;

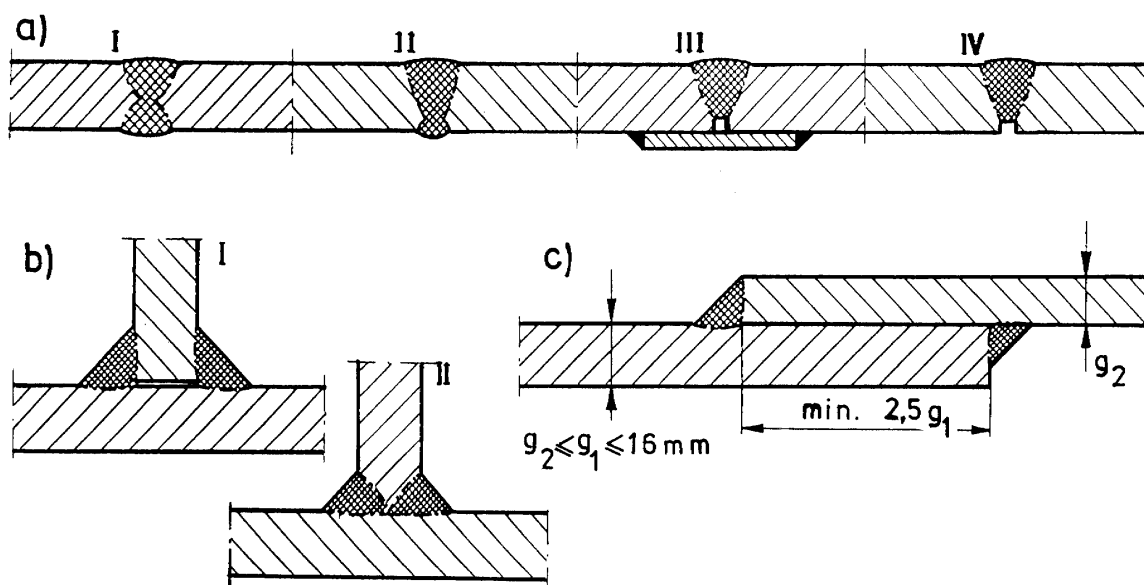
Tabela 2.4

Wymagania techniczne dla złączy spawanych

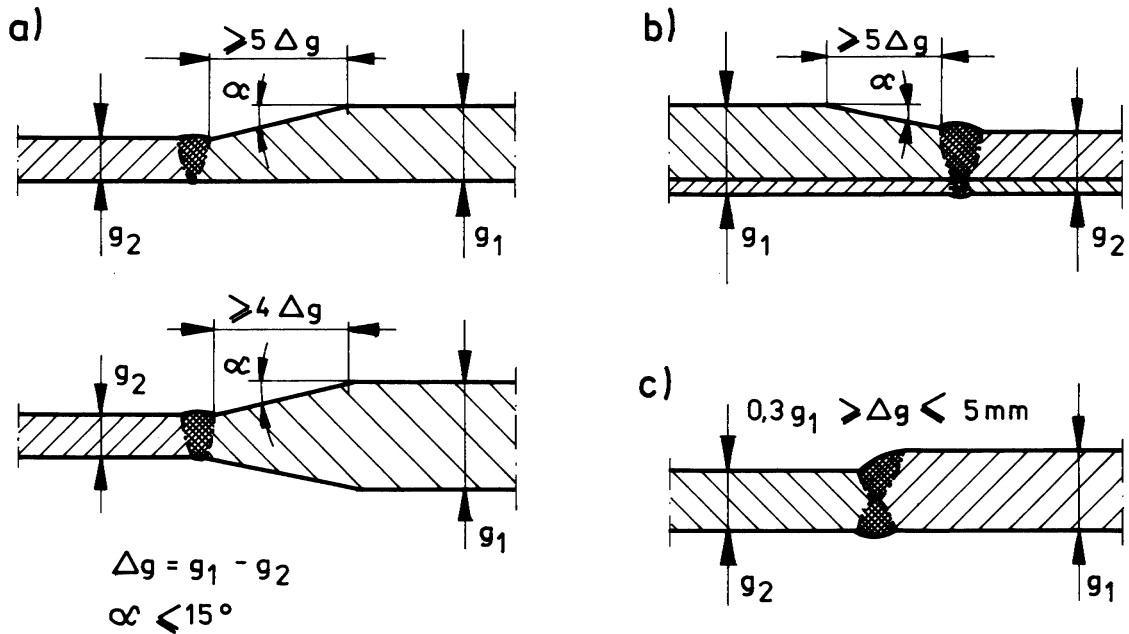
Wskaźnik pewności konstrukcji, Z_A	Charakterystyka badań defektoskopowych			Wymagana odporność mechaniczna ^{*)}	Klasa wadliwości złącza
	Metoda	Zakres kontroli ¹⁾ , %			
		radiograficznej lub ultradźwiękowej	doraźnej (ogłędziny zewnętrzne)		
3	ogłędziny zewnętrzne, radiograficzna lub/i ultradźwiękowa	min. 50	100	a	1 lub 2
2		min. 25		b	maks. 3
1		min. 10		c	maks. 4
0		ogłędziny zewnętrzne (ewentualnie jw.)		maks. 5	c

1) przy sumarycznej długości poprawek spoin pow. 5 %

*) a - na pękanie zmęczeniowe,
b - na pękanie kruche,
c - na zniszczenia wskutek statycznego przeciążenia



Rys. 2.1. Złącze spawane: a) doczołowe: I- dwustronne, II- jednostronne z podpawaniem, III- jednostronne z podkładką, IV- jednostronne; b) kątowe (pachwinowe): I- bez ukosowania, II- z ukosowaniem; c) zakładkowe



Rys. 2.2. Połączenie elementów o różnej grubości spoiną doczołową:
 a,b) z ukosowaniem brzości ścianki, c) bezpośrednio

c) przy wzajemnym spawaniu powłok obrotowych (np. walcowych, kulistych) złącza wykonuje się jako doczołowe (rys. 2.1, rys. 2.2) - w zasadzie jako dwustronne lub jednostronne z podpawaniem albo podkładką (w aparatach bezciśnieniowych, względnie nie podlegających dozorowi technicznemu, dopuszcza się także spoiny kątowe);

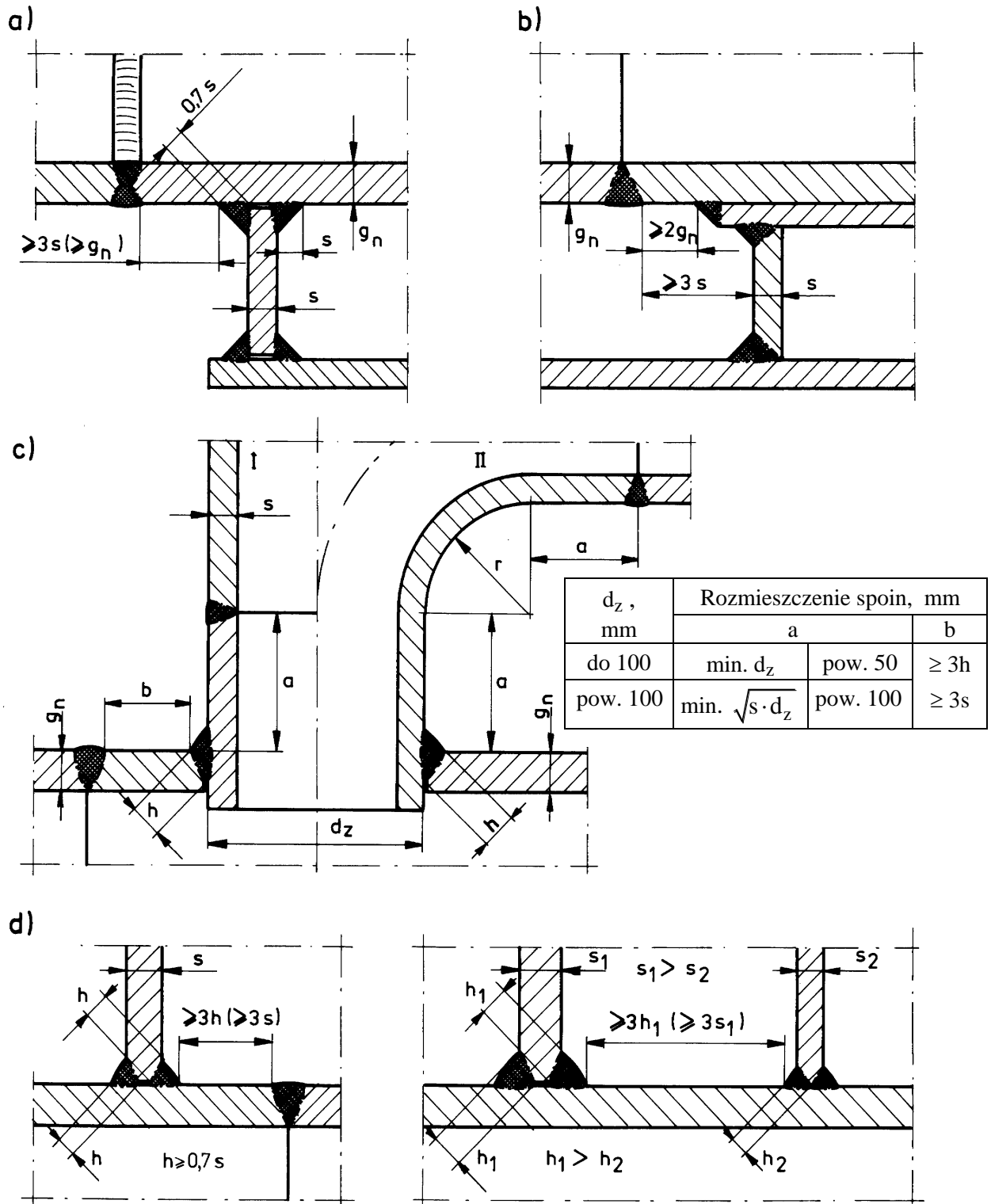
d) spawane elementy aparatu, jak np. płaszcz, dno, oraz przyłączone do nich części wewnętrzne lub zewnętrzne (podparcia, króćce itd.), rozmieszcza się w taki sposób aby umożliwić oględziny złączy spawanych. Dopuszcza się przy tym zakrycie niektórych spoin, o ile uprzednie badania ich stanu nie wykazują wad. Jednocześnie zachowuje się odpowiedni odstęp pomiędzy sąsiednimi złączami. Niektóre związane z tym problemy konstrukcyjne pokazano na rys. 2.3.

Na dalsze bardziej szczegółowe wymagania z tytułu stosowania połączeń nierozłącznych (złączy spawanych), wskazuje się w kolejnych podrozdziałach, w których scharakteryzowano warunki konstrukcyjne wykonania wybranych elementów aparatury (p. 2.3÷2.6).

Bez względu na formę konstrukcyjną, aparaty bądź ich elementy poddaje się odpowiednim badaniom technicznym. Niezależnie od zasygnalizowanej powyżej kontroli złączy spawanych, większość elementów aparatury (w przypadku ciśnieniowych - wszystkie) poddaje się tzw. próbie ciśnieniowej na wytrzymałość konstrukcji. Próbę tę wykonuje się najczęściej jako hydrauliczną (wodną) a ma ona na celu kontrolę szczelności wykonanego aparatu (lub elementu) w przewidywanych dla niego warunkach użytkowania; o ile przeprowadzenie próby wodnej nie jest możliwe (np. duże naprężenie od ciężaru, trudność usunięcia cieczy itd.), stosuje się próbę pneumatyczną, względnie kombinowaną hydrauliczno-pneumatyczną. Wartość nadciśnienia stosowanego przy próbie ciśnieniowej można ustalić wg tabeli 2.5. Szczegółowe wymagania dla kontroli na wytrzymałość określa się w tzw. warunkach odbioru technicznego, które obejmują ponadto:

- badania budowy aparatu pod względem poprawności konstrukcji oraz kontrolę jakościową wykonania i montażu jego elementów,
- rewizję zewnętrzną (ogłędziny) aparatu w ruchu oraz sprawdzenie (w miarę możliwości) sposobu działania jego osprzętu.

Wynikające z warunków odbioru technicznego wymagania określają więc zarówno poziom niezawodności funkcjonowania aparatu, jak i wskazują na okoliczności niebezpiecznej eksploatacji aparatury procesowej (w całym okresie jej użytkowania).



Rys. 2.3. Konstrukcja spawanego złącza kąтового: a, b) względem ścianki walczaka; c) w otoczeniu króćca: I- prostego, II- łukowego; d) elementów wzmacniających

Wymagania dla próby ciśnieniowej na szczelność konstrukcji

Rodzaj aparatu (elementu)	Ciśnienie obliczeniowe, p_o MPa	Ciśnienie próbne ¹⁾ , p_p MPa
lane ²⁾	> 0	$1,5p_o$, lecz nie mniej niż 0,2
	< 0	0,2
pozostałe	$\geq 0,4$	$1,25 p_o$
	$0 \div 0,07$	$2 p_o$
	$0,07 \div 0,4$	$p_o \div 0,1$
	< 0	0,1
1) jeżeli $p_d < p_o$, to ciśnienie próbne ustala się jw. z tym, że przy wyznaczaniu jego wartości zamiast p_o stosuje się p_d ; 2) jeżeli ścianki aparatu wykonuje się odrębnie z elementów lanych i nielanych to próbę ciśnienia przeprowadza się tak, jakby aparat składał się tylko z elementów nielanych z niezależną (o ile to możliwe) próbą dla elementów lanych		

2.3. Powłoka obrotowa

Powłoka jest zwykle podstawowym elementem aparatu, decydującym równocześnie o jego ogólnej wytrzymałości (nośności). Kształt powłoki - uzależniony od typu aparatu - jest podyktowany głównie względami konstrukcyjno-technologicznymi. Z konstrukcyjnego punktu widzenia (korzystny rozkład naprężeń), przy wytwarzaniu aparatury stosuje się z reguły powłokę obrotową (płaszcz) o kształcie:

- a) cylindrycznym (walcowym),
- b) sferycznym (kulistym),
- c) stożkowym,

względnie będącym ich kombinacją geometryczną, jak np. powłoka walcowo-stożkowa. W zakresie opisu elementów kulistych odsyła się czytelnika do innej literatury (np. [3]).

2.3.1. Powłoka walcowa

Powłoka walcowa (inne określenia: walczak, carga, dzwono) jest najczęściej stosowanym elementem konstrukcyjnym, ze względu na prostotę wykonania i stosunkowo racjonalne wykorzystanie materiału. Stosuje się ją przy wytwarzaniu aparatów pionowych i poziomych, przy czym dla aparatury bezciśnieniowej, względnie eksploatowanej pod niewielkim ciśnieniem, zaleca się pozycję pionową; eliminuje się bowiem w tym przypadku naprężenia gnące, które zawsze pojawiają się w podpartym poziomo elemencie (pochodzące od masy tego elementu i jego wyposażenia). Ze względów techniczno-konstrukcyjnych gabaryty części cylindrycznej (średnica, długość-wysokość) są z reguły ograniczone. I tak, w aparatach pionowych stosunek wysokości do średnicy $H/D \leq 30$, a w poziomych długości do średnicy - $L/D \leq 10$.

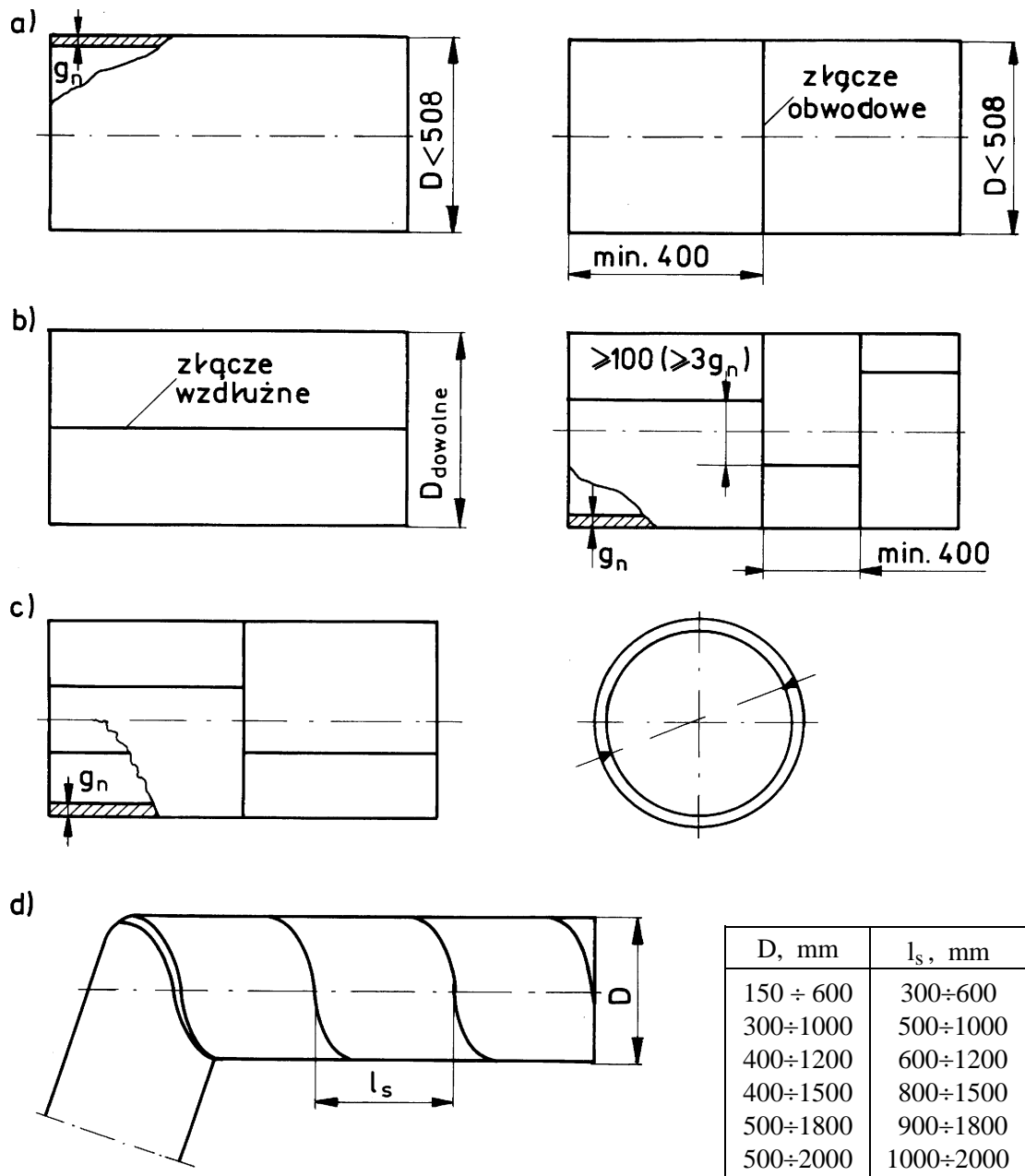
Zasadniczo wyróżnić można dwa alternatywne sposoby wykonania elementu walcowego. Czyni się to albo z odcinka rury, tj. gotowego wyrobu hutniczego, albo z arkusza blachy ukształtowanego na taki element (rys. 2.4). W pierwszym przypadku (rys. 2.4a), ze względu

na maksymalny wymiar wyrobu hutniczego (zakres produkcji rur), średnica zewnętrzna walczaka jest ograniczona do 508 mm (por. tabelę 4.11), w drugim (rys. 2.4b÷d) – do technologicznie możliwej do wykonania. Praktycznie najczęściej stosowany (zalecany) typoszereg średnic elementów zwijanych z blachy podano w tabeli 2.6.

Tabela 2.6

Średnica powłoki cylindrycznej zwijanej z blachy, mm

zewnętrzna	159	219	273	324	356	406	457	508	Grubość wyrobu wg tabeli 3.6
wewnętrzna	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	
		2200	2400	2600	2800	3000	3200	itd. co 200 mm	



Rys. 2.4. Element cylindryczny i forma jego wykonania z rury (a), z blachy (b, c, d)

W obu przypadkach dopuszcza się wykonanie elementu walcowego z niezależnych segmentów (rys. 2.4). Mają wówczas zastosowanie złącza obwodowe i wzdłużne, w stosunku do których ustalone są następujące wymagania:

- a) spoiny wykonuje się jako doczołowe, w zasadzie zgodnie z warunkami konstrukcyjnymi podanymi na rys. 2.1a oraz rys. 2.2;
- b) szwy wzdłużne rozmieszcza się tak by były zgodne z osią elementu, a ich przesunięcie dla dwóch sąsiednich segmentów cylindrycznych (dzwon) powinno spełniać warunki podane na rys. 2.4b;
- c) segment (carga) elementu walcowego wykonany z półdzwon może zawierać jedynie złącza wzdłużne (rys. 2.4c);
- d) złącza w elemencie walcowym zwijanym śrubowo wykonuje się jako doczołowe z pełnym przetopem (bez odstępu), w zakresie jak na rys. 2.4d;
- e) liczba (długość) złączy spawanych powinna być możliwie mała,
- f) nie dopuszcza się krzyżowania złączy doczołowych, jak również ich przykrywania innymi detalami (np. elementami podpory).

O ile w słabo obciążonych aparatach bezciśnieniowych sposób wykonania i jakość złącza może z zasady odpowiadać tylko warunkom konstrukcyjno-technologicznym (wykonalność, szczelność), to w naczyniach ciśnieniowych trzeba dodatkowo uwzględnić wiele wymogów dozoru technicznego w zakresie konstrukcyjno-spawalniczym. Na wymogi te, jak np. metoda spawania, sposób przygotowania krawędzi elementów spajanych, typ spoiny, rodzaj spoiwa itd., wskazuje się w literaturze fachowej.

2.3.2. Element stożkowy

Kształt stożkowy wykorzystuje się przede wszystkim na geometryczne elementy redukcyjne (przejściowe), choć niekiedy element ten stanowi o ogólnym kształcie aparatu (rys. 1.1 ÷ 1.3).

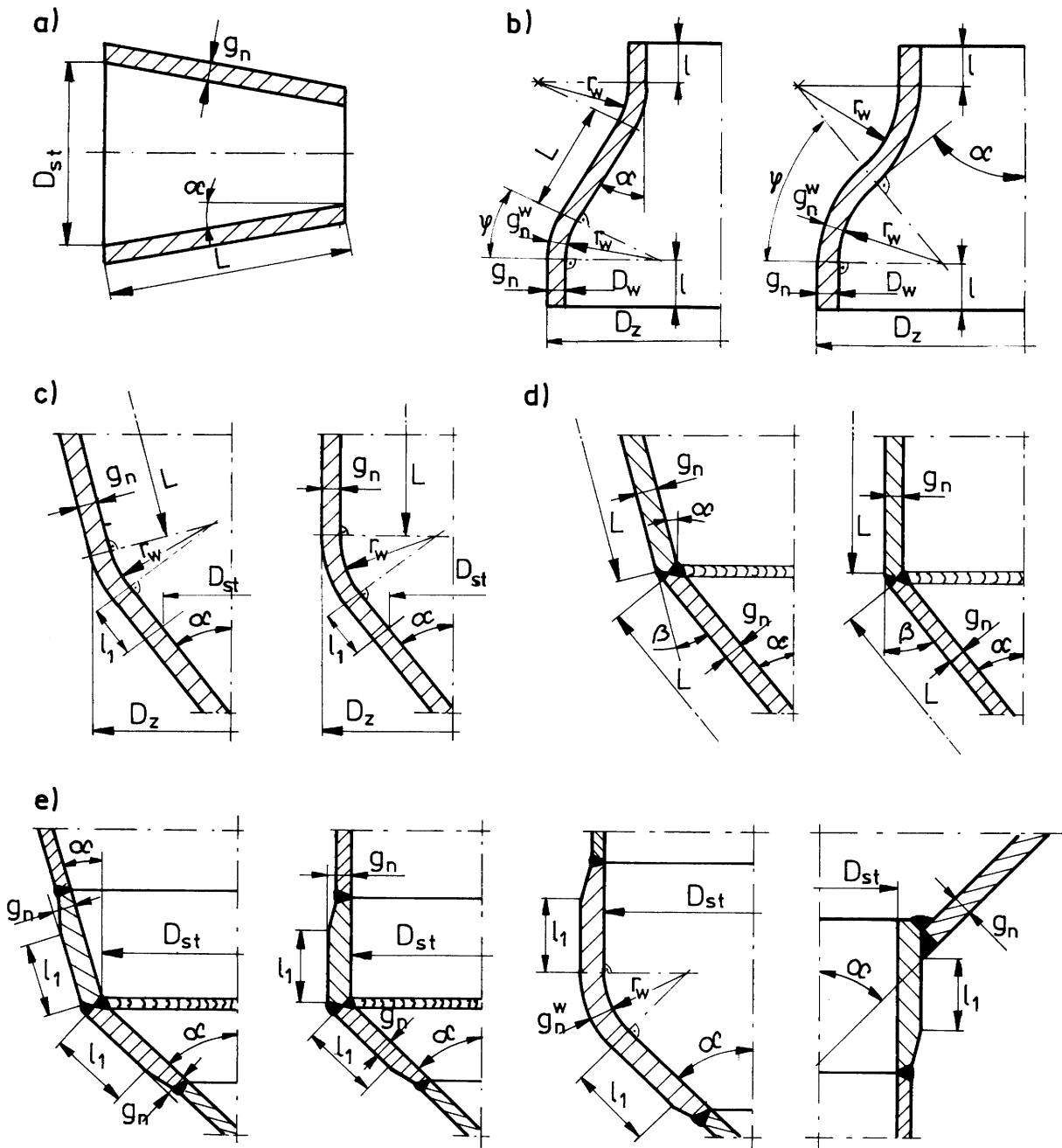
Z konstrukcyjnego punktu widzenia rozróżnia się:

- element stożkowy prosty (rys. 2.5a), przy czym w przypadku tym kąt rozwarcia tworzącej stożka nie powinien być większy od 60° ,
- element stożkowy wyoblony, w zasadzie wg warunków wykonania podanych na rys. 2.5b oraz w tabeli przynależnej do rys. 2.5.

Wyoblony element stożkowy (dzwono) może przechodzić w szczególności w inny stożek (np. prosty), względnie część walcową (rys. 2.5c).

Forma wykonania powłoki stożkowej jest zróżnicowana. Najczęściej stanowi ją zwinięty, wytłoczony lub wyoblony na odpowiedni kształt, wycinek z blachy. Wymogi techniczne dla wykonania elementu stożkowego są na ogół zgodne z warunkami podanymi dla elementu walcowego, przy czym dla pojedynczego dzwona stożkowego stosuje się z zasady jedynie złącze wzdłużne (tj. po tworzącej stożka). Prosty element stożkowy może być połączony doczołową spoiną dwustronną z innym tego typu elementem, względnie walczakiem, o ile kąt przejścia elementów $\beta \leq 30^\circ$ (rys. 2.5d), a jednostronną - gdy łączone segmenty (niekoniecznie o jednakowej grubości) mają taki sam kąt zbieżności (rys. 2.5e).

Jeżeli z technologii wykonania, a także warunków wytrzymałościowych, wynika dla powłoki obrotowej inna forma konstrukcyjna aniżeli wskazano powyżej (zwłaszcza dla elementów aparatury ciśnieniowej), to w technicznie uzasadnionych przypadkach dopuszcza się ją do stosowania, o ile w projekcie wskazuje się jednoznacznie na niezawodność takiej formy konstrukcji (np. w wyniku przeprowadzonych obliczeń), a warunki jej wykonania zostaną przyjęte przez organa nadzorujące wytwarzanie aparatury. Odnosi się to zresztą i do pozostałych elementów aparatury, które scharakteryzowano w kolejnych podrozdziałach.



Grubość elementu, g_n mm	Parametry konstrukcyjne					Uwagi	
	L	l	l_1	r_w	α		
	mm				Element		
do 10	nie ogranicza się	co najmniej			prosty	wyobl.	Średnica elementu z warunków konstrukcyjnych
10÷20		25	$\sqrt{\frac{D_{st}}{\cos\alpha}} (g_n - C)$ *)	2,5 g_n	poniżej		
pow. 20		g_n+15			30°	60°	
		$0,5g_n+25$	*) wielkości przynależne do tego samego elementu				

Rys. 2.5. Element stożkowy: a) prosty, b) wyoblony, c) o zmiennej geometrii, d) spawany, e) złożony

2.4. Dno pełne

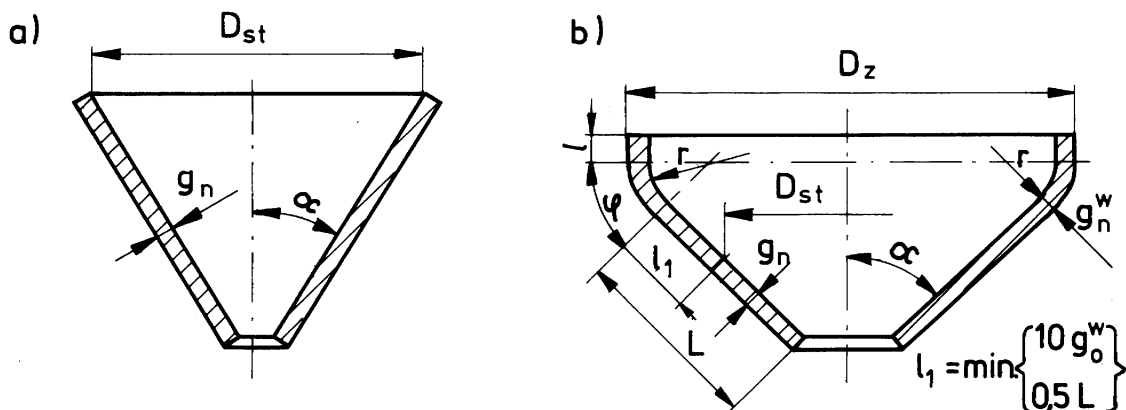
Dno pełne (dennica) jest elementem konstrukcyjnym powszechnie wykorzystywanym w budowie aparatury na zamknięcie przestrzeni wewnętrznej praktycznie każdego typu aparatu i w połączeniu z powłoką tego aparatu stanowi o jego ogólnej postaci (rys. 1.1 ÷ 1.3); rozumie się przy tym, że otwory technologiczne (pod króciec, właz itp.) nie zmieniają postaci konstrukcyjnej takiego dna.

Formę konstrukcyjną (kształt) dna dobiera się w zależności od rozmiarów i warunków technologicznych jego wykonania oraz, wynikających z przeznaczenia i rodzaju aparatu, wymagań konstrukcyjnych. Ze względu na profil - wyznaczony przez linię przenikania powierzchni wewnętrznej dna z płaszczyzną przechodzącą przez jego oś - wyodrębnia się:

- a) dno płaskie,
- b) wypukłe, w tym półkuliste,
- c) stożkowe.

Dna płaskie i stożkowe wykorzystuje się zasadniczo w konstrukcji aparatury niskociśnieniowej, choć zakres stosowania tego typu dennic zależy bardzo istotnie od ich średnicy (względny wytrzymałościowe). Wykonuje się je z wyobleniem lub bez wyoblenia (rys. 2.6, rys. 2.7). W przypadku den płaskich stosuje się ponadto tzw. kołnierze zaślepiające (rys. 2.7c) oraz wzmocnienie dna żebrami (rys. 2.7d).

Forma konstrukcyjna dna stożkowego (rys. 2.6) jest w zasadzie zgodna z warunkami podanymi uprzednio dla powłoki stożkowej (rys. 2.5), przy czym do stosowania dopuszcza się jedynie dna jednolite, tj. bez podziału na segmenty.

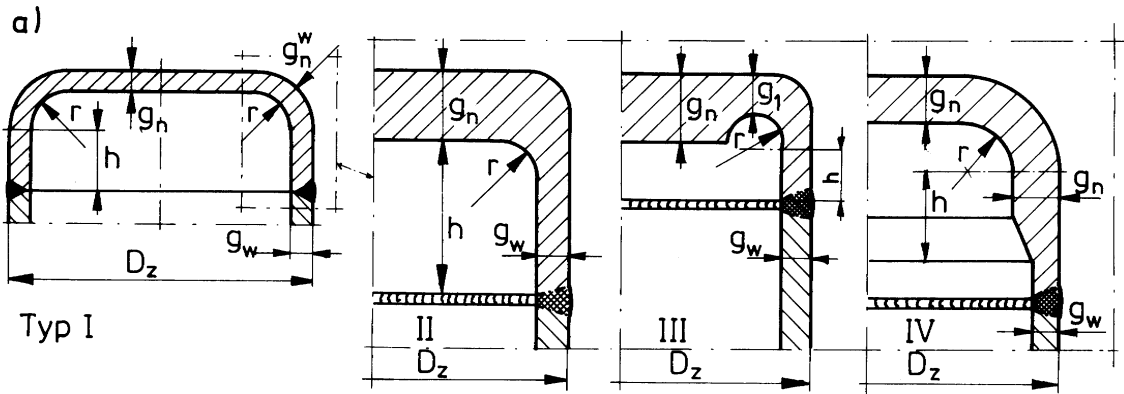


Rys. 2.6. Dno stożkowe proste (a), z wyobleniem (b)

W stosunku do dna płaskiego i stożkowego korzystniejsze zalety techniczne (większa wytrzymałość, szeroka technologia wykonania, duża dowolność kształtu itd.) wykazuje dno wypukłe, które znajduje zastosowanie przy wytwarzaniu wszelkiego typu aparatury, także wysokociśnieniowej.

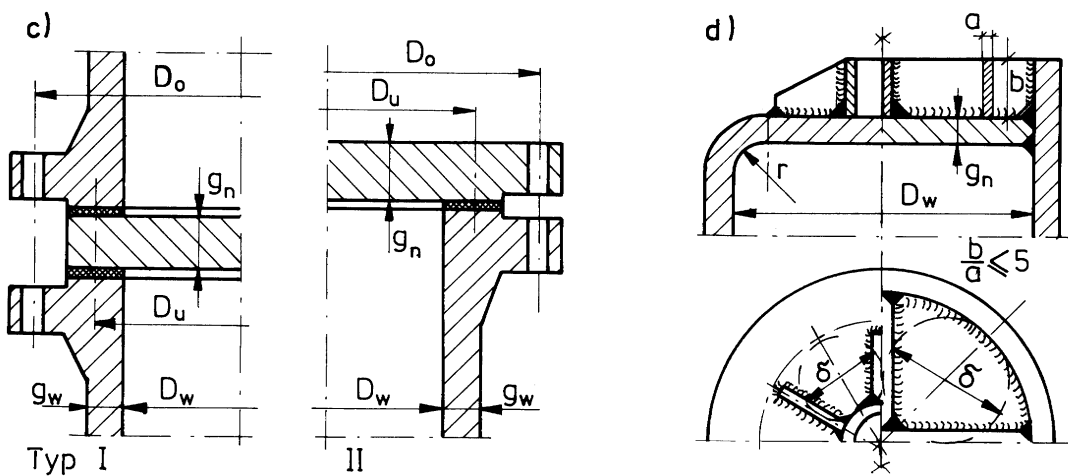
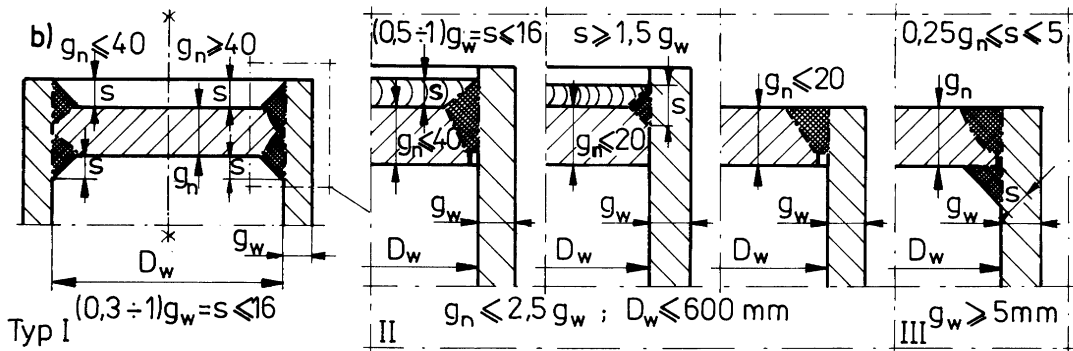
Rodzaje i podstawową charakterystykę konstrukcyjną najczęściej stosowanych den wypukłych podano w tabelicy 2.7. Wykonuje się je z reguły z jednego krążka blachy (np. w operacji tłoczenia), jakkolwiek przy większej średnicy dennic (na ogół powyżej 508 mm) dopuszcza się stosowanie krążków spawanych z wycinków (rys. 2.8). W tym ostatnim przypadku spoiny doczołowe umieszcza się zasadniczo w przekroju południkowym dna lub też równoleżnikowym (rys. 2.8a), a w aparatach z grupy A lub B (tabela 2.2), także wzdłuż cięciwy (rys. 2.8b), o ile złącze to wykonane jest jako dwustronne doczołowe.

Warunki konstrukcyjne wymagane przy przygotowaniu krążków na spawane dna tłoczone objaśniono na rys. 2.8c oraz w tabeli do niego dołączonej.



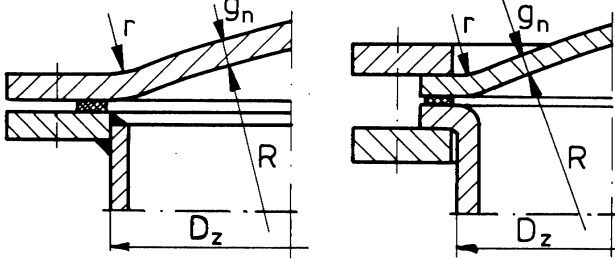
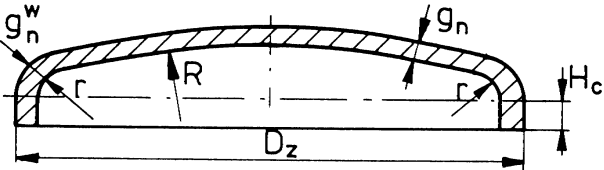
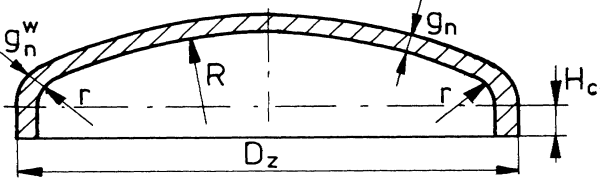
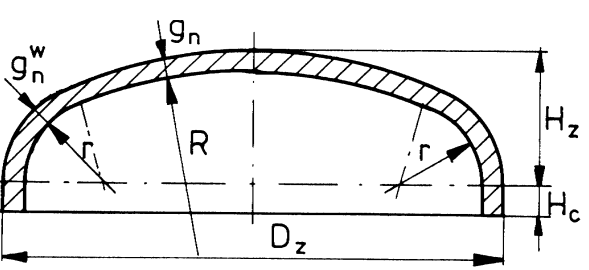
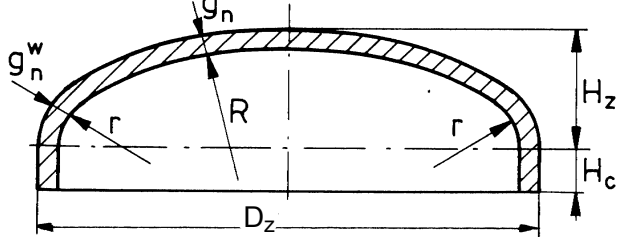
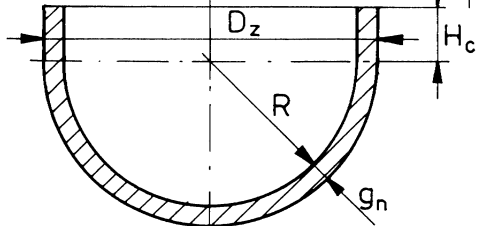
Średnica dna, D_z mm	Typ dna ¹⁾										
	I		II		III		IV				
	Parametry konstrukcyjne (wartość wymagana), mm										
	r	h	r	h	r	g_1	h	r	h		
do 500	1,3 g_n	30	3,5 g_n	0,3 g_n	8	g_n	0,2 g_n	5	$\leq 0,77g_n$	$\approx 1,3 \left(\frac{D_z - g_n - r}{2} \right) \frac{p_0}{k}$	$\approx 0,4 \sqrt{(D_z - 2g_n)g_n}$
500÷1400		35									
1400÷1600		40									
1600÷1900		45									
ponad 1900		50									

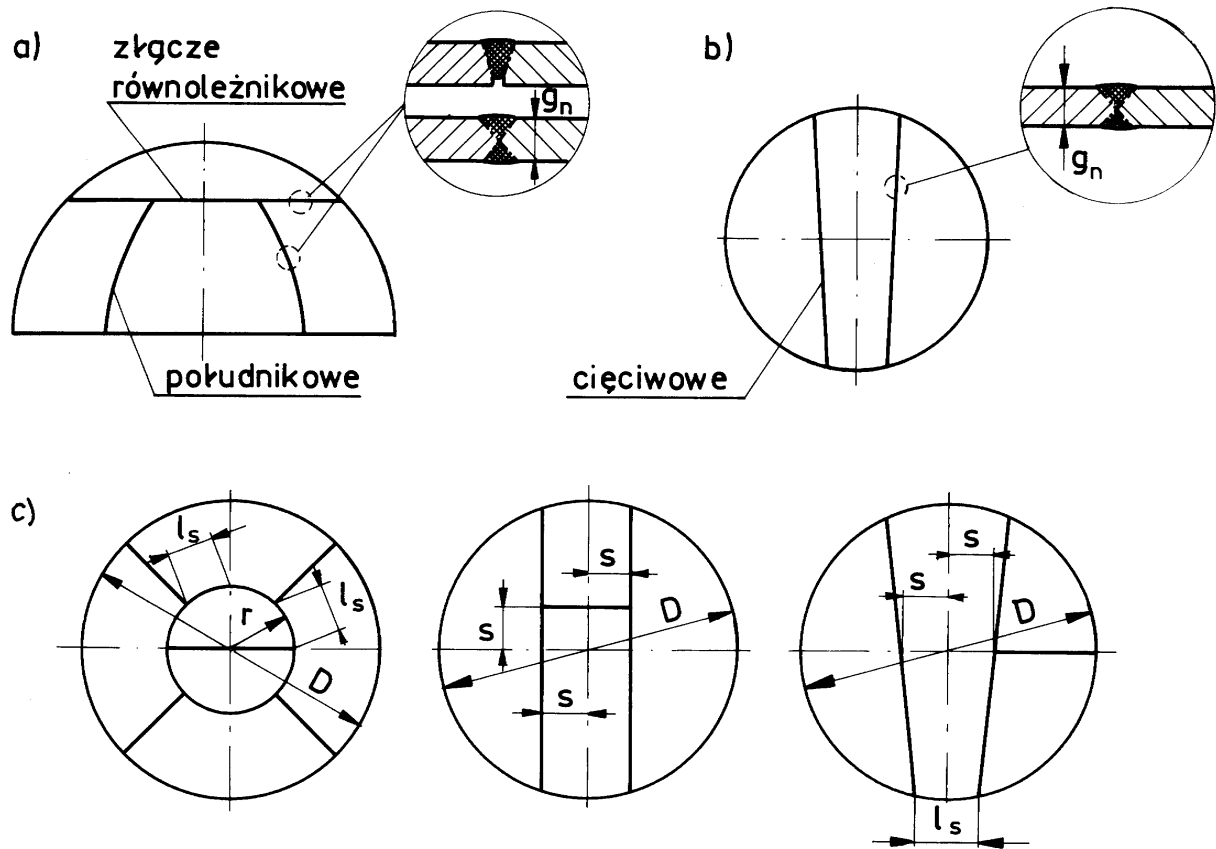
1) Typ I - dno tłoczone, II i III - kute, IV - tłoczone i kute



Rys. 2.7. Dno płaskie: a) z wyobleniem; b, c) bez wyoblenia stałe i w połączeniu kołnierzo-śrubowym; d) wzmocnione żebrami

Charakterystyka konstrukcyjna den wypukłych

Kształt dna	Charakterystyka												
	<p>1. Dno talerzowe</p> <p>$R < D_z$ $r \geq 6 \text{ mm}$ (dla materiału o $A_5 \leq 10\%$ $r \geq g_n$ i $r \geq 30 \text{ mm}$)</p>												
	<p>2. Dno o małej wypukłości¹⁾</p> <p>$R > D_z$ $r \geq g_n$ i $r \geq 60 \text{ mm}$</p>												
	<p>3. Dno o średniej wypukłości¹⁾</p> <p>$R = D_z$ $r \geq g_n$ i $r \geq 60 \text{ mm}$</p>												
	<p>4. Dno koszykowe (o dużej wypukłości)</p> <p>$R \leq D_z$ $r \geq 0,1 D_z$ $H_z \geq 0,18 D_z$ $H_c \geq 3g_n$ przy $g_n \leq 50 \text{ mm}$ $H_c \geq 150 \text{ mm}$ przy $g_n > 50 \text{ mm}$</p>												
	<p>5. Dno elipsoidalne</p> <p>$R \leq D_z$ $r \geq 0,1 D_z$ $H_z \geq 0,18 D_z$ $H_c \geq 3g_n$ przy $g_n \leq 50 \text{ mm}$ $H_c \geq 150 \text{ mm}$ przy $g_n > 50 \text{ mm}$</p>												
	<p>6. Dno półkuliste¹⁾</p> <p>$R = 0,5 (D_z - 2g_n)$</p>												
<p>1) długość części cylindrycznej:</p> <table border="0"> <tr> <td>przy $g_n \leq 50 \text{ mm}$</td> <td>$H_c \geq 3g_n$</td> <td>$100 < g_n \leq 120 \text{ mm}$</td> <td>$H_c \geq 75 \text{ mm}$</td> </tr> <tr> <td>$50 < g_n \leq 80 \text{ mm}$</td> <td>$H_c \geq 120 \text{ mm}$</td> <td>$g_n > 120 \text{ mm}$</td> <td>$H_c \geq 50 \text{ mm}$</td> </tr> <tr> <td>$80 < g_n \leq 100 \text{ mm}$</td> <td>$H_c \geq 100 \text{ mm}$</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		przy $g_n \leq 50 \text{ mm}$	$H_c \geq 3g_n$	$100 < g_n \leq 120 \text{ mm}$	$H_c \geq 75 \text{ mm}$	$50 < g_n \leq 80 \text{ mm}$	$H_c \geq 120 \text{ mm}$	$g_n > 120 \text{ mm}$	$H_c \geq 50 \text{ mm}$	$80 < g_n \leq 100 \text{ mm}$	$H_c \geq 100 \text{ mm}$		
przy $g_n \leq 50 \text{ mm}$	$H_c \geq 3g_n$	$100 < g_n \leq 120 \text{ mm}$	$H_c \geq 75 \text{ mm}$										
$50 < g_n \leq 80 \text{ mm}$	$H_c \geq 120 \text{ mm}$	$g_n > 120 \text{ mm}$	$H_c \geq 50 \text{ mm}$										
$80 < g_n \leq 100 \text{ mm}$	$H_c \geq 100 \text{ mm}$												



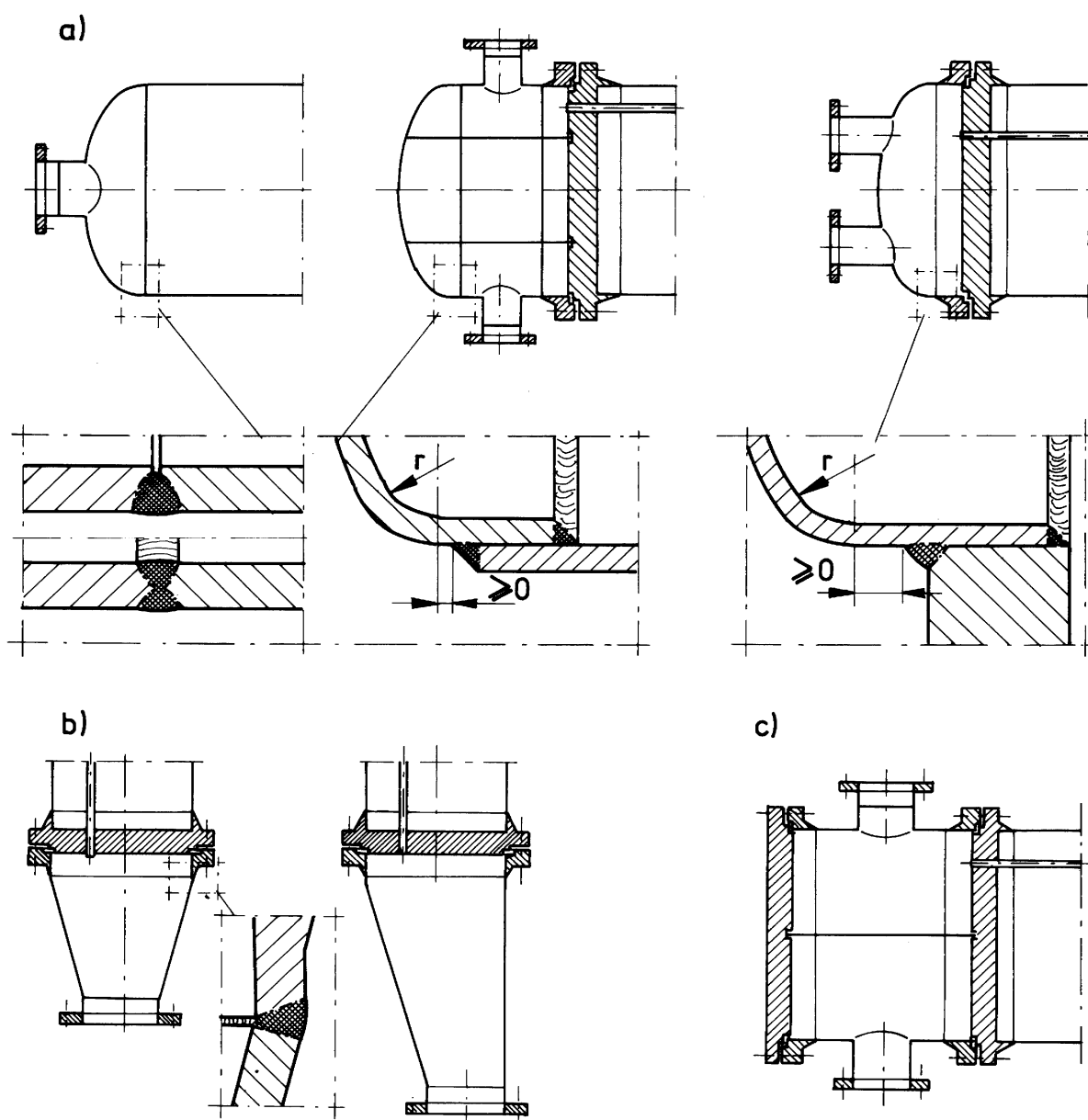
Grubość elementu, g_n mm	Rozmieszczenie spoin			Zastosowanie	
	l_s	s	r		
	mm				
do 8	minimum	$\leq 0,2D$	$\leq 0,25D$	Dna stalowe: - elipsoidalne, - o małej wypukłości, - płaskie tłoczone (z wyobleniem)	
8÷35	$3g_n$				50
					100
powyżej 35	$3g_n$				

Rys. 2.8. Dno wyoblone spawane i formy jego wykonania

Dno, niezależnie od jego formy konstrukcyjnej, łączy się z płaszczem aparatu - bądź innym jego elementem - w sposób nierozłączny (złączeniem spawanym doczołowym lub pachwi-nowym), względnie za pośrednictwem połączenia kołnierzowo-śrubowego.

Na niektóre związane z tym przykłady wskazano na rys. 2.9. Należy przy tym zwrócić uwagę na fakt, że kołnierz czy też inna część aparatu (jak np. powłoka) mogą być przyspawane do dna wypukłego tak, aby spoina pachwinowa nie zachodziła na jego wyoblenie (rys. 2.9a).

Na wiele innych przykładów łączenia elementów aparatury wskazuje się wielokrotnie w całej treści skryptu, a w szczególności w rozdz. 7.



Rys. 2.9. Łączenie elementów aparatury z dnem: a) elipsoidalnym, b) stożkowym, c) płaskim

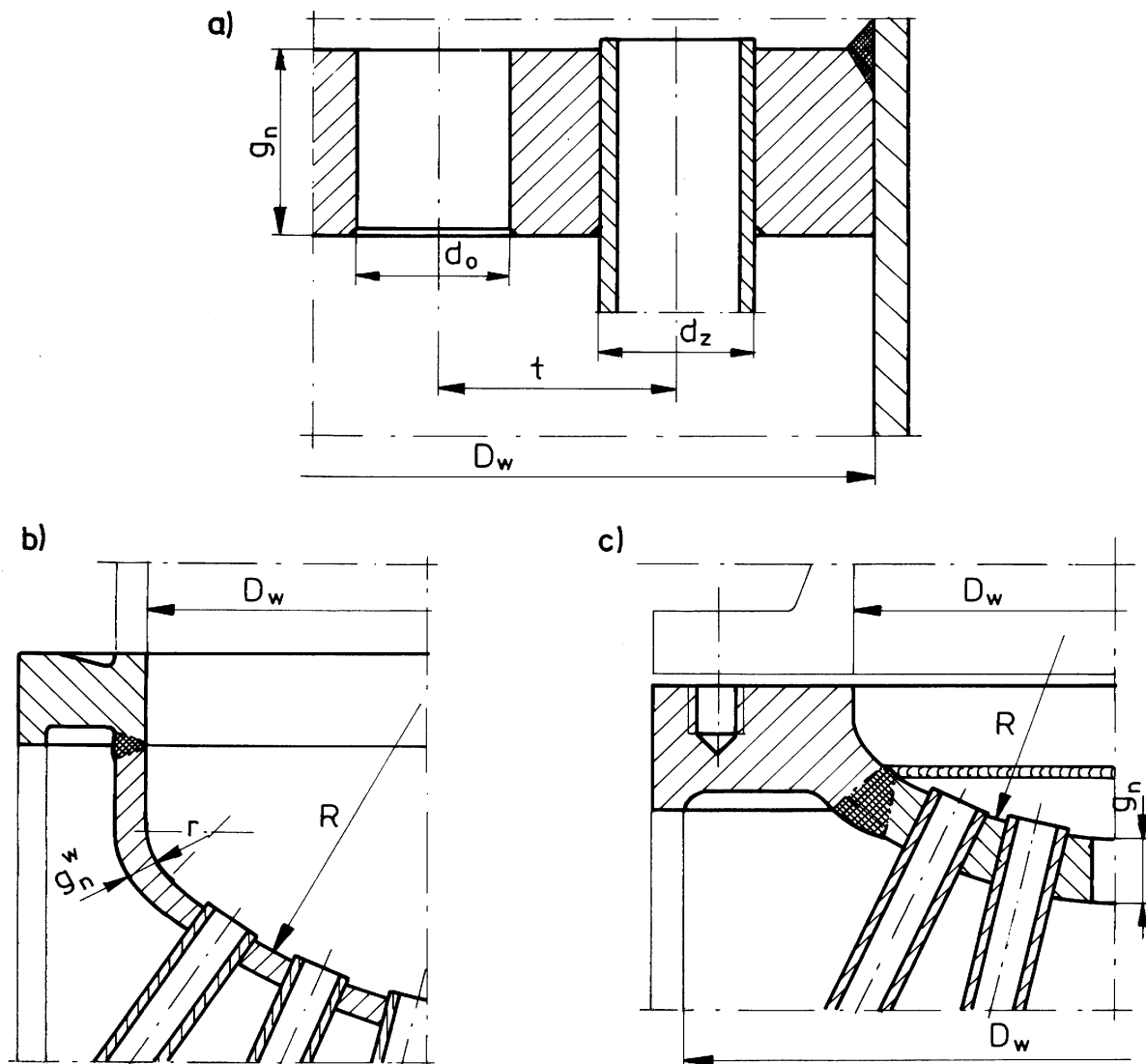
2.5. Dno sitowe

W rozumieniu konstrukcyjnym pod pojęciem dno sitowe (równoważne określenia: ściana sitowa, płyta sitowa) rozumie się element z dużą liczbą otworów, przeznaczony najczęściej do mocowania rurek, zazwyczaj w aparatach typu płaszczowo-rurkowego (por. rys. 1.2).

Oprócz powszechnie stosowanej płaskiej ściany sitowej (rys. 2.10a), w budowie aparatury znajdują zastosowanie także dna sitowe eliptyczne i sferyczne (rys. 2.10b,c). Te ostatnie wykorzystuje się przy konstrukcji aparatów przeznaczonych na znaczne obciążenie statyczne ($p_0 > 1,6$ MPa) względnie o dużym rozmiarze ($D_z > 1000$ mm), choć nie stanowi to reguły konstrukcyjnej.

Niezależnie od kształtu, dno sitowe w układzie konstrukcyjnym aparatu (rys. 1.2) może być niewzmocnione lub wzmacnione. W tym drugim przypadku za pomocą rurek (rys. 1.2a,b,f,i) lub ścią (prętów) wstawianych w miejsce kilku rurek, względnie przez zastosowanie obu tych

elementów łącznie (tab. 3.8). O wyborze sposobu wzmocnienia decydują forma konstrukcyjna aparatu, warunki techniczne jego wykonania oraz stopień obciążenia (wytrzymałość) ściany sitowej.



Rys. 2.10. Ściana sitowa: a) płaska, b) wyoblona, c) sferyczna

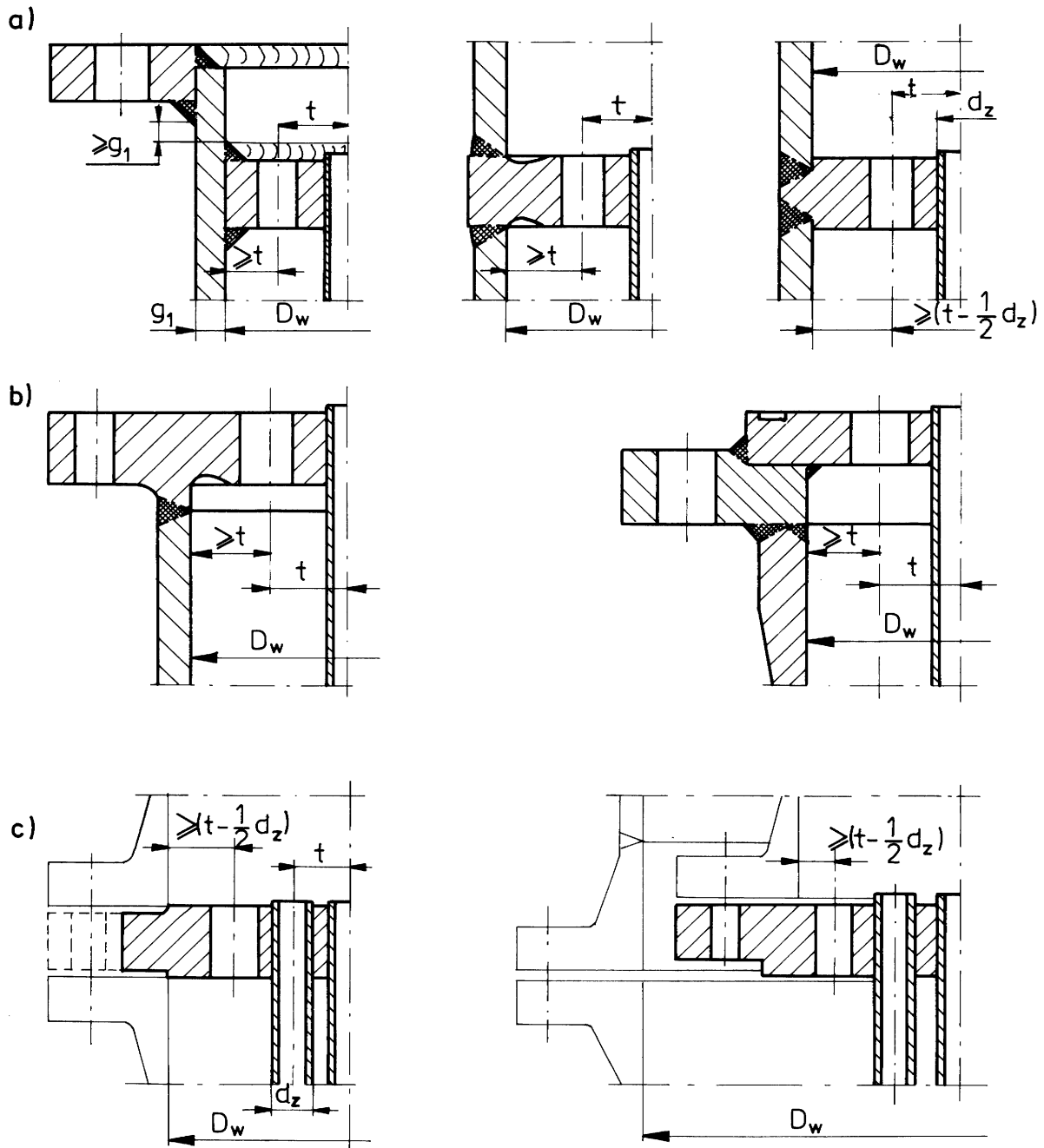
Czynniki te wyznaczają jednocześnie warunki konstrukcyjne dla łączenia dna sitowego z innymi elementami aparatu - najczęściej jego płaszczem. Na niektóre stosowane sposoby - nierozłączne (stałe) i rozbieralne - wskazano na rys. 2.11. Połączenie rozbieralne (rys. 2.11c), jako dużo korzystniejsze od stałego, stosuje się na ogół w sytuacji gdy dno wraz z wiązką rurek powinno być demontowane, np. dla celów naprawy aparatu czy usunięcia zanieczyszczeń. Warunki dla praktycznego zastosowania takiego sposobu usytuowania dna sitowego w aparacie wynikają także z rys. 1.2 i rys. 1.3.

Z konstrukcją dna sitowego bezpośrednio wiąże się także sposób mocowania rurek w otworach płyty oraz ich rozmieszczenie.

W praktyce stosuje się wiele sposobów trwałego i szczelnego mocowania rurek w płycie sitowej, a mianowicie: rozpęczanie, rozwałcowywanie, spawanie, dławikowanie, a nawet klejenie (grafit, teflon). Wybór odpowiedniego sposobu zależy od wielu czynników techniczno-konstrukcyjnych, przy czym za najważniejsze z nich uznaje się rodzaj stykających się materiałów i ich plastyczność oraz wzajemną spajalność, wymiary i kształt połączenia,

a także warunki działania aparatu. W stosunku do materiałów stalowych najczęściej stosuje się rozwalcowywanie rurek oraz ich spajanie z płytą (patrz tablica 4.21). To ostatnie w zasadzie przy podwyższonej temperaturze eksploatacji aparatu (z reguły od 300 °C), przy której rozwalcowanie nie zapewnia wystarczającej trwałości i szczelności połączenia, względnie jest niemożliwe do zastosowania, np. ze względu na małą plastyczność materiału rurek. Na dopuszczalną temperaturę roboczą dla stosowania w połączeniu ze stalowym dnem sitowym rurek z metali kolorowych wskazuje się w tabeli 2.8.

Uwzględnić przy tym należy, że jeżeli zachodzi niebezpieczeństwo wysuwania się rurek z dna sitowego (z istoty konstrukcji aparatu – np. ciśnieniowego), to niezależnie od sposobu mocowania jego skuteczność sprawdza się obliczeniem wytrzymałościowym (rozdz. 3).



Rys. 2.11. Ściana sitowa: a) nierozbieralna, b) stała w połączeniu kołnierzowo-śrubowym, c) rozbieralna (z pęczkiem rurek)

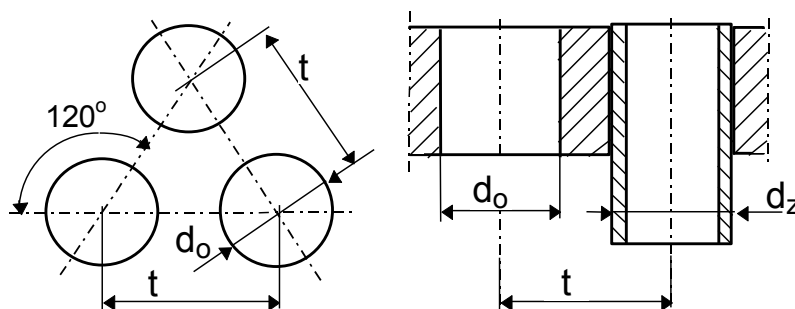
Temperatura stosowania rurek z metali nieżelaznych
w połączeniu z płytą sitową ze stali

Sposób mocowania rurek	Materiał rurki	Temperatura robocza, °C
rozwalcowanie	aluminium i jego stopy	200
	miedź	
	mosiądz	300
spawanie	aluminium i jego stopy	200
	miedź i mosiądz	300 ¹⁾
1) przy zastosowaniu lutu miękkiego – 150 °C		

Ze względu na wytrzymałość ważne jest także odpowiednie rozmieszczenie otworów w dnie sitowym. Przy ich dużej liczbie - co ma miejsce np. w aparatach do wymiany ciepła - stosuje się najczęściej układ heksagonalny, choć spotyka się także ortogonalny i współśrodkowy. Układ heksagonalny zapewnia najciaśniejsze rozmieszczenie otworów, jeżeli zakłada się jednakową podziałkę, tj. odległość osi rurek od siebie (tablica 2.9). Równa podziałka nie tylko ułatwia wykonanie płyty sitowej, lecz również upraszcza warunki dla obliczeń wytrzymałościowych. Dlatego od tej zasady odstępuje się wyjątkowo.

Tablica 2.9

Minimalna podziałka rozmieszczenia rurek w dnie sitowym
(układ heksagonalny)



Średnica rurki, d_z mm	Materiały stalowe				
	16	20	25	38	57
Wymagana średnica otworu, d_o mm	Metale nieżelazne				
	16	20	25	38	-
Podziałka, t mm	Materiały stalowe i metale nieżelazne				
	16,6	20,6	25,6	38,6	57,7
Podziałka, t mm	odchyłka od wymiaru +0,2				+0,3
	Materiały stalowe				
	21	26	32	48	70
	odchyłka od wymiaru ±0,35				
	Metale nieżelazne				
Podziałka, t mm	21	26	30	46	-
	odchyłka od wymiaru ±0,3				

W praktyce konstrukcyjnej minimalna podziałka rozmieszczenia otworów zależy od sposobu mocowania rurek i ich średnicy. Zwykle przyjmuje się

$$t = (1,25 \div 1,5)d_o, \text{ dla rurek rozwalcowanych,}$$

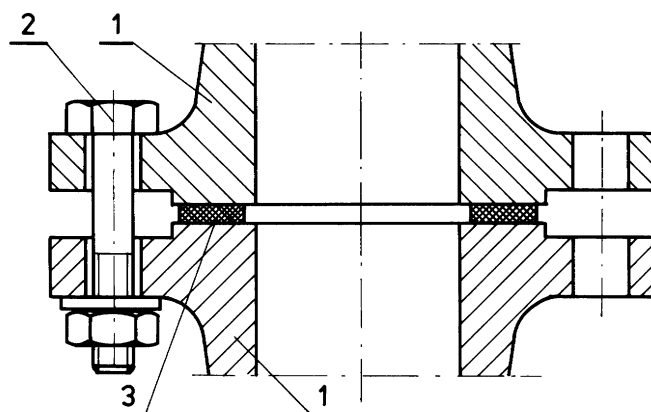
$$t = (1,2 \div 1,35)d_o - \text{ dla spajanych,}$$

przy czym mniejszą wartość odnosi się do rurek o większej średnicy zewnętrznej.

Na rzeczywistą wartość podziałki (w układzie heksagonalnym), zalecaną przez wytwórców aparatury procesowej z uwagi na wytrzymałość dna sitowego, wskazuje się w tabelicy 2.9.

2.6. Połączenie kołnierzowo-śrubowe

Połączenie kołnierzowo-śrubowe należy do połączeń rozbieralnych i z istoty konstrukcji stosuje się je w sytuacji, gdy zachodzi potrzeba demontażu elementów aparatury, w celu jej naprawy, modernizacji, wymiany części itp. Ten typ połączenia wykorzystuje się więc zarówno do łączenia głównych elementów aparatury (np. dna z walczakiem), jak i innych części przynależnych do aparatu (właz, wziernik, pokrywa itp.), także z siecią rurociągów.



Rys. 2.12. Połączenie kołnierzowo-śrubowe i jego elementy.

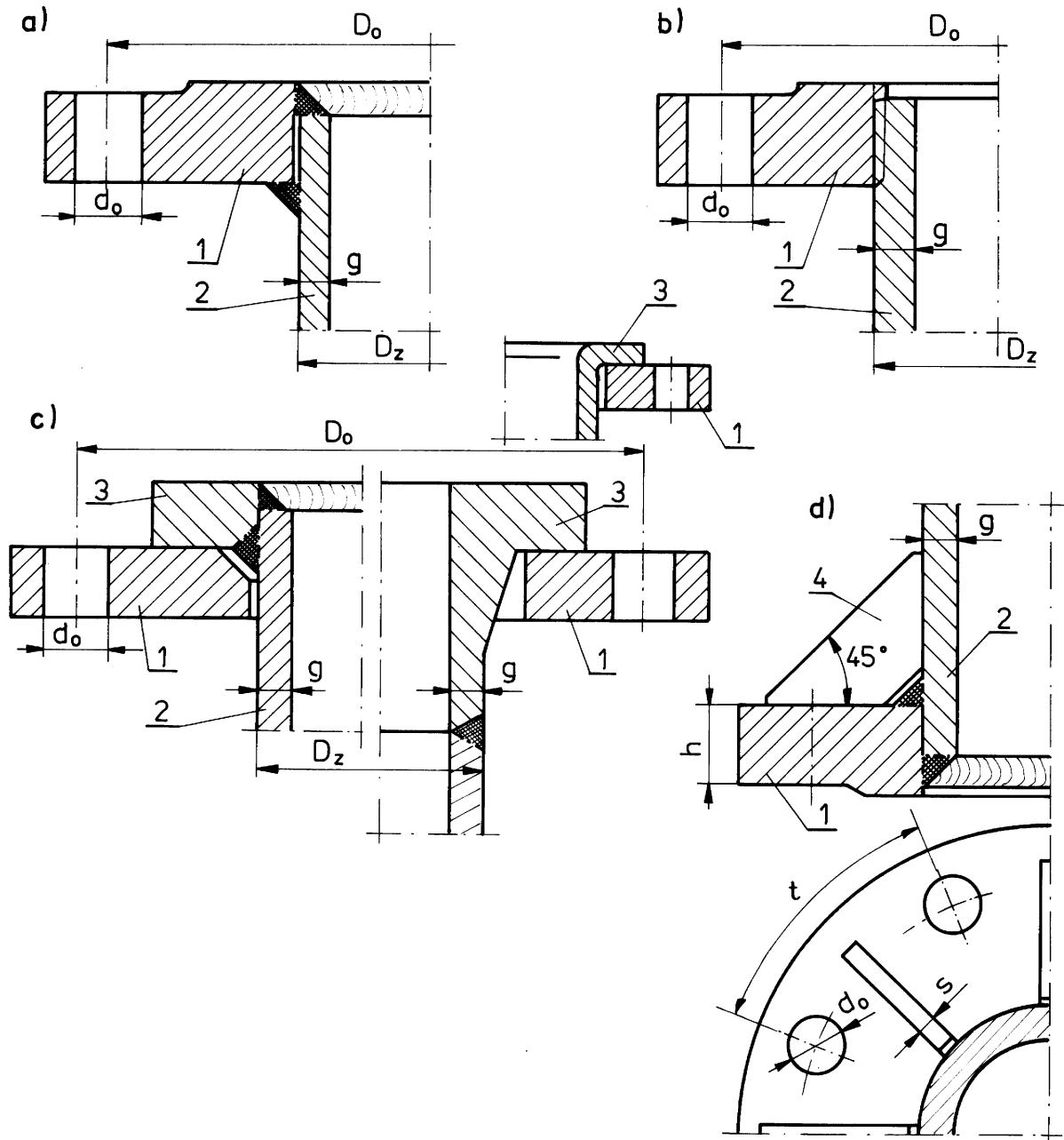
- 1- kołnierz, 2- śruba z zespołem mocującym (nakrętka, podkładka),
3- uszczelka

Konstrukcyjnie w połączeniu kołnierzowo-śrubowym wyodrębnia się trzy zasadnicze elementy (rys. 2.12). Są to: kołnierz (z reguły okrągły), śruba spinająca złącze kołnierzowe, oraz umieszczona pomiędzy dwoma kołnierzami uszczelka, która zapewnia szczelność połączenia. Elementy te wykonuje się w różnej formie geometrycznej i z różnych materiałów, w zależności od przeznaczenia aparatury. Stąd warunki stosowania połączenia kołnierzowo-śrubowego i związane z tym wymagania techniczne są bardzo urozmaiczone, a normy przedmiotowe przewidują kilkadziesiąt możliwych rozwiązań. Na niektóre z nich wskazuje się w tej części skryptu.

2.6.1. Kołnierze okrągłe

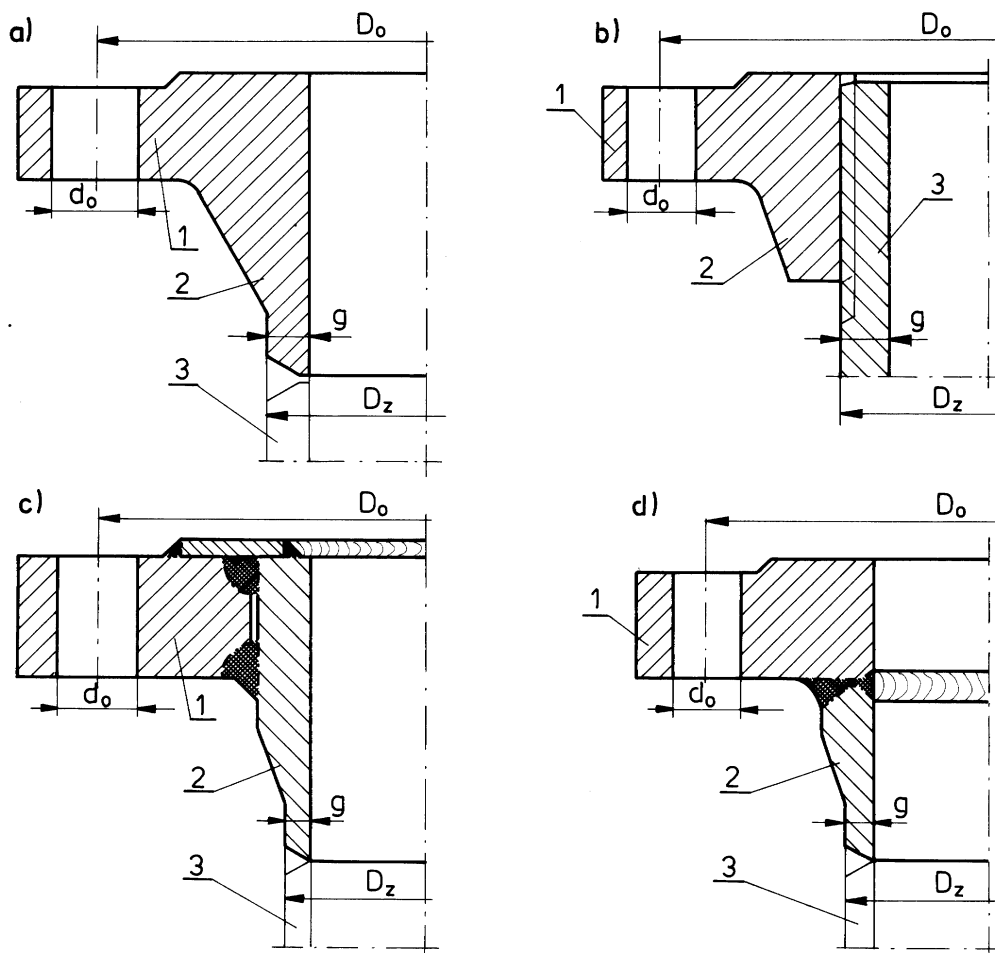
W konstrukcji aparatury wyodrębnia się zasadniczo dwa typy kołnierzy okrągłych: kryzowy płaski oraz z tzw. szyjką (kołnierz szyjkowy). Kołnierz kryzowy (rys. 2.13) stanowi płaski pierścień, przyłączony do elementu walcowego (najczęściej na jego brzegu) za pomocą spoiny pachwinowej, poprzez złącze gwintowe, względnie jako kołnierz luźny nasadzany na ten

element. To ostatnie rozwiązanie znacznie ułatwia montaż aparatury, gdyż pozwala na swobodne przemieszczenie (obrót) kołnierza, jednak w przypadku tym przynależny do kołnierza element (rura, carga itp.) musi być zakończony odpowiednim wieńcem (rys. 2.13c). Bez względu na formę konstrukcyjną kołnierz kryzowy stosuje się jedynie w umiarkowanych warunkach eksploatacji aparatury, co ogólnie ma miejsce przy ciśnieniu poniżej 1,6 MPa oraz w temperaturze nie większej niż 200°C.



Rys. 2.13. Kołnierz kryzowy: a, b) stały - połączony z elementem walcowym spoiną (a), poprzez gwint (b); c) luźny nasadzany na element walcowy lub z pierścieniem szyjkowym do przyspawania; d) żebrowany - wzmocniony elementami przyspawanymi do kryzy i elementu walcowego;
 1- kryza, 2- walcowy element przyłączeniowy, 3- wieńiec (szyjka), 4- żebro

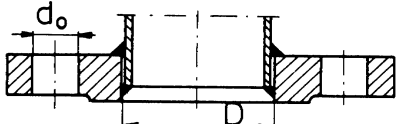
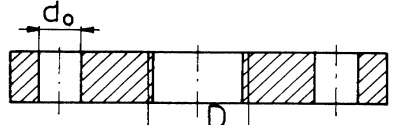
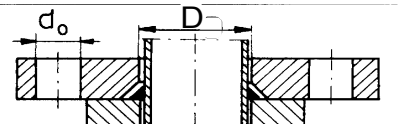
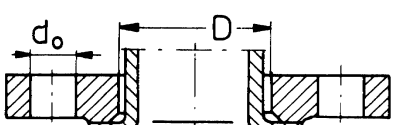
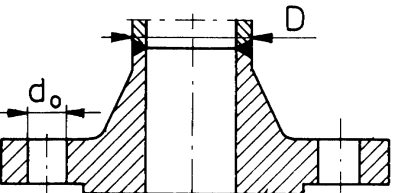
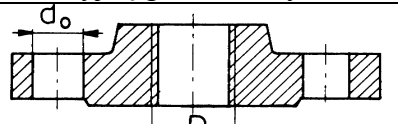
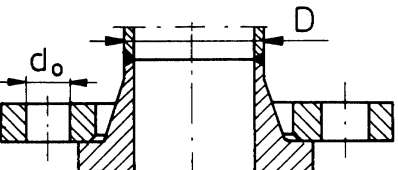
Ograniczenia te nie mają miejsca przy stosowaniu kołnierza szyjkowego (rys. 2.14). Stanowi go płaski pierścień (kryza)łączony integralnie pod względem wytrzymałościowym z tzw. szyjką. Kołnierz taki składa się więc z kryzy i szyjki a może być wykonany jako jednocześnie odkuvka lub odlew (rys. 2.14a,b), względnie tworzą go połączone spoiną kryza i szyjka (rys. 2.14c,d). Kołnierz szyjkowy łączy się z elementem cylindrycznym z reguły spoiną doczołową, a niekiedy poprzez złącze gwintowane (rys. 2.14b).



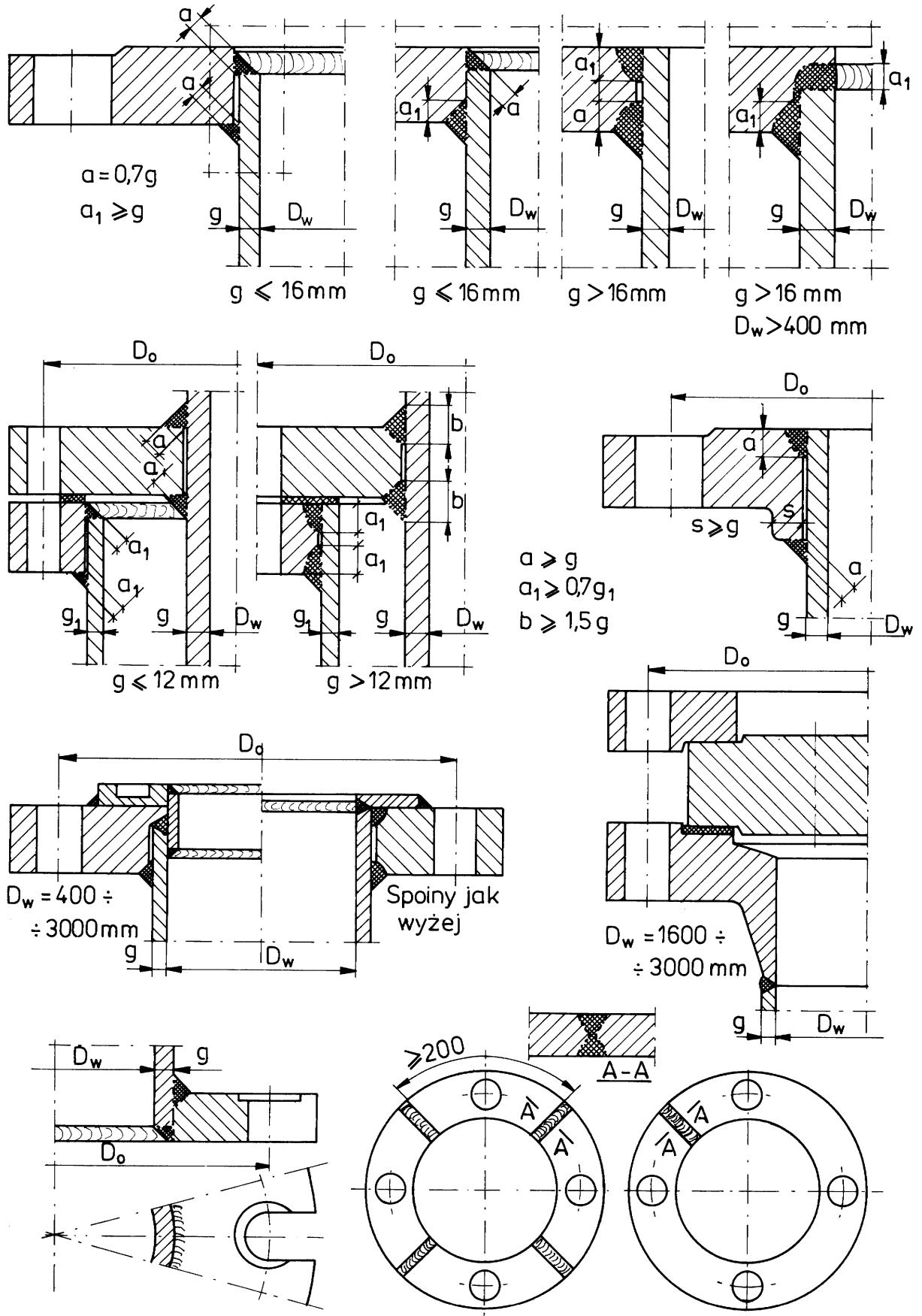
Rys. 2.14. Kołnierz szyjkowy stały: a, b) jednocześnie z szyjką do przyspawania (a), gwintowaną (b); c, d) złożony z połączenia spoiną kryzy i szyjki; 1- kryza, 2- szyjka, 3- element przyłączeniowy (część cylindryczna)

Na konstrukcyjne warunki stosowania w połączeniu kołnierzowo-śrubowym kołnierzy kryzowych i szyjkowych wskazano w tablicy 2.10, natomiast na rys. 2.15 dodatkowo podano najistotniejsze warianty wykonania tych kołnierzy w połączeniu z elementem walcowym. Z podanych na rys. 2.14 i rys. 2.15 przykładów wynika, że przy konstrukcji kołnierzy kryzowych i szyjkowych dopuszcza się ich wykonanie z segmentów pierścieniowych. Stosuje się wówczas zwijane na gorąco profile walcowane lub pręty płaskie, jak i paski cięte z blachy. Wzdłużne doczołowe złącza spawane szyjki kołnierza i przyległego do niej elementu walcowego (stożkowego) powinny być względem siebie przesunięte o co najmniej 200 mm, a dotyczy to również wzdłużnej spoiny szyjki i promieniowej spoiny kryzy kołnierza spawanego.

Zakres stosowania stalowych kołnierzy okrągłych

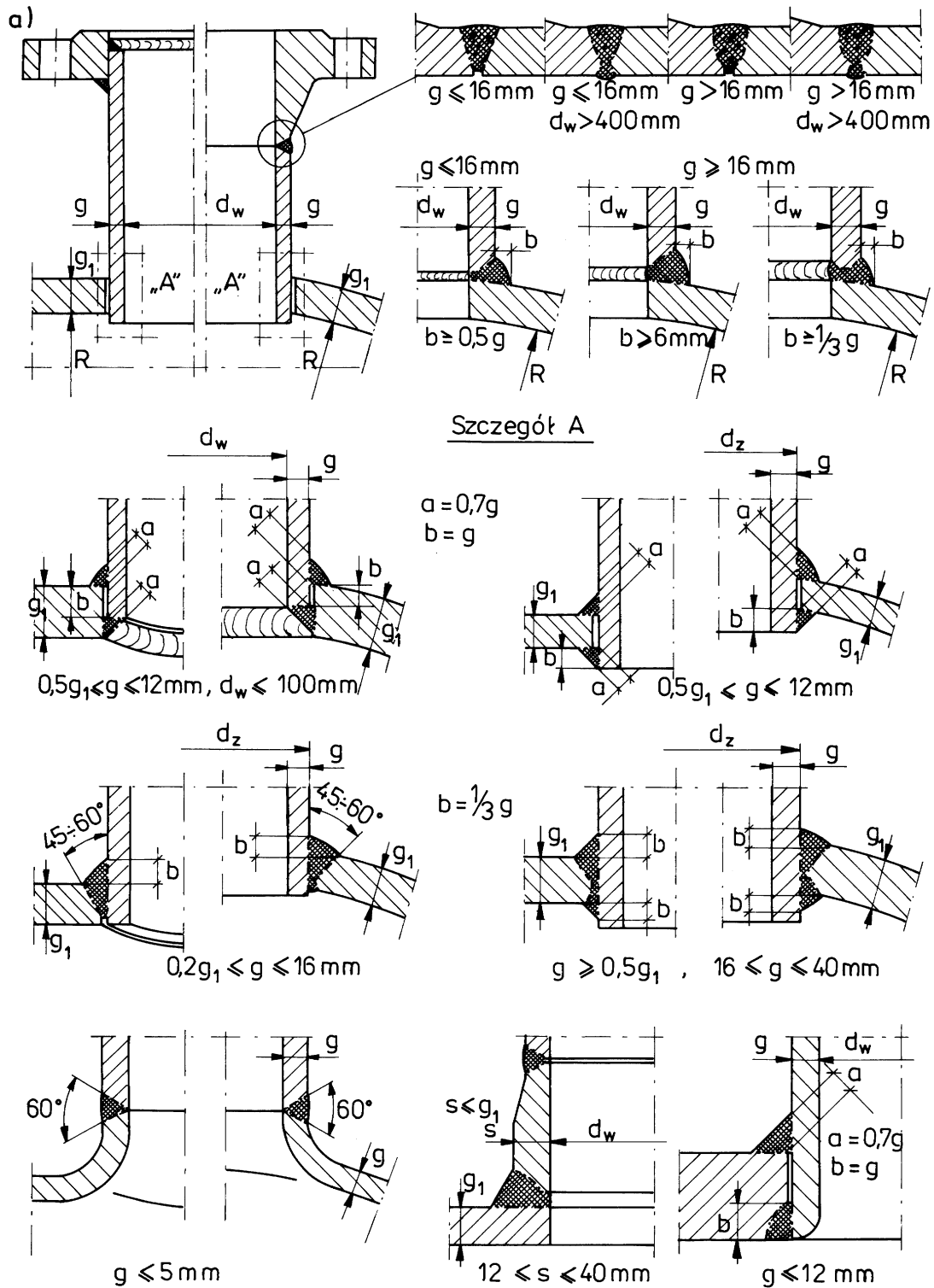
Typ kołnierza	Ciśnienie nominalne, MPa	Średnica nominalna, D mm	Najwyższa temperatura stosowania, °C	Nr normy przedmiotowej dla kołnierza
1. Płaski do przyspawania 	0,25 0,63 1,00 1,60	200÷2000 10÷2000 200÷2000 10÷2000	200	PN/H-74731
2. Płaski gwintowany 	0,63	10÷150	Wynika z rodzaju i gatunku zastosowanej stali (200) ^{*)}	PN/H-74735
3. Płaski luźny z przyspawanym pierścieniem 	0,25 0,63 1,00 1,60	300÷2000 10÷1200 200÷1200 10÷500	Wynika z rodzaju i gatunku zastosowanej stali (300)	PN/H-74737
4. Płaski luźny z elementów wywijanych 	0,25 0,63 1,00 1,60	300÷2000 10÷1200 200÷800 10÷600	200	PN/H-74739
5. Szyjkowy do przyspawania 	0,63 1,00 1,60 2,50 4,00 6,30 10,00	10÷600 200÷3000 10÷2000 175÷1000 10÷500 50÷500 10÷400	Wynika z rodzaju i gatunku zastosowanej stali – (300) przy średnicy do 500 mm	PN/H-74710 (arkusze 1÷10)
6. Z szyjką gwintowaną 	1,00 1,60 2,50 4,00	10÷150	Wynika z rodzaju i gatunku zastosowanej stali (300)	PN/H-74734
7. Luźny z pierścieniem szyjkowym do przyspawania 	0,25 0,63 1,00 1,60 2,50 4,00 6,30 10,00	250÷2000 10÷1200 200÷1200 10÷500 175÷500 10÷450 50÷400 10÷400	Wynika z rodzaju i gatunku zastosowanej stali (300)	PN/H-74738

*) w nawiasie oznaczono wartość temperatury do jakiej dany typ kołnierza może być stosowany bez sprawdzających obliczeń wytrzymałościowych, co nie zwalnia projektanta od ich przeprowadzenia



Rys. 2.15. Rozwiązania konstrukcyjne kołnierzy stałych

Kołnierz (kryzowy, szyjkowy) w połączeniu z elementem walcowym o niewielkiej średnicy (np. z rurą) tworzy tzw. króciec, wliczany najczęściej w oprzyrządowanie aparatu niezbędne dla zapewnienia poprawnego jego działania (doprowadzenie i odpływ płynu, wzierniki, impulsy pomiarowe itp.). Na niektóre popularnie stosowane warianty konstrukcji króćca i sposobu jego przyłączenia do korpusu aparatu (walczak, dno itd.) wskazano na rys. 2.16.



Rys. 2.16. Warunki konstrukcyjne przyłączenia króćca z kołnierzem stałym (a) do korpusu aparatu (szczegół „A”)

Wybór wariantu jest uzależniony nie tylko od parametrów konstrukcyjnych króćca (wyznaczających granicę jego stosowalności), lecz także od technicznych możliwości wykonania danego połączenia (np. dostęp do miejsca spawania).

Dalsze przykłady (sposoby) łączenia elementów aparatury za pomocą połączenia kołnierzo-śrubowego, czytelnik znajdzie także i w innych rozdziałach skryptu, jakkolwiek w przewijających się w jego treści informacjach na ten temat, pominięto rozwiązania specjalne czy też nietypowe, nie spotykane w codziennej praktyce konstrukcyjnej.

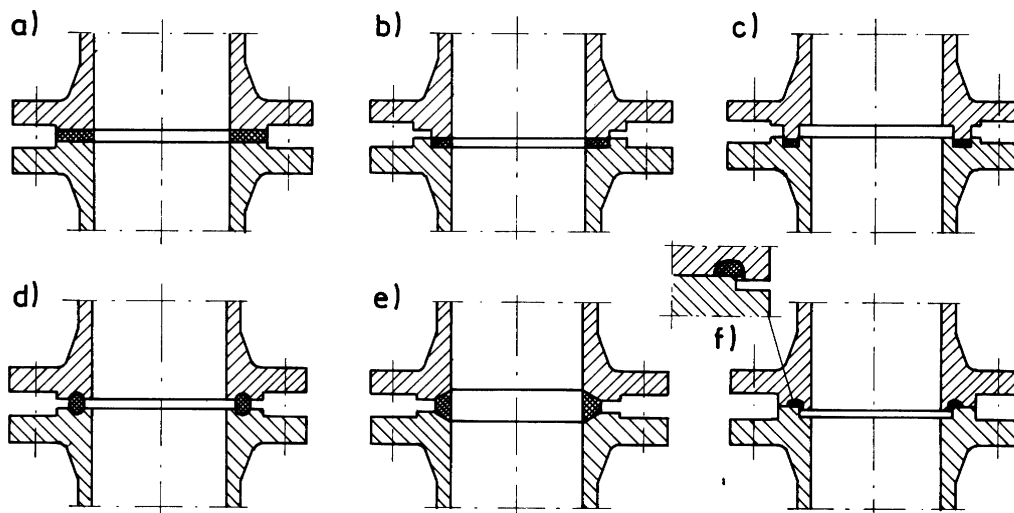
2.6.2. Uszczelki

Celem zapewnienia szczelności połączenia kołnierzo-śrubowego stosuje się odpowiednie elementy uszczelniające, tj. uszczelki (uszczelnienie spoczynkowe). Z reguły stanowią je wkładki w formie pierścienia (rys. 2.12), wykonane z materiału niemetalowego (guma, masa kauczukowo-grafitowa, tworzywo sztuczne), względnie z plastycznego metalu (miedź, ołów). Z założenia elementy uszczelniające winny charakteryzować się co najmniej następującymi cechami:

- odpowiednią wytrzymałością na rozrywanie (od działania siły poprzecznej wywołanej ciśnieniem) oraz na ściskanie,
- dobrą szczelnością (materiał, z którego jest wykonana uszczelka nie powinien przepuszczać płynu roboczego),
- wystarczającą zdolnością do odkształcania się, co umożliwi wypełnienie wszelkich nierówności na powierzchni uszczelniającej,
- gwarantowaną odpornością na działanie temperatury oraz płynu roboczego.

Ponadto należy zwrócić uwagę by granica plastyczności materiału uszczelniającego nie przekraczała wytrzymałości plastycznej materiału, z którego wykonany jest kołnierz, a z którym uszczelka współpracuje.

Uszczelki wykonuje się w różnej formie geometrycznej (o przekroju kołowym, prostokątnym, gładkie, rowkowane itd.), przy czym z zasady kształt uszczelnienia wynika z profilu powierzchni uszczelniającej utworzonej w kołnierzu. Na ogół, co wskazano na rys. 2.17, powierzchnia ta jest płaska (otwarta, półzamknięta, zamknięta), choć stosuje się także inny profil (sposób) uszczelnienia.



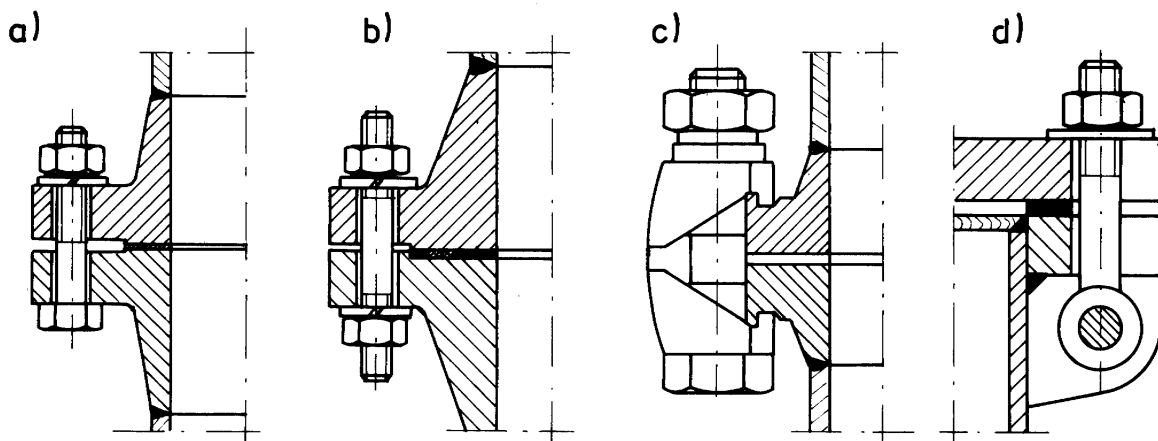
Rys. 2.17. Uszczelnienie połączenia kołnierzo-śrubowego: a) otwarte, b) półzamknięte, c) zamknięte, d) owalne, e) soczewkowe (stożkowe), f) okrągłe-pierścieniowe

O wyborze sposobu uszczelnienia oraz konstrukcji elementu uszczelniającego decydują przede wszystkim warunki eksploatacyjne. Uszczelka występująca w połączeniu kołnierzo-śrubowym jest bowiem narażona na działanie ciśnienia, temperatury oraz środowiska w którym się znajduje. Na zasadnicze rozwiązania konstrukcyjne (sposoby) mocowania uszczelki w tym połączeniu wskazuje się w rozdziale 4 (tablica 4.20).

O ile stopień obciążenia połączenia kołnierzo-śrubowego, poprzez wywierane nań ciśnienie, decyduje głównie o sposobie umocowania uszczelki (choć nie tylko), to przydatność materiału na uszczelnienie jest związana wprost z jego odpornością na działanie temperatury oraz środowiska. Na praktyczną przydatność niektórych materiałów przeznaczonych na uszczelki - w określonym środowisku i przy określonych parametrach roboczych (temperatura, ciśnienie) - wskazano w tabeli 4.19.

2.6.3. Śruby (elementy złączne)

Nieodłącznym elementem połączenia kołnierzo-śrubowego, decydującym w znacznym stopniu o jego szczelności są elementy łączące ze sobą kołnierze. W praktyce projektowej wykorzystuje się najczęściej śruby z łbami (rys. 2.18a), choć poleca się je do stosowania w konstrukcji aparatury przeznaczonej do eksploatacji przy $p_r \leq 4$ MPa i $t_r \leq 300$ °C. Dopuszcza się przy tym i śruby sworzniowe, tj. dwustronne (rys. 2.18b), które przenoszą większą siłę osiową, a przeto znajdują zastosowanie i przy wyższych parametrach eksploatacyjnych. Odmianę konstrukcyjną złącza śrubowego stanowią także śruby odchylane oraz zaciskowe. W połączeniu zaciskowym (rys. 2.18c) śruba znajduje się na ogół poza obrębem kołnierza, dzięki czemu mniejsza jest jego szerokość, a więc i masa. Kołnierze ze śrubami odchylanymi (rys. 2.18d) stosuje się najczęściej w sytuacji wymagającej częstego demontażu (rozłączania) połączenia kołnierzo-śrubowego.



Rys. 2.18. Elementy złączne połączenia kołnierzo-śrubowego: a) śruba z łbem, b) śruba dwustronna (sworzniowa), c) zacisk śrubowy, d) śruba odchylana

Materiały, które stosuje się na śruby i inne elementy złączne, powinny charakteryzować się wysoką granicą plastyczności (tak w temperaturze otoczenia, jak i w temperaturze eksploatacji aparatury), a ponadto odpowiednio dużą odpornością na relaksację naprężeń. Odpowiedniej granicy plastyczności materiału na śruby, wymaga się w związku z koniecznością nadania elementom złącza odpowiednio dużego naciągu, zapewniającego szczelność połączenia kołnierzego. Stąd na jego elementy złączne (śruba, nakrętka, zaczep, sworzeń itd.) stosuje się stal węglową lub stopową o stosunkowo dużej zawartości węgla, a zwłaszcza:

- węglową konstrukcyjną o określonych właściwościach wytrzymałościowych,
- węglową konstrukcyjną wyższej jakości,
- stopową o określonych właściwościach wytrzymałościowych i określonym składzie chemicznym.

Na wynikające stąd niektóre gatunki stali zalecane do wyrobu śrub jak i innych elementów złącznych, a przeznaczonych do użytkowania w określonych warunkach eksploatacyjnych (temperatura, ciśnienie), wskazano w tabeli 2.11. Inne warunki przydatności wyrobów hutniczych (głównie prętów) na elementy złączne wynikają z ogólnej charakterystyki materiałów hutniczych (rozdz. 6).

Tabela 2.11

Zalecane warunki stosowania stali na elementy złączne

Ciśnienie robocze, MPa	Temperatura eksploatacji, °C	Gatunek stali	
		na śruby	na nakrętki
do 1,6	do 200	St3	St2
1,6÷4,0	200÷300	St4S, St5 35, 45	St3S, St4S 25, 35
4,0÷10,0	300÷400	35 lub 45	25 lub 35, St5
	400÷450	25HM	35
	450÷500	26H2MF	25HM
	500÷540	21HMF	25HM
	powyżej 540	stopowa konstrukcyjna oraz wskazana do eksploatacji w podwyższonej temperaturze	

Liczba śrub w połączeniu kołnierzo-śrubowym (zasadniczo ze względu na równomierny ich naciąg) powinna być wielokrotnością liczby cztery, a podziałka ich rozmieszczenia $t \leq 5d_0$ (rys. 2.13d), co dotyczy wszystkich typów kołnierzy. Przyjmuje się przy tym (niezależnie od warunków obliczeniowych), że średnica nominalna gwintu śruby nie powinna być mniejsza od 10 mm (celem utrzymania na bezpiecznym poziomie nośności złącza gwintowanego), przy czym dla śrub i nakrętek ze stali stopowej dopuszcza się 8 mm.

Inne warunki wykonania i stosowania elementów złącznych wyznaczają normy przedmiotowe. Odnosi się to częstokroć szczególnie do aparatów, które podlegają dozorowi technicznemu, a więc głównie do złączy kołnierzowych poddanych działaniu ciśnienia wewnętrznego powyżej 0,07 MPa.

3. OBLICZENIA KONSTRUKCYJNE ELEMENTÓW APARATURY CIŚNIENIOWEJ

Głównym zadaniem występującym przy konstruowaniu aparatury ciśnieniowej jest określenie wytrzymałości jej elementów, a więc ich odporności na zniszczenie w danych warunkach eksploatacyjnych. Wynikające stąd wymagania konstrukcyjne sprowadzają się zatem do wskazania gwarancji bezpieczeństwa i dostatecznej sztywności, tzn. do tego, aby w warunkach działania urządzenia nie uległy uszkodzeniu jego elementy, a ich odkształcenie nie uniemożliwiło prawidłowej eksploatacji aparatury. Rozróżnia się przy tym zagadnienia kontroli i kształtowania. Pierwsze z nich polega na sprawdzeniu spełnienia wymagań procesowych stawianych konstrukcji. Drugie występuje bezpośrednio przy projektowaniu aparatury i dotyczy wyboru geometrii elementów i ich wymiarów, aby te wymagania były zachowane. W tej mierze wytrzymałościowe obliczenia konstrukcyjne są dominujące.

Doświadczenie przemysłowe uczy, że najczęściej występuje wiele złożonych przypadków konstrukcji elementów, dla których warunki wytrzymałościowe nie są (a często nie mogą być) jednoznacznie określone. Z konieczności więc do praktyki inżynierskiej wprowadza się metody uogólnione, ekstrapolowane na przypadki bardziej złożone aniżeli opisane w kursie wytrzymałości. W okolicznościach takich algorytm konstruowania obejmuje w pierwszej kolejności wyszukiwanie miejsca konstrukcji, w którym występują naprężenia szczególnie niebezpieczne (ekstremalne), a następnie ich porównanie z wartością, którą uznaje się za dopuszczalną (w oparciu o znajomość stanu wyężenia, badania laboratoryjne itp.). Sposób taki - szeroko rozpowszechniony dzięki swej prostocie - nazywa się metodą naprężeń dopuszczalnych. W istocie swej jest ona oparta na założeniu, że o wytrzymałości elementu konstrukcyjnego decyduje głównie wyężenie najsłabszego jego miejsca.

W ocenie bezpieczeństwa obciążenie dopuszczalne aparatury jest w takiej sytuacji podstawową miarą wytrzymałości jej elementów ($\sigma_{red} \leq k$). Odzwierciedla się to powszechnie w obliczeniach konstrukcyjnych aparatury ciśnieniowej podlegającej dozorowi technicznemu.

3.1. Naprężenie dopuszczalne. Współczynnik bezpieczeństwa

Podstawowym kryterium bezpiecznej eksploatacji aparatury jest to, żeby w rzeczywistych warunkach działania jej elementy nie doznały odkształcenia trwałego, czyli żeby ich wyężenie nie przekraczało granicy sprężystości materiału. Dla elementów poddanych działaniu ciśnienia (rozciąganych) można by więc przyjąć, że wartość naprężenia dopuszczalnego odpowiada granicy proporcjonalności ($\sigma_{prop} < \sigma_{spr}$) ze statycznej próby rozciągania. Tak byłoby w idealnym przypadku, tj. gdyby znane było dokładnie naprężenie σ_{red} występujące w ścianie elementu, a także cechy materiału z jakiego jest on wykonany. W rzeczywistości tak nie jest. Obciążenie elementów aparatury nigdy prawie nie jest jednoznacznie określone, a ponadto każdy materiał konstrukcyjny charakteryzuje się

niejednorodnością właściwości. Z tych i innych powodów, w praktyce projektowej przyjmuje się więc, że naprężenie dopuszczalne jest jeszcze mniejsze. Na ogół stanowi o nim ułamek

$$k = \frac{\sigma}{x}, \quad (3-1)$$

wartości rzeczywistego naprężenia σ , które jednoznacznie charakteryzuje odkształcenie trwałe materiału oraz współczynnika bezpieczeństwa x , tj. pewnej liczby większej od jedności, która jest miarą pewności konstrukcji (w odniesieniu do dopuszczalnego odkształcenia materiału). Dla materiałów plastycznych - a w szczególności stali - naprężeniem tym jest np. wyraźna granica plastyczności ze statycznej próby rozciągania ($\sigma=R_e$), natomiast dla kruchych - nie wykazujących odkształcenia plastycznego (żeliwo itp.) - doraźna wytrzymałość materiału na rozrywanie ($\sigma=R_m$).

Wybór szczegółowego wzoru do ustalenia naprężenia dopuszczalnego zależy nie tylko od rodzaju materiału, lecz także od warunków jego eksploatacji. Dominującym w tej mierze kryterium jest wartość temperatury, względem której charakteryzuje się wytrzymałość materiału (rozdz. 5). W odniesieniu do elementów aparatury procesowej zasadniczo przyjmuje się:

a) dla materiałów stalowych (w tym staliwa)

- przy $t_o \leq t_{gr}$

$$k = \frac{R_e^{t_o}}{x}, \quad (3-2a)$$

- przy $t_o \geq t_{gr}$

$$k = \min \left\{ \begin{array}{l} k^i = \frac{R_{z(\tau)t_o}}{1,65} \quad \text{lub} \quad k^i = \frac{R_{z(\tau)t_o}}{1,5} \\ k^{ii} = R_{1(\tau)t_o} \end{array} \right\} \quad (3-2b)$$

gdzie wartość $x=1,65$ odnosi się do elementów walcowych, kołnierzy i śrub w połączeniach kołnierzowych, natomiast $x=1,5$ do innych (dno elipsoidalne, sitowe, element kulisty itd.);

b) dla żeliwa, miedzi, brązu, mosiądzu i aluminium

$$k = \frac{R_m^{t_o}}{x_m} \quad (3-2c)$$

przy czym, o ile nie jest znana dla danego materiału wartość $R_m^{t_o}$, a warunki jego stosowania nie stanowią inaczej, to przy $t_o \leq 200^\circ\text{C}$ dopuszcza się do obliczeń $R_m^{t_o} \approx R_m$.

Wynikające z zależności (3-2) wytyczne obliczeniowe, mające podstawowe znaczenie przy konstruowaniu elementów aparatury ciśnieniowej, są następujące:

- przy $t_o \leq 50^\circ\text{C}$ naprężenie dopuszczalne można ustalać względem właściwości wytrzymałościowych w temperaturze 20°C , tj. odnosić do R_e lub R_m ;

- za rzeczywistą wartość któregośkolwiek naprężenia charakteryzującego odkształcenie plastyczne materiału, przyjmuje się najmniejszą z wartości podanych dla danego materiału;

- wartość wyraźnej granicy plastyczności R_e lub $R_e^{t_o}$ stosuje się przemiennie z umowną granicą plastyczności $R_{0,2}$, $R_{1,0}$ lub $R_{0,2}^{t_o}$, $R_{1,0}^{t_o}$, w zależności od właściwości mechanicznych materiału lub wymagań technicznych jego stosowania;

- za granicę pełzania $R_{1(\tau)t_0}$ przyjmuje się z zasady wartość średnią wyznaczoną dla czasu trwania obciążenia $\tau=10$ godz., natomiast wytrzymałość na pełzanie ($R_{z(\tau)t_0}$) - względem $\tau=10^4, 10^5, 2 \cdot 10^5$ godz. (przy innym przedziale czasowym stosuje się liniową interpolację w układzie podwójnie logarytmicznym).

Niezbędne do ustalenia naprężenia dopuszczalnego wartości współczynnika bezpieczeństwa - nie ujęte całkowicie w zależności (3-2) - scharakteryzowano w tabeli 3.1. Wynika z niej, że stopień pewności konstrukcji aparatury jest zróżnicowany, co zależy od kształtu jej elementów, charakteru ich obciążenia, a także klasy materiału z jakiego są wykonane; współczynnik x odnosi się do materiałów plastycznych, natomiast x_m – dla odróżnienia – do materiałów kruchych.

Tabela 3.1

Wartość współczynnika bezpieczeństwa
zalecana w obliczeniach konstrukcyjnych elementów aparatury

Lp.	Materiał	Wsp. bezp.	Element walcowy ^{a)}	Element kulisty ^{b)}	Dno wypukłe	Ściana sitowa	Element stożkowy		Okrągłe dno płaskie
							w części prostej	w części wyoblonej	
1.	Stal węglowa o gwarantowanej udarności	x	1,65	1,65	1,4	1,65	1,65	1,35	1,5
	Stal do wyrobu rur kotłowych		1,65	-	-	-	-	-	-
2.	Stal węglowa nie ujęta w lp. 1		1,8	1,8	1,55	1,8	1,8	1,5	1,65
3.	Stal stopowa		1,65	1,65	1,4	1,65	1,65	1,35	1,5
4.	Staliwo ^{c)}		1,4 x	1,4 x	1,4 x	-	1,4 x	-	1,4 x
5.	Żeliwo		x _m	7,0	7,0	7,0	-	7,0	-
6.	Brąz, mosiądz; miedź i aluminium w stanie wyżarzonym	4,0		4,0	3,4	4,0	4,0	3,3	3,65

a) poddany działaniu ciśnienia wewnętrznego;
b) o kształcie pełnej sfery, a nie jej części;
c) odpowiednio w stosunku do danego typu stali (węglowej, stopowej itp.)

W odniesieniu do obliczeń konstrukcyjnych wartość współczynnika bezpieczeństwa traktuje się jako daną. Uznaje się przy tym, że stanowi on gwarancję poprawności konstrukcji opartą na inżynierskiej tradycji i praktycznym doświadczeniu.

3.2. Wytrzymałościowy współczynnik obliczeniowy złącza spawanego

Przy konstruowaniu elementów aparatury dość powszechnie stosuje się złącze spawane. Z zasady (zaburzenie struktury materiału nośnego), stanowi ono dla ścianki elementu miejsce potencjalnego jej osłabienia, którego rozmiar zależy zarówno od konstrukcji złącza, jak i jakości jego wykonywania. Obie te cechy uwzględnia się w obliczeniach konstrukcyjnych,

Tabela 3.2

Składowe współczynnika wytrzymałości złącza spawanego $z = a z_b$

a) współczynnik konstrukcji złącza

Lp.	Rodzaj złącza spawanego (por. rys. 2.1)	a
1.	doczołowe: - dwustronne	1,0
	- jednostronne z podpawaniem	1,0
	- jednostronne z podkładką	0,95
	- jednostronne bez podpawania	0,95
2.	zakładkowe	0,85
3.	pachwinowe: - obustronne z ukosowaniem	1,0
	- obustronne bez ukosowania	0,85

b) współczynnik jakości złącza

Lp.	Udział złączy spawanych poddanych kontroli jakościowej, %		z_b
	złącze nieobwodowe ¹⁾	złącze obwodowe	
1.	100	50	1,0
2.	50	25	0,9
3.	25	10	0,8
4.	10	wg uznania projektanta	0,7

1) do złączy nieobwodowych zalicza się złącza południkowe i równoleżnikowe elementów kulistych oraz skośne, np. elementów walcowych

Tabela 3.3

Zakres wymaganych badań głównych dla złączy spawanych

Lp.	Parametry obliczeniowe (robocze) elementów aparatury	Zakres kontroli jakościowej złącza, %	
		nieobwodowego	obwodowego
1.	$p_o > 5 \text{ MPa}$, względnie $t_o > 300 \text{ °C}$ (lub $t_r < -40 \text{ °C}$)	100	100
2.	niższe niż w p. 1, lecz jeśli obliczenia wytrzymałościowo-konstrukcyjne przeprowadzono przy współczynniku $z_b=1$		50
3.	$1,6 < p_o \leq 5 \text{ MPa}$, względnie $200 < t_o \leq 300 \text{ °C}$ (lub $-40 \leq t_r < -20 \text{ °C}$)	50	25
4.	niższe niż w p. 3, lecz jeśli obliczenia wytrzymałościowo-konstrukcyjne przeprowadzono przy współczynniku $z_b=0,9$		
5.	$0,07 < p_o \leq 1,6 \text{ MPa}$, względnie $t_o \leq 200 \text{ °C}$ lub jeśli obliczenia wytrzymałościowo-konstrukcyjne przeprowadzono przy współczynniku $z_b=0,8$	25	10
6.	jak w p. 5, a obliczenia wytrzymałościowo-konstrukcyjne przeprowadzono przy współczynniku osłabienia $z_b=0,7$	wg uznania konstruktora	
7.	$p_o \leq 0,07 \text{ MPa}$		

a skutek (stopień) ewentualnego osłabienia ścianki elementu określa się za pomocą współczynnika wytrzymałościowego złącza spawanego

$$z = a z_b \quad . \quad (3-3)$$

Czynniki obliczeniowe do jego wyznaczenia scharakteryzowano w tabeli 3.2 oraz dodatkowo w tabeli 3.3, w której wskazuje się na konieczny zakres badań głównych złączy spawanych, w zależności od warunków obciążenia elementów aparatury i założonych warunków obliczeniowych.

3.3. Grubość ścianki elementu

Grubość ścianki elementu, bądź wyrobu hutniczego przeznaczonego na wykonanie tego elementu, ustala się względem tzw. grubości obliczeniowej

$$g_o = f(p_o, t_o, \text{parametry konstrukcyjne}), \quad (3-4)$$

tj. grubości uwarunkowanej naprężeniami, pojawiającymi się w określonym układzie geometrycznym elementu aparatury tylko od statycznego ciśnienia obliczeniowego i temperatury obliczeniowej.

Następnie wyznacza się:

- a) najmniejszą wymaganą grubość ścianki elementu

$$g = g_o + C_2 + C_3 \quad , \quad (3-5)$$

- b) grubość nominalną wyrobu hutniczego, przeznaczonego na wykonanie tego elementu (względnie grubość nominalną gotowego wyrobu)

$$g_n = g + C_1 \quad , \quad (3-6)$$

- c) rzeczywistą grubość ścianki gotowego elementu aparatury, jako najmniejszą jego grubość wynikającą z przetwarzania materiału (wyrobu hutniczego)

$$g_{rz} = g_n - C_1 \quad , \quad (3-7)$$

przy czym oczywiste jest by $g_{rz} \geq g$.

Występujące we wzorach (3-5) do (3-7) wielkości C_1 , C_2 , C_3 , uwzględniają niezbędne naddatki konstrukcyjne na grubość elementu wynikające ze sposobu jego wykonania oraz warunków eksploatacyjnych.

Naddatek technologiczny C_1 wskazuje na największą odchyłkę minusową grubości gotowego wyrobu hutniczego (C_1^i), a dodatkowo dopuszczalne ścienianie się ścianki tego wyrobu (C_1^{ii}) podczas jego przetwarzania na element aparatury, tj. $C_1 = C_1^i + C_1^{ii}$. Wartość tego naddatku określa się na podstawie norm lub warunków technicznych wytwarzania elementów aparatury, przy czym naddatku pośredniego C_1^i nie uwzględnia się jedynie wówczas gdy grubość elementu nie zależy od odchyłki hutniczej (np. po obróbce mechanicznej). Przykładowe wartości odchyłki hutniczej dla najczęściej stosowanych wyrobów z blachy podano w tabeli 3.4.

Naddatek C_2 (ustalany przez projektanta) uwzględnia ubytek grubości ścianki elementu pod wpływem działań chemicznych i mechanicznych w trakcie jego eksploatacji. Przy znanej szybkości s ścieniania się materiału oraz założonej w projekcie długotrwałości τ aparatu $C_2 = s \tau$. Dla niektórych elementów (płomienice, ich dna, części kotłów parowych itp.) eksploatowanych w szczególnie uciążliwych warunkach, wielkość naddatku C_2 regulują

szczegółowe przepisy. W pozostałych przypadkach, celem ustalenia jego wartości można posłużyć się tabelą 3.5.

Wartość naddatku C_3 (ustalaną także przez jednostkę projektującą) wprowadza się ze względów konstrukcyjnych dla elementów poddanych działaniu naprężeń nie pochodzących jedynie od statycznego ciśnienia obliczeniowego (por. tab. 2.3). Dla stacjonarnej aparatury ciśnieniowej najczęściej $C_3=0$.

Tabela 3.4

Maksymalne odchyłki minusowe blach hutniczych

Materiał					
Stal węglowa			Stal stopowa		
Zakres wykonania					
Grubość	Szerokość	Odchyłka, C_1^i	Grubość	Szerokość	Odchyłka, C_1^i
mm					
5	2000	0,5	3	1000	0,3
6÷7	2000	0,6	4	1000	0,4
8÷10	2500	0,8	5÷7	1000	0,6
11÷24	3000	0,8	8÷20	1000 i więcej	0,8
26÷30	3000	0,9	21÷30	powyżej 1000	0,9

Tabela 3.5

Określenie naddatku eksploatacyjnego^{*)}

Szybkość korozji, s mm/rok	Naddatek, C_2 mm	Przeznaczenie ogólne elementu (wyrobu hutniczego)
<0,01	0	do budowy aparatury procesowej
0,01÷0,1	0,1 τ	jak wyżej, ale z naddatkiem C_2
0,1÷0,5	0,5 τ	do budowy aparatury z materiałów niedeficytowych
0,5÷1,0	τ	do budowy prostej aparatury i na elementy mało odpowiedzialne
1,0÷1,5	1,5 τ	na części wymienne (mieszadła, wężownice, itp.)
1,5÷2,0	2 τ	do budowy taniej aparatury o dużej grubości ścianki (kotły, kolumny, wieże, itp.)
2,0÷3,0	3 τ	na często wymieniane części aparatury
3,0÷6,0	6 τ	na elementy bardzo często wymieniane (rury, bełkotki, itp.)
6,0÷10	-	na bardzo często wymieniane elementy (przy $g > 15$ mm)
>10	-	zastosowanie ograniczone

*) przy $C_2 = s_{\max} \tau$ (τ - okres eksploatacji aparatury w latach)

Sumaryczny naddatek konstrukcyjny grubości ścianki elementu

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (3-8)$$

Wynikająca z powyższego grubość nominalna

$$g_n = g_o + C \quad (3-9)$$

W przypadku przeznaczenia na element konstrukcyjny gotowego wyrobu hutniczego (blacha, rura, itp), za grubość nominalną przyjmuje się najbliższą - wynikającą z wzoru (3-6) lub (3-9) - większą wartość katalogową, zgodnie z typoszeregiem produkcji danego wyrobu. Przykładowy szereg grubości blach oraz zasadnicze wymiary rur znajdujących zastosowanie przy wytwarzaniu aparatury procesowej wskazano w tabeli 3.6.

Tabela 3.6

Wyroby hutnicze przeznaczone na elementy aparatury

a) blachy

Materiał	Grubość, mm														
	Stal węglowa	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Stal odporna na korozję	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22
Stal platerowana blachą odporną na korozję	6	8	10	12	16	20	24	28							

b) rury¹⁾

Materiał	Średnica zewnętrzna, mm					
	Stal (rury ogólnodostępne)	20÷26,9	30	31,8÷38	42,4÷57	60,8÷76,1
Grubość ścianki, mm						
2,3÷4,0		2,6÷4,5	2,9÷4,5	2,9÷6,3	3,2÷10	3,6÷12,6
Średnica zewnętrzna, mm						
108÷133		139,7÷159	168,3	193,7	219	244,5÷273
Grubość ścianki, mm						
4÷14,2		4,5÷16	5÷20	5,6÷20	6,3÷22,2	7,1÷25
Średnica zewnętrzna, mm						
323,9		355,6	406,4	457	508	
Grubość ścianki, mm						
8÷30		8,8÷30	10÷30	11÷30		
1) średnica rury z typoszeregu (wg PN/H-74219): 20; 21,3; 25; 26,9; 30; 31,8; 33,7; 38; 42,4; 44,5; 48,3; 51; 54; 57; 60,3; 70; 76,1; 88,9; 101,6; 108; 114,3; 133; 139,7; 159; 168,3; 193,7; 219; 244,5; 273; 323,9; 355,6; 406,4; 457; 508 mm; grubość ścianki: 2; 2,3; 2,6; 2,9; 3,2; 3,6; 4; 4,5; 5; 5,6; 6,3; 7,1; 8; 8,8; 10; 11; 12,5; 14,2; 16; 17,5; 20; 22,2; 25; 28; 30 mm;						

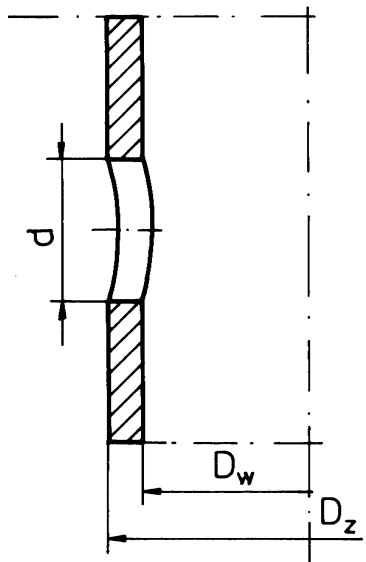
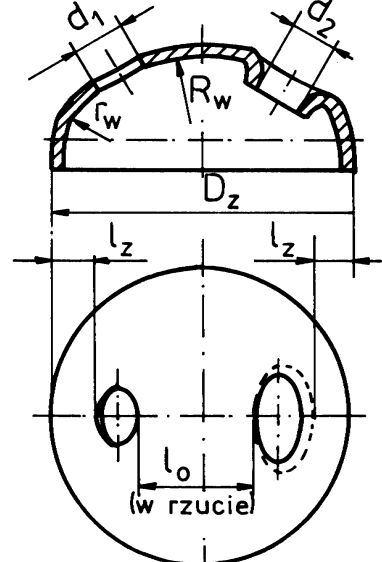
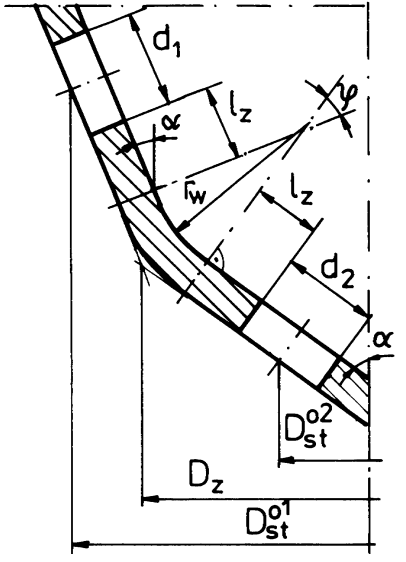
3.4. Otwory w elementach aparatury

Konieczny wymiar, kształt oraz rozmieszczenie otworów w elementach aparatury, wynika nie tylko z potrzeb techniczno-konstrukcyjnych (uzyskanie określonego ukształtowania aparatu), lecz także z przesłanek wytrzymałościowych. Ograniczenia z tym związane kojarzy się zasadniczo z ogólnym osłabieniem elementu wskutek ubytku materiału, a w szczególności ze zmianą na niekorzyść stanu wyężenia ścianki w otoczeniu otworu.

Istotnym zagadnieniem, wynikającym z osłabienia elementu w otoczeniu otworu, jest kontrola rozmiarów tego osłabienia. Od strony postaci konstrukcyjnej elementów aparatury (szczególnie ciśnieniowej) są ustalone pewne zasady, które wyznaczają warunki stosowania i rozmieszczania otworów w elementach. Na niektóre najważniejsze wymagania w tym zakresie wskazuje się w tablicy 3.7.

Tablica 3.7

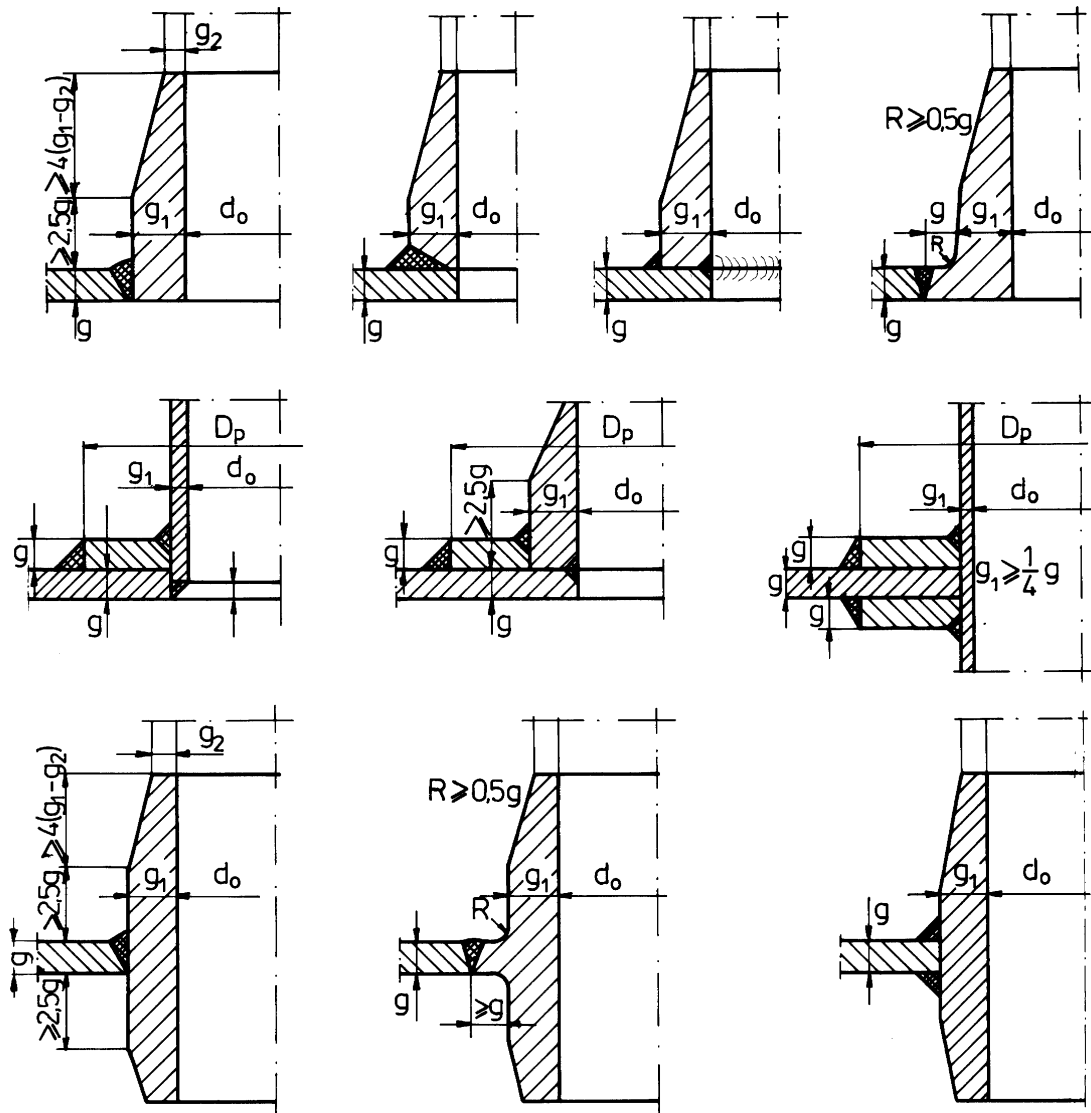
Wymagania dla stosowania otworów w elementach aparatury ciśnieniowej

Element walcowy	Dno wyoblone	Element stożkowy
		
Przy $D_z \geq 1500$ mm $d \leq 0,35 D_z$	$l_z \geq 0,1 D_z$ ¹⁾ $l_o \geq d_{\min}$ ²⁾	$l_z \geq 0,5 \sqrt{\frac{D_z g_o}{\cos(\alpha)}}$
Przy $D_z < 1500$ mm $500 \text{ mm} \geq d \leq 0,5 D_z$	1) przy $l_z < 0,1 D_z$ dopuszcza się jeden otwór $d \leq 65$ mm, o ile uwzględniono taki stan rzeczy w obliczeniach;	Dopuszczalny wymiar otworu ustala się wg wymagań podanych dla elementu walcowego, przyjmując $D = D_{st}^0$
Dla $p_o \leq 0,07$ MPa $d \leq D_w$		
Dla $0,07 < p_o \leq 2$ MPa oraz $D_w \leq 170$ mm $d \leq D_w$		
Uwagi: a) wymiar d odnosi się także do największego rozmiaru otworu niekołowego; b) warunek $l_o \geq d_{\min}$ dotyczy i innych elementów aparatury, w których występuje więcej niż jeden otwór (z wyjątkiem den sitowych)		

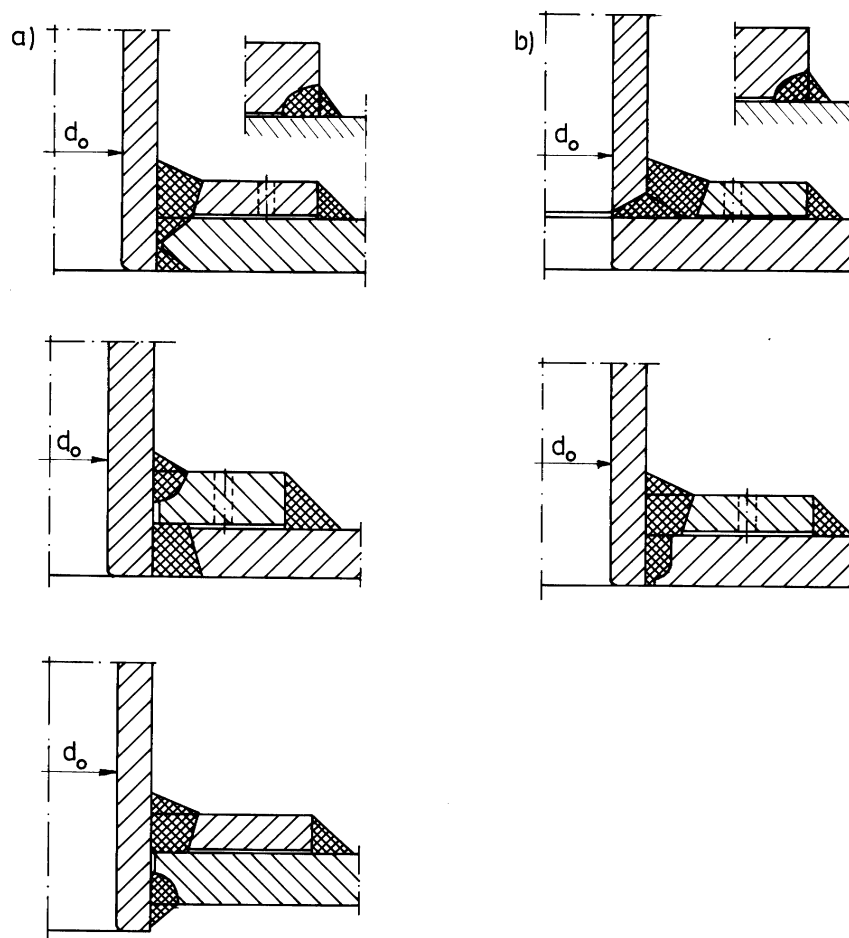
Z kolei w zakresie szczegółowych obliczeń konstrukcyjnych, kontrola ta polega z zasady na ustaleniu i porównaniu straconej (wskutek wycięcia otworu) ilości materiału, z ilością uzupełniającą taki ubytek, a jednocześnie wzmacniającą ściankę elementu w otoczeniu otworu. Szczegółowe w tym zakresie wytyczne obliczeń konstrukcyjnych określone są m.in. w wymaganiach dozoru technicznego (pkt 3.5).

Dalsze postępowanie sprowadza się do określenia sposobu rozmieszczenia wokół otworu dodatkowego materiału wzmacniającego oraz wskazania na warunki wykonania połączenia ścianka-wzmocnienie. Bez względu na sposób wzmocnienia, jego elementy rozmieszcza się tak by jak najwięcej materiału uzupełniającego znajdowało się w otoczeniu krawędzi otworu - korzystnie w symetrycznym ułożeniu. Na wynikające stąd popularne sposoby wzmocnienia wskazuje się na rys. 3.1; inne przykłady konstrukcyjne zawarto także w rozdz. 7.

Wzajemne połączenie elementów w obszarze wzmocnienia rozwiązuje się w takiej formie, aby obszar ten stanowił pewną całość pod względem wytrzymałościowym (wspólne odkształcenie elementów - korzystnie w tym samym kierunku). Warunkowi temu odpowiadają przykłady z rys. 3.1, a także na rys. 3.2. Szczegółowe warunki łączenia elementów w otoczeniu otworu podaje się także w rozdz. 4 (tablica 4.24).



Rys. 3.1. Konstrukcja wzmocnienia elementu w połączeniu z króćcem



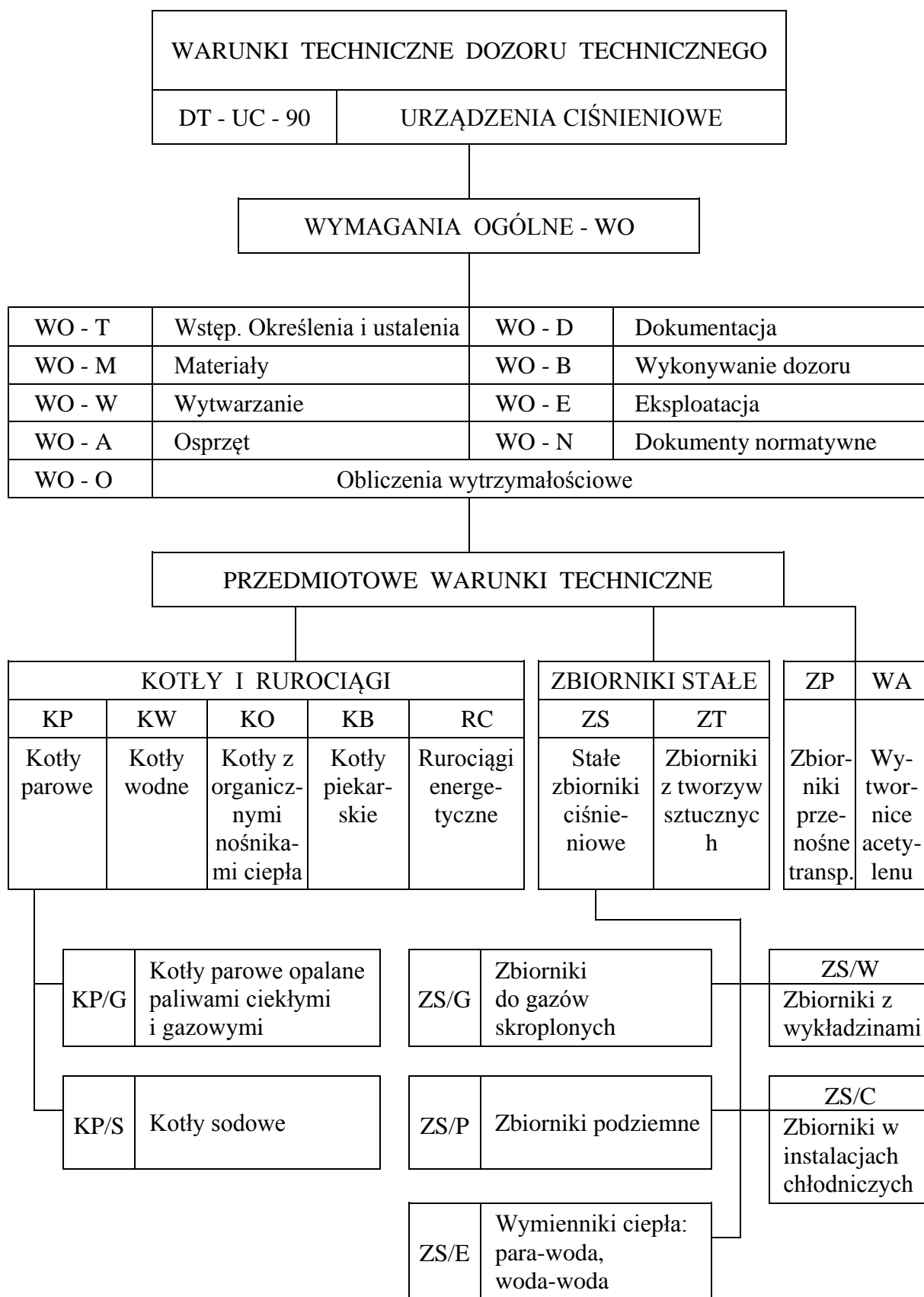
Rys. 3.2. Wykorzystanie pierścienia wzmacniającego w połączeniu króćca ze ścianką aparatu:
a) przy dostępie obustronnym; b) z możliwością spawania tylko od zewnątrz

3.5. Wymagania i wytyczne dozoru technicznego (UDT)

Ze względu na charakter konstrukcji i jej przeznaczenie, aparat ciśnieniowy ($p_o > 0,07$ MPa) podlega odbiorowi przez UDT. Dlatego też wymiarowanie aparatury ciśnieniowej, np. ustalenie grubości ścianki jej elementów, musi być dodatkowo sprawdzone według określonych wymagań dozoru technicznego. W przypadku tym obliczenia wytrzymałościowe oparte są głównie na metodzie naprężeń dopuszczalnych, uwzględniającej odpowiednie współczynniki wytrzymałościowe związane z występowaniem cech konstrukcyjnych osłabiających elementy aparatury (spoina, otwór itp.) oraz uwzględniające eksploatację aparatury w podwyższonej temperaturze.

W praktycznym zastosowaniu, wymagania konstrukcyjne, metody i wzory do obliczeń wytrzymałościowych wielu elementów aparatury procesowej ujęte są w formie tzw. Warunków Technicznych Dozoru Technicznego. Ich strukturę – w odniesieniu do aparatury ciśnieniowej – przedstawiono na rys. 3.3.

Wybrane fragmenty takich warunków, w zakresie obliczania najczęściej stosowanych elementów aparatury typu zbiornikowego i płaszczowo-rurkowego, zestawiono w tabelicy 3.8; warunki te (za zgodą Urzędu Dozoru Technicznego), przedstawiono w formie powielonej, dając czytelnikowi możliwość zapoznania się z ich oryginalną postacią (*stan prawny z 1991 r.*).



Rys. 3.3. Układ warunków technicznych dozoru technicznego (urządzenia ciśnieniowe) – stan prawny z 1991 r. (por. pkt 4.1)

Katalog warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie obliczeń wytrzymałościowych

URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO	WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO	DT-UC-90
	Urządzenia ciśnieniowe OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE Wymagania ogólne	WO-O/00
1. WSTĘP		
1.1. Przedmiot warunków technicznych		
Przedmiotem niniejszych warunków technicznych dozoru technicznego są wymagania ogólne dotyczące obliczeń wytrzymałościowych elementów urządzeń ciśnieniowych zbudowanych z metali i ich stopów.		
1.2. Zakres stosowania		
Niniejsze warunki techniczne należy stosować łącznie z odpowiednimi warunkami technicznymi dotyczącymi obliczeń wytrzymałościowych poszczególnych elementów urządzeń ciśnieniowych. Warunki techniczne dotyczą obliczeń wytrzymałościowych elementów podlegających wyłącznie obciążeniom statycznym, w których nie zachodzi potrzeba uwzględniania naprężeń temperaturowych. Elementy urządzeń ciśnieniowych, dla których brak jest metod obliczeniowych w warunkach technicznych dozoru technicznego mogą być obliczane wg warunków technicznych opracowanych przez projektanta i zatwierdzonych przez właściwy organ dozoru technicznego		
1.3. Oznaczenia podstawowe - wg tablicy 1		
1.4. Określenia		
1.4.1. Temperatura graniczna dla danego gatunku stali - temperatura określona punktem przecięcia funkcji		
$R_e^t = f(t)$ i $R_{z(t)} = f(t)$		
1.4.2. Pozostałe określenia - wg DT-UC-90/WO-T.		

1	2	3
c_2	mm	eksploatacyjny naddatek grubości ścianki
c_3	mm	
x, x_m		naddatek grubości ścianki za względu na występowanie w niej dodatkowych naprężeń nie pochodzących od ciśnienia
E	MPa	współczynniki bezpieczeństwa dla określenia naprężeń dopuszczalnych w temperaturze obliczeniowej
E_t	MPa	moduł sprężystości podłużnej w temperaturze 20°C
z		moduł sprężystości podłużnej w temperaturze obliczeniowej
		współczynnik wytrzymałościowy.

2. CIŚNIENIE OBLICZENIOWE

2.1. Wartość ciśnienia obliczeniowego urządzenia ciśnieniowego (elementu) obciążonego tylko nadciśnieniem należy przyjmować jako równe najwyższej wartości nadciśnienia czynnika roboczego stykającego się z tym elementem bez uwzględnienia dopuszczalnego chwilowego wzrostu ciśnienia w czasie działania urządzeń zabezpieczających.

Ciśnienie hydrostatyczne cieczy należy uwzględnić przy ustaleniu wartości ciśnienia obliczeniowego, jeżeli wartość ciśnienia hydrostatycznego przekracza 5 % wartości ciśnienia obliczeniowego.

Elementy lane na ciśnienie obliczeniowe niższe niż 0,134 MPa należy obliczać na ciśnienie 0,134 MPa.

Elementy nielane na ciśnienie obliczeniowe niższe niż 0,4 MPa należy również sprawdzić na ciśnienie 0,8 p_{pr} przy naprężeniach dopuszczalnych dla $t_o = 20^\circ\text{C}$.

2.2. Wartość ciśnienia obliczeniowego elementu obciążonego podciśnieniem należy przyjmować jako równą największej wartości podciśnienia jakie występuje podczas ruchu urządzenia. W razie braku zabezpieczenia przed przekroczeniem podciśnienia wartość tego podciśnienia należy przyjąć równą 0,1 MPa.

2.3. Wartość ciśnienia obliczeniowego wspólnej ścianki sąsiednich przestrzeni ciśnieniowych.

Wspólna ścianka sąsiednich przestrzeni ciśnieniowych powinna być obliczana kolejno na ciśnienie obliczeniowe każdej z tych przestrzeni. Wartość ciśnienia obliczeniowego może być przyjęta jako równa różnicy ciśnień panujących w sąsiednich przestrzeniach tylko wtedy, gdy zachodzi całkowita pewność, iż projektowana różnica ciśnień jest nie mniejsza niż ta, która może wystąpić w czasie eksploatacji urządzenia.

Tablica 1

Symbol	Jednostka	Nazwa wielkości
1	2	3
p_o	MPa	ciśnienie obliczeniowe
p_{pr}	MPa	ciśnienie próbne
p_r	MPa	najwyższe ciśnienie robocze
t_o	°C	temperatura obliczeniowa
t_m	°C	temperatura czynnika roboczego
k	MPa	naprężenie dopuszczalne w temperaturze obliczeniowej
R_m	MPa	wytrzymałość na rozciąganie w temperaturze 20°C
R_{mt}	MPa	wytrzymałość na rozciąganie w temperaturze obliczeniowej
$R_{0,2}$	MPa	umowna granica plastyczności dla wydłużenia trwałego 0,2 % w temperaturze 20°C
$R_{0,2}^t$	MPa	umowna granica plastyczności dla wydłużenia trwałego 0,2 % w temperaturze obliczeniowej
$R_{1,0}^t$	MPa	umowna granica plastyczności dla wydłużenia trwałego 1 % w temperaturze obliczeniowej
R_e	MPa	wyraźna granica plastyczności w temperaturze 20°C
R_e^t	MPa	wyraźna granica plastyczności w temperaturze obliczeniowej
$R_{z(10^4)_t}$	MPa	wytrzymałość na pełzanie po czasie odpowiednio 10 ⁴ h, 10 ⁵ h, 2 · 10 ⁵ h, w temperaturze obliczeniowej
$R_{z(10^5)_t}$	MPa	
$R_{z(2 \cdot 10^5)_t}$	MPa	
$R_{z(\tau)_t}$	MPa	
$R_{1(10^5)_t}$	MPa	
g_o	mm	graniczna grubość ścianki obliczeniowa
g	mm	wymagana obliczeniami najmniejsza grubość ścianki
g_n	mm	nominalna grubość ścianki
g_{rz}	mm	rzeczywista grubość ścianki
c	mm	sumaryczny naddatek do obliczeniowej grubości ścianki
c_1	mm	technologiczny naddatek grubości ścianki

3. TEMPERATURA OBLICZENIOWA

3.1. Wartość temperatury obliczeniowej elementu należy przyjmować jako równą najwyższej temperaturze, jaką ścianka elementu może mieć podczas pracy urządzenia ciśnieniowego, jednak nie mniejszą niż 20 °C. Wartość temperatury obliczeniowej należy ustalać na podstawie obliczeń cieplnych lub doświadczalnie. Dla elementów nie ogrzewanych temperaturę obliczeniową przyjmuje się równą najwyższej temperaturze czynnika roboczego stykającego się z tym elementem.

Tablica 2

Lp	Rodzaj elementu	Temperatura obliczeniowa elementu (t_o)			
		nieogrzewanego	zaizolowanego	ogrzewanego	
				konwekcyjnie	przez promieniowanie
1	Rury podlegające ciśnieniu wewnętrznemu zawierające wodę ciekłą lub parę nasyconą	$t_o = t_m$	$t_o = t_m + 20^\circ\text{C}$	$t_o = t_m + 25^\circ\text{C}$	$t_o = t_m + 50^\circ\text{C}$
2	Elementy przegrzewaczy	$t_o = t_m + 15^\circ\text{C}$	$t_o = t_m + 20^\circ\text{C}$	$t_o = t_m + 35^\circ\text{C}$	$t_o = t_m + 50^\circ\text{C}$
3	Plomienice: gładkie			$t_o = t_m + 4g_{rz} + 30^\circ\text{C}$	
	falowane			$t_o = t_m + 3g_{rz} + 30^\circ\text{C}$	
4	Plomieniówki			$t_o = t_m + 50^\circ\text{C}$	
5	Połączenia kolnierzywo - śrubowe	$t_o = t_m$			
6	Inne elementy z wyjątkiem połączeń kolnierzywo-śrubowych	$t_o = t_m$	$t_o = t_m + 20^\circ\text{C}$	$t_o = t_m + 50^\circ\text{C}$	

*) kopia za zgodą UDT

3.2. Wartość temperatury obliczeniowej elementów kotłów parowych i wodnych można określać wg tablicy 2. Za temperaturę czynnika roboczego t_m należy przyjmować najwyższą temperaturę pary lub wody stykającej się ze ścianką obliczanego elementu. Elementy kotła można uważać za niezawodnie zaizolowane, jeżeli prześwit pomiędzy rurami ekranowymi lub płetwami na rurach nie jest większy niż 3 mm i nie może nastąpić stały przepływ spalin pomiędzy rurami i rozpatrywanymi elementami.

4. NAPRĘŻENIA DOPUSZCZALNE

4.1. Wartość dopuszczalnych naprężeń k w stalowych i staliwnych ściankach elementów należy ustalać następująco:

a) dla temperatur obliczeniowych nie przekraczających temperatury granicznej dla danego gatunku stali należy wyznaczyć wg wzoru (1):

$$k = \frac{R_e^t}{x} \quad (1)$$

w którym:

x - wg odpowiednich arkuszy DT-UC-90/WO-O dotyczących obliczenia poszczególnych elementów urządzeń ciśnieniowych,
b) dla temperatur obliczeniowych przekraczających temperaturę graniczną należy wyznaczać jako mniejszą z wartości obliczonych wg wzorów (2) i (3)

$$k = \frac{R_{z(\tau)t}}{x} \quad (2)$$

Wartości x należy przyjmować następująco:

1,65 - dla elementów walcowych, kołnierzy, śrub w połączeniach kołnierzo-
wych,
1,5 - dla pozostałych elementów

$$k = R_{1(\tau)t} \quad (3)$$

4.2. Wartość naprężeń dopuszczalnych k w żeliwnych, miedzianych, brązowych, mosiężnych i aluminiowych ściankach elementów należy wyznaczać wg wzoru (4)

$$k = \frac{R_m^t}{x_m} \quad (4)$$

w którym:

x_m - wg odpowiednich arkuszy DT-UC-90/WO-0/01 dotyczących obliczenia poszczególnych elementów urządzeń ciśnieniowych.

Jeżeli normy lub warunki techniczne nie zawierają wartości R_m^t , a temperatura obliczeniowa nie przekracza 200°C, naprężenia dopuszczalne można określać wg wzoru (5)

$$k = \frac{R_m}{x_m} \quad (5)$$

4.3. Własności wytrzymałościowe materiałów.

Do obliczeń należy przyjmować:

- wyraźną granicę plastyczności R_e i R_e^t lub umowną granicę plastyczności $R_{0,2}$, $R_{1,0}$, $R_{0,2}^t$, $R_{1,0}^t$,
- wytrzymałość na rozciąganie R_m , R_m^t ,
- wytrzymałość na pełzanie $R_{z(10^4)t}$, $R_{z(10^5)t}$, $R_{z(2 \cdot 10^5)t}$
- granicę pełzania $R_{1(10^5)t}$.

Dla temperatur obliczeniowych nie przekraczających 50°C własności wytrzymałościowe materiałów można przyjmować jak dla temperatury 20°C. Wartości R_e^t , $R_{0,2}^t$, $R_{1,0}^t$ oraz R_m^t należy przyjmować równe minimalnym podanym w normach dla danego materiału lub w warunkach technicznych dozoru technicznego. Wartości $R_{z(10^4)t}$, $R_{z(10^5)t}$, $R_{z(2 \cdot 10^5)t}$ oraz $R_{1(10^5)t}$ należy przyjmować równe średnim wartościom podanym w normach dla danego materiału, przy czym dolne granice rozrzutu wartości nie mogą leżeć niżej niż o 20 % od wartości średnich. Wartości liczbowe R_z dla czasów pośrednich między $10^4 h$, $10^5 h$ i $2 \cdot 10^5 h$ należy ustalać przez interpolację liniową w układzie podwójnie logarytmicznym.

5. GRUBOŚCI ŚCIANKI I NADDATKI

5.1. Grubość ścianki.

5.1.1. Najmniejszą wymaganą grubość ścianki elementu wyznacza się wg wzoru (6):

$$g = g_0 + c_2 + c_3 \quad (6)$$

5.1.2. Grubość nominalna wyrobu hutniczego przeznaczonego na element urządzenia ciśnieniowego lub grubość nominalna gotowego elementu powinna spełniać wymagania wzoru (7)

$$g_n \geq g + c_1 \quad (7)$$

5.1.3. Rzeczywistą grubość ścianki elementu wyznacza się wg wzoru (8):

$$g_{rz} = g_n - c_1 \quad (8)$$

5.2. Naddatki

5.2.1. Sumaryczny naddatek grubości ścianki c wyznacza się wg wzoru (9)

$$c = c_1 + c_2 + c_3 \quad (9)$$

5.2.2. Technologiczny naddatek grubości ścianki (c_1) równa się sumie największej odchyłki minusowej grubości wyrobu hutniczego przewidzianej w normach lub warunkach technicznych i wartości największego ścienienia się ścianki wyrobu hutniczego w czasie jego przetwarzania na element urządzenia ciśnieniowego. Wartość tę należy określać na podstawie norm lub warunków technicznych dotyczących wytwarzania, a w razie ich braku wg ustaleń wytwórcy elementu.

5.2.3. Eksploatacyjny naddatek grubości ścianki (c_2) - naddatek grubości ścianki na zmniejszenie jej grubości pod wpływem działań mechanicznych, chemicznych w trakcie eksploatacji elementu. Wartości naddatku c_2 , o ile tego nie określają inaczej odpowiednie arkusze DT-UC-90/WO-O, ustala projektant.

5.2.4. Naddatek grubości ścianki c_3 ustala projektant.

URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO		WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO	DT-UC-90
		Urządzenia ciśnieniowe OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE Elementy walcowe podlegające ciśnieniu wewnętrznemu	WO-O/01
1. WSTĘP			
1.1. Zakres stosowania			
Warunki techniczne należy stosować przy projektowaniu elementów walcowych, obciążonych ciśnieniem wewnętrznym.			
1.2. Oznaczenia			
Wg DT-UC-90/WO-O/00 oraz tablicy 1.			
Tablica 1			
Symbol	Jednostka	Nazwa wielkości	
1	2	3	
D_z	mm	średnica zewnętrzna elementu walcowego	
D_w	mm	średnica wewnętrzna elementu walcowego	
β	-	stosunek średnicy zewnętrznej do wewnętrznej	
α	-	współczynnik zależny od β	
σ_1	MPa	naprężenia obwodowe w elemencie walcowym	
σ_2	MPa	naprężenia wzdłużne w elemencie walcowym	
σ_3	MPa	naprężenia promieniowe w elemencie walcowym	
σ_g	MPa	naprężenia gnące	
M	N mm	moment gnący, wywołujący największe naprężenia gnące	
W	mm ³	wskaźnik wytrzymałości na zginanie przekroju, w którym panuje moment M	
t	mm	odległość między środkami otworów	

1.3. Określenia

1.3.1. Wartość współczynnika α należy przyjmować wg tablicy 2.

Tablica 2

β	$\leq 1,4$	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
α	1,000	1,025	1,050	1,075	1,100	1,125	1,150

1.3.2. Naprężenia dopuszczalne.

Wartość naprężeń dopuszczalnych należy obliczyć według DT-UC-90/WO-O/00 przyjmując współczynnik bezpieczeństwa jak niżej:

$x = 1,65$ - dla stali węglowych, dla których normy ustalają wymagania co do udarność, dla stali stopowych i dla stalowych rur kotłowych
 $x = 1,8$ - dla pozostałych stali węglowych
 Współczynniki bezpieczeństwa dla stalowych elementów walcowych należy przyjmować o 40% większe niż dla stali.
 Współczynnik bezpieczeństwa dla żeliwnych elementów walcowych należy przyjmować:

$$x_m = 7,0$$

Współczynniki bezpieczeństwa dla elementów walcowych wykonanych z brązu, mosiądzu, wyżarzanej miedzi i wyżarzonego aluminium należy przyjmować:

$$x_m = 4,0$$

1.3.3. Współczynnik wytrzymałościowy z ustala się dla poszczególnych miejsc elementu walcowego w następujący sposób:

a) dla miejsc nie posiadających złączy spawanych lub zgrzewanych ani osłabionych otworami

$$z = 1$$

b) dla miejsc posiadających złącza spawane lub zgrzewane:

$$z = z_b$$

z_b - współczynnik wytrzymałościowy złącza według DT-UC-90/WO-W/11

c) dla miejsc posiadających złącza luto-spawane na zakładkę:

$$z = 1$$

pod warunkiem, że szerokość zakładki wynosi co najmniej sześć nominalnych grubości blachy.

d) dla miejsc osłabionych otworami jest równy najmniejszej z wartości z_1 , z_2 , z_{zred} i z_o , przy czym za z_2 należy przyjąć nie więcej niż 1,0 gdzie:

z_1 - współczynnik wytrzymałościowy mostków wzdłużnych utworzonych przez rząd otworów
 z_2 - współczynnik wytrzymałościowy mostków obwodowych utworzonych przez rząd otworów
 z_{zred} - zredukowany na kierunek wzdłużny najmniejszy współczynnik wytrzymałościowy mostka skośnego między otworami ustalonymi zgodnie z pkt. 1.3.5.
 z_o - najmniejsza wartość współczynnika wytrzymałościowego dla pojedynczych otworów.

1.3.4. Współczynnik β w zależności od średnicy zewnętrznej D_z i nominalnej grubości ścianki g oblicza się wg wzoru:

$$\beta = \frac{D_z}{D_z - 2g_n} \quad (1)$$

W gotowych elementach walcowych, w których można zmierzyć średnicę zewnętrzną D_z i grubość ścianki g_{rz} współczynnik β oblicza się następująco:

$$\beta = \frac{D_z}{D_z - 2g_{rz}} \quad (2)$$

1.3.5. Obliczenie współczynników wytrzymałościowych z_1 , z_2 , z_{zred} i z_o .

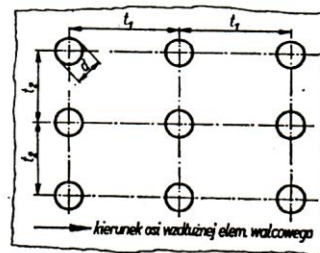
1.3.5.1. W elementach walcowych dla miejsc osłabionych otworami o średnicy d , rozłożonymi (w stosunku do osi wzdłużnej elementu) wg rys. 1 współczynniki wytrzymałościowe mostków wzdłużnych z_1 i mostków obwodowych z_2 oblicza się ze wzorów:

$$z_1 = \frac{t_1 - d}{t_1} \quad (3)$$

jeżeli $t_1 = \text{const}$ i $d = \text{const}$

$$z_2 = \frac{t_2 - d}{t_2} \quad (4)$$

jeżeli $t_2 = \text{const}$ i $d = \text{const}$, przy czym t_2 należy mierzyć na średniej średnicy walca.



Rys. 1. Rozwinięcie powierzchni cylindrycznej przechodzącej przez środek grubości elementu walcowego

W przypadku gdy w otworach są spawane króćce z zastosowaniem spoiny zewnętrznej oraz wewnętrznej, za średnicę d należy przyjmować średnice wewnętrzne króćców. Spoina jednostronna łącząca króćce z elementem walcowym na całej grubości elementu jest równoważną spoinie zewnętrznej i wewnętrznej.

1.3.5.2. Współczynnik wytrzymałościowy poszczególnych mostków skośnych (rys. 2), utworzonych na skutek przestawnego rozmieszczenia otworów, zredukowany na kierunek wzdłużny elementu walcowego, oblicza się ze wzoru:

$$z_{zred} = K \cdot z_s \quad (5)$$

w którym po wprowadzeniu dla każdego mostka wielkości pomocniczych

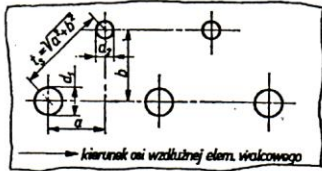
$$m = \frac{b}{a} \quad (6)$$

$$t_s = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (7)$$

wielkość z_s oraz K wyraża się wzorami:

$$z_s = \frac{t_s - 0,5(d_1 + d_2)}{t_s} \quad (8)$$

$$K = \frac{1 + m^2}{\sqrt{(1 + 0,5m^2)^2 + m^2}} \quad (9)$$



Rys. 2. Rozwinięcie powierzchni cylindrycznej przechodzącej przez środek grubości elementu walcowego

Współczynniki obliczone według wzoru (3) i (5) nie powinny być mniejsze od 0,4, a według wzoru (4) nie mniejsze od 0,3.

1.3.5.3. Współczynnik wytrzymałościowy z_o wyznacza się dla poszczególnych otworów o średnicy d_1, d_2, d_3, \dots z tablicy 3.

Tablica 3.

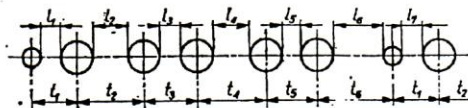
ω	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
z_o	1,00	0,80	0,64	0,53	0,44	0,32	0,24	0,18

Dla wartości pośrednich należy stosować interpolację

$$\omega = \frac{d}{\sqrt{D_z \cdot g_{rz}}}$$

1.3.5.4. Jeżeli otwory w rzędzie mają różne średnice lub różne odstępki (rys.3.), to współczynnik wytrzymałościowy mostków wzdłużnych lub obwodowych oblicza się jako równy:

$$\frac{l_1 + l_2 \dots + l_n}{t_1 + t_2 \dots + t_n} \quad (10)$$



Rys. 3

1.3.5.5. Dla dwóch odosobnionych otworów w elemencie walcowym współczynniki wytrzymałościowe z_1, z_2 oraz z_3 można obliczyć ze wzorów:

a) dla mostka wzdłużnego

$$z_1 = \frac{t - d}{t - 0,6d} \quad (11)$$

b) dla mostka obwodowego

$$z_2 = \frac{t - d}{t - 0,5d} \quad (12)$$

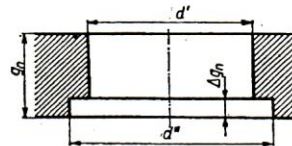
c) dla mostka skośnego

$$z_3 = \frac{t - d}{t - 0,4d} \quad (13)$$

1.3.5.6. Jeżeli otwory mają różne średnice, to do wzoru (11), (12) i (13) należy za d wstawić średnią arytmetyczną obu średnic.

1.3.5.7. Jeżeli otwór w elemencie walcowym ma dwie średnice (rys.4), przy czym $\Delta g_n > 0,15 g_n$, to za średnicę otworu wstawia się do wzorów (3), (4), (8), (11), (12) i (13) średnicę d , obliczoną według wzoru:

$$d = d' + \frac{\Delta g_n}{g_n} (d' - d'') \quad (14)$$



Rys. 4

2. WYMAGANIA KONSTRUKCYJNE

Rzeczywista grubość ścianki elementu walcowego z zawalcowanymi rurami powinna wynosić co najmniej 14mm.

3. OBLICZANIE GRUBOŚCI ŚCIANEK

3.1. Obliczeniową grubość ścianek elementów walcowych, dla których $\beta \leq 2$, należy obliczać według jednego z następujących wzorów:

$$g_o = \frac{p_o \cdot D_z}{\alpha \cdot k \cdot z + p_o} \quad (15)$$

$$g_o = \frac{p_o \cdot D_w}{\alpha \cdot k \cdot z - p_o} \quad (16)$$

α - według tablicy 2.

Dla elementów wykonanych z rur należy stosować wzór (16).

3.2. Sprawdzenie poziomego elementu walcowego na dodatkowe naprężenia gnące, wywołane ciężarem własnym oraz innymi obciążeniami. Sprawdzenie na dodatkowe naprężenia gnące polega na ustaleniu, czy spełniona jest zależność:

$$\left(\sigma_1 - \frac{\sigma_2}{z_2} - \sigma_g^2\right) + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + \left(\frac{\sigma_2}{z_2} + \sigma_g - \sigma_3\right)^2 \leq 2k^2 \quad (17)$$

gdzie poszczególne naprężenia wynoszą:

$$\sigma_1 = \frac{p_o \cdot D_w}{2 \cdot g_{rz}} \quad (18)$$

$$\sigma_2 = \frac{p_o \cdot D_w^2}{4(D_w + g_{rz}) \cdot g_{rz}} \quad (19)$$

$$\sigma_3 = -\frac{p_o}{2} \quad (20)$$

$$\sigma_g = \frac{M}{W} \quad (21)$$

Przy obliczaniu wskaźnika wytrzymałości należy uwzględnić otwory w przekroju. Jeżeli nie spełniona jest zależność podana we wzorze (17), to należy drogą zmian konstrukcyjnych obniżyć σ_g lub zwiększyć grubość ścianki.

URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO		WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO	DT - UC - 90
		Urządzenia ciśnieniowe OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE Elementy walcowane podlegające ciśnieniu zewnętrznemu z wyłączeniem płomienic i płomieniówek	WO-O/02
1. WSTĘP			
1.1. Zakres stosowania			
Warunki techniczne należy stosować przy projektowaniu elementów walcowych, obciążonych ciśnieniem zewnętrznym z wyłączeniem płomienic i płomieniówek.			
1.2. Oznaczenia			
Wg DT-UC-90/WO-O/00 oraz tablicy 1.			
Tablica 1			
Symbol	Jednostka	Nazwa wielkości	
D_z	mm	średnica zewnętrzna elementu walcowego	
D_w	mm	średnica wewnętrzna elementu walcowego	
L_o	mm	długość obliczeniowa elementu walcowego	
p_{kr}	MPa	ciśnienie krytyczne	
S	-	współczynnik bezpieczeństwa na stateczność postaci	
n	mm	nieokrągłość bezwzględna elementu walcowego (rys. 3)	
D_{max} D_{min}	mm	maksymalne i minimalne średnice wewnętrzne lub zewnętrzne elementu walcowego (rys. 3)	

1.3. Określenia

1.3.1. Element walcowy - element o przekroju kołowym.

1.3.2. Długość obliczeniowa elementu walcowego bez pierścieni wzmacniających jest to długość między usztywnionymi obwodami na obu końcach (np. kołnierzami, wyobleniami den itp. - rys. 1).

1.3.3. Długość obliczeniowa elementu walcowego z pierścieniami wzmacniającymi jest to długość między osiami sąsiednich pierścieni wzmacniających (rys. 4 - 6).

1.3.4. Pierścień wzmacniający jest to pierścień umieszczony zewnątrz lub wewnątrz elementu walcowego skutecznie go usztywniający celem zmniejszenia długości obliczeniowej.

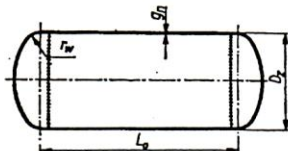
1.3.5. Ciśnienie krytyczne jest to ciśnienie zewnętrzne, powodujące zakłębienie elementu walcowego.

1.3.6. Współczynnik bezpieczeństwa na stateczność postaci jest równy ilorazowi ciśnienia krytycznego i ciśnienia obliczeniowego

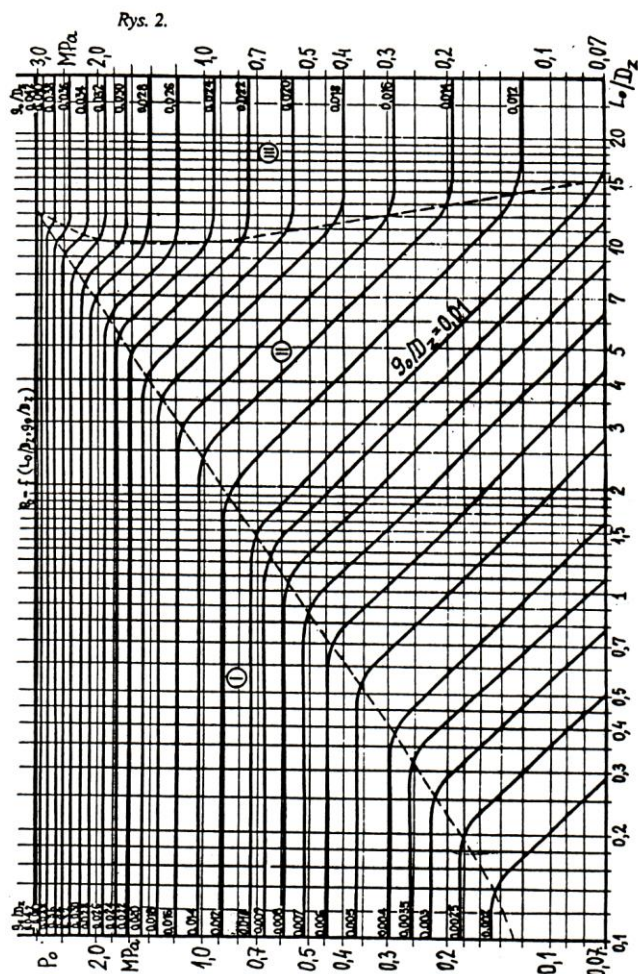
$$S = \frac{p_{kr}}{p_o} \quad (1)$$

1.3.7. Nieokrągłość bezwzględna elementu walcowego jest to maksymalna różnica między największą, a najmniejszą średnicą

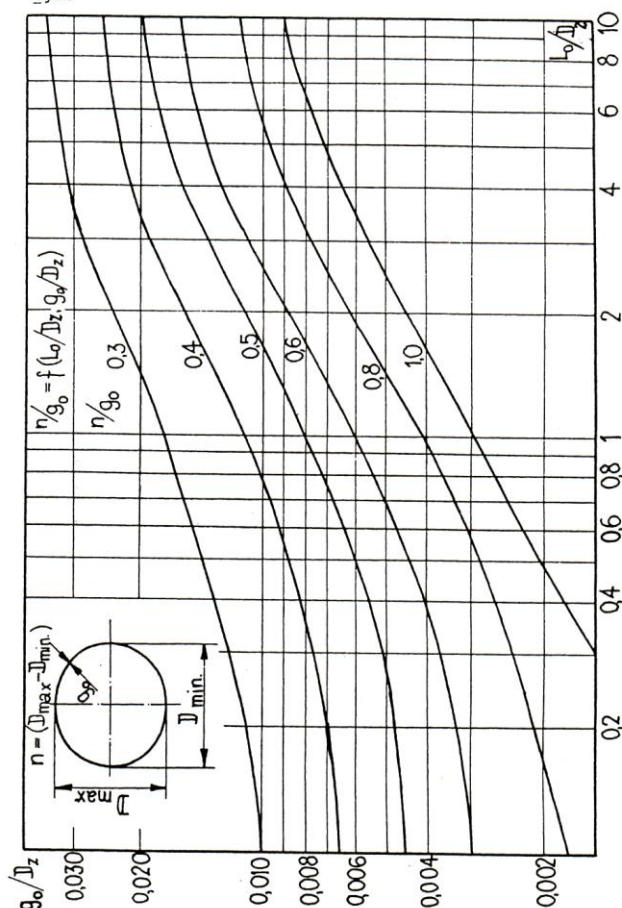
$$n = D_{max} - D_{min} \quad (2)$$

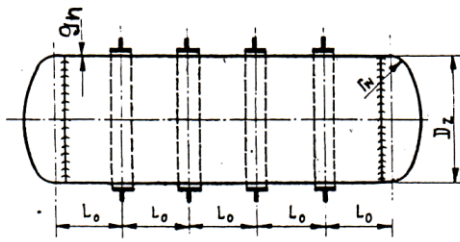


Rys. 1

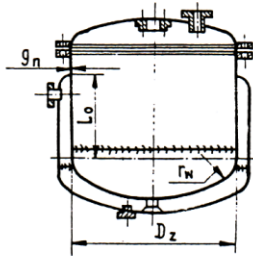


Rys. 3

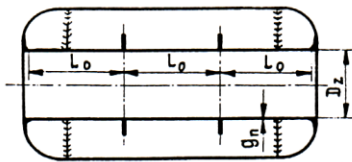




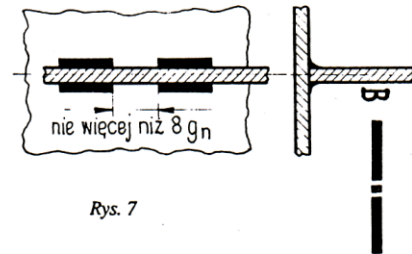
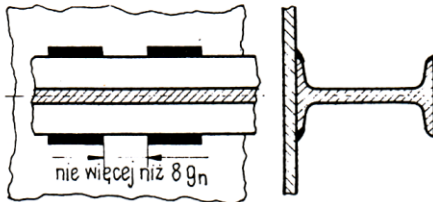
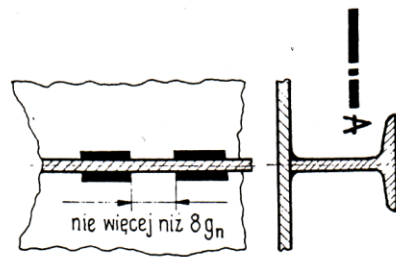
Rys. 4



Rys. 5



Rys. 6



Rys. 7

11.3.8. Podział elementów ze względu na grubość ścianki. Rozróżnia się elementy grubościennne i cienkościennne. Elementy cienkościennne są to elementy walcowe, dla których

$$\frac{g_n}{D_w} \leq 0,05 \quad (\text{czyli } \beta \leq 1,1)$$

Elementy nie spełniające tego warunku zalicza się do grubościennych.

1.3.9. Podział elementów cienkościennych ze względu na długość. Elementy cienkościennne dzielą się na krótkie, średnie i długie:

- element jest krótki, jeżeli wartości $\frac{L_0}{D_z}$ i $\frac{g_0}{D_z}$ wyznaczają na wykresie (rys. 2) punkt leżący w polu I
- element jest średni, jeżeli punkt wyznaczony wartościami $\frac{L_0}{D_z}$ i $\frac{g_0}{D_z}$ leży w polu II (rys. 2)
- element jest długi, jeżeli wartości $\frac{L_0}{D_z}$ i $\frac{g_0}{D_z}$ wyznaczają na wykresie punkt leżący w polu III (rys. 2)

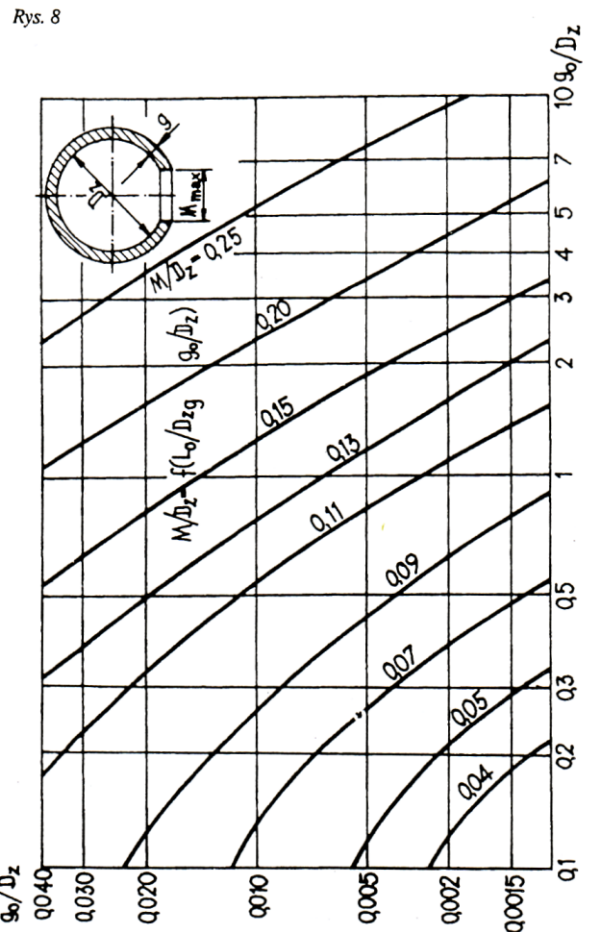
1.3.10. Nieokrągłość bezwzględna elementu, z jaką może być wykonany element walcowy, powinna być podana na rysunku przez projektanta.

2. WYMAGANIA KONSTRUKCYJNE

2.1. Grubość ścianki.

Grubość ścianki stalowego elementu walcowego podlegającego ciśnieniu zewnętrznemu nie powinna być mniejsza od grubości obliczeniowej dla tego elementu przy założeniu, że ciśnienie obliczeniowe działa na jego wewnętrzną powierzchnię.

2.2. Pierścienie wzmacniające, umieszczone na elemencie walcowym w celu zmniejszenia grubości jego ścianki powinny odpowiadać następującym wymaganiom:



Rys. 8

a) osie poszczególnych przekrojów poprzecznych pierścienia powinny leżeć w jednej płaszczyźnie prostopadłej do osi elementu walcowego

b) moment bezwładności I poprzecznego przekroju pierścienia (zewnątrznego lub wewnętrznego), obliczony w stosunku do osi obojętnej, równoległej do osi elementu powinien wynosić:

$$I = 0,175 \frac{D_z^3 \cdot L_o \cdot p_o}{E_t} \text{ mm}^4 \quad (3)$$

i ze względu na współpracę z elementem walcowym moment ten może być tylko nieznacznie większy niż wypada z powyższego wzoru.

c) pierścień wzmacniający zewnętrzny powinien obejmować cały obwód elementu walcowego (przykłady pierścieni uwidocznione są na rys. 7).

d) przerwa w wewnętrznym pierścieniu wzmacniającym jest dopuszczalna, jeżeli jej długość mierzona po cięciwie łuku nie przekracza wartości M , wyznaczonej z wykresu (rys. 8). W tym przypadku pierścienie powinny być ze sobą mocno połączone poprzeczką, bądź też zastosowany zewnętrzny pierścień kompensacyjny. Jeżeli długość przerwy pierścienia (rys. 8) jest większa od wartości M , wyznaczonej z wykresu, powinien być zastosowany zewnętrzny pierścień kompensacyjny. Moment bezwładności pierścienia kompensacyjnego powinien odpowiadać wymaganiom określonym w p. b) dla pierścieni wzmacniających. Długość pierścienia kompensacyjnego powinna być taka, aby pokrywał on nie tylko przerwę w pierścieniu wzmacniającym, ale również jego końcówki na długości wynoszącej co najmniej $4g$, nie mniej jednak niż 50 mm.

e) otwory w wewnętrznym pierścieniu wzmacniającym są dopuszczalne jeżeli moment bezwładności w najbardziej osłabionym przekroju pierścienia będzie spełniał wymagania p. b)

f) spoiny ciągle lub przerywane, łączące pierścień wzmacniający z elementem walcowym, powinny być wykonane z każdej strony pierścienia na długości równej co najmniej połowie jego obwodu. Przerwa między sąsiednimi odcinkami spoin nie może być większa niż $8g$, a bok spoiny pachwinowej powinien być równy mniejszej grubości łączonych ścianek.

g) łączenie ze sobą pierścieni wzmacniających elementami dodatkowymi lub stosownie na elemencie walcowym wzmocnień miejscowych (poza wzmocnieniem pojedynczych otworów - p.e) jest niedopuszczalne.

3.OBLICZANIE GRUBOŚCI ŚCIANKI ELEMENTÓW WALCOWYCH CIENKOŚCIENNYCH BEZ PIERŚCIENI WZMACNIAJĄCYCH

3.1. Grubość ścianki elementu krótkiego oblicza się ze wzoru:

$$p_o = 0,38 \cdot \frac{g_o}{D_z} \cdot R'_e \quad (4)$$

3.2. Grubość ścianki elementu średniego oblicza się ze wzoru:

$$p_o = \frac{0,52 \cdot E_t \cdot \left(\frac{g_o}{D_z}\right)^2 \cdot \sqrt{\frac{g_o}{D_z}}}{\frac{L_o}{D_z} - 0,45 \cdot \sqrt{\frac{g_o}{D_z}}} \quad (5)$$

3.3. Grubość ścianki elementu długiego oblicza się ze wzorów:

a) dla $\frac{g_o}{D_z} \leq 0,023$

$$p_o = 0,7 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{g_o}{D_z}\right)^3 \quad (6)$$

b) dla $\frac{g_o}{D_z} > 0,023$

$$p_o = 122 \cdot \frac{g_o}{D_z} - 1,99 \quad (7)$$

We wzorach (4), (5), (6) i (7) przyjęto $S = 5$, zatem $p_{kr} = 5 \cdot p_o$

3.4. Warunki stosowania wzorów (4), (5), (6) i (7)

Wzory te mają zastosowanie do cienkościennego elementu walcowego, dla którego:

- ciśnienie obliczeniowe $p_o = \text{const}$ działa na całą pobocznice elementu
- temperatura obliczeniowa $t_o \leq 400^\circ\text{C}$
- ciśnienie obliczeniowe $p_o \leq 3 \text{ MPa}$
- nieokrągłość bezwzględna elementu nie przekracza wartości wyznaczonej z wykresu (rys. 3)
- element nie posiada rzędu otworów, lecz najwyżej tylko pojedyncze otwory, wzmocnione zgodnie z WO-O/18
- element nie posiada pierścieni wzmacniających

3.5. Zakres stosowania wykresu (rys. 2). Z wykresu sporządzonego przy zastosowaniu wzorów (4), (5), (6) i (7) oraz przy założeniu, że spełnione są wszystkie warunki wymienione w p. 3.4. i że materiał ścianki w warunkach obliczeniowych (p_o, t_o) ma następujące własności:

$$R'_e = 194 \text{ MPa}$$

$$E_t = 204000 \text{ MPa}$$

korzystać należy w następujący sposób:

dla danego stosunku $\frac{L_o}{D_z}$ oraz ciśnienia obliczeniowego p_o wyznacza się

wartość stosunku $\frac{g_o}{D_z}$, a z niego szukaną grubość g_o . Jeżeli wartości R'_e i

E_t odbiegają tylko w granicach do $\pm 5\%$ od wyżej wymienionych wartości można również korzystać z wykresu (rys. 2), jednak otrzymaną wartość g_o dla elementu krótkiego i średniego należy skorygować, dzieląc ją przez poprawkę wynoszącą dla:

a) elementu krótkiego: $\frac{R'_e}{194}$

b) elementu średniego: $\frac{E_t}{204000}$

Jeżeli wartości R'_e i E_t odbiegają ponad 5% od 194 MPa i 204000 MPa, należy dla tych wartości sporządzić analogiczny wykres do przedstawionego na rys. 2 i według niego wyznaczyć grubość ścianki.

5.OBLICZANIE GRUBOŚCI ŚCIANKI CIENKOŚCIENNYCH ELEMENTÓW WALCOWYCH PODLEGAJĄCYCH CIŚNIENIU ZEWNĘTRZEMU I POSIADAJĄCYCH PIERŚCIENIE WZMACNIAJĄCE

Grubość ścianki elementów walcowych odpowiadających wymaganiom p. 2.2. oblicza się zgodnie z p.3.1. - 3.3. lub 3.5.

URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO	WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO	DT - UC - 90
	Urządzenia ciśnieniowe OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE Elementy kuliste podlegające ciśnieniu wewnętrznemu	WO-O/04
1. WSTĘP		
1.1. Zakres stosowania		
Obliczenia należy stosować przy projektowaniu elementów kulistych podlegających ciśnieniu wewnętrznemu.		
1.2. Oznaczenia		
Wg DT-UC-90/WO-O/00 i tablicy 1.		
Tablica 1		
Symbol	Jednostki	Nazwa wielkości
D_z	mm	średnica zewnętrzna elementu kulistego
D_w	mm	średnica wewnętrzna elementu kulistego
1.3. Określenia		
1.3.1. Element kulisty jest elementem ciśnieniowym w kształcie kuli, a nie częścią kuli, jak np. przy dnach wypukłych.		
1.3.2. Naprężenia dopuszczalne. Wartość naprężeń dopuszczalnych k należy wyznaczać wg DT-UC-90/WO-O/00 przyjmując wartość współczynników bezpieczeństwa x wg DT-UC-90/WO-O/01.		

2. WYMAGANIA KONSTRUKCYJNE

2.1. Osłabienie otworami elementów kulistych uwzględnia się w obliczeniach wytrzymałościowych, tak jak osłabienia otworami w części kulistej den wypukłych.

3. OBLICZANIE GRUBOŚCI ŚCIANEK

3.1. Obliczeniową grubość ścianki elementów kulistych, dla których $\frac{D_z}{D_w} \leq 1,2$ wyznacza się wg jednego z następujących wzorów:

$$g_o = \frac{p_o \cdot D_z}{4 \cdot k \cdot z + p_o} \quad (1)$$

$$g_o = \frac{p_o \cdot D_w}{4 \cdot k \cdot z - p_o} \quad (2)$$

$z = 1$ - dla elementów nie spawanych

$z = z_b$ - dla elementów spawanych

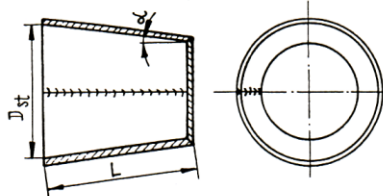
z_b - współczynnik wytrzymałościowy złącza wg DT-UT-90/WO-W/11

URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO	WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO	DT - UC - 90
	Urządzenia ciśnieniowe OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE Elementy stożkowe podlegające ciśnieniu wewnętrznemu	WO-O/05
1. WSTĘP		
1.1. Zakres stosowania		
Obliczenia należy stosować przy projektowaniu elementów stożkowych podlegających ciśnieniu wewnętrznemu.		
1.2. Oznaczenia		
Wg DT-UC-90/WO-O/00 i tablicy 1.		
Tablica 1		
Symbol	Jednostka	Nazwa wielkości
α	...°	kąt nachylenia tworzącej stożka do osi dzwona stożkowego
D_{st}	mm	średnica wewnętrzna dzwona stożkowego mierzona na jego szerszym końcu
l	mm	odległość spoiny obwodowej od początku wyoblania
φ	...°	kąt środkowy odpowiadający łukowi wyoblania
D_z	mm	zewnętrzna średnica wyoblania
D_w	mm	wewnętrzna średnica wyoblania
y_w	—	współczynnik wytrzymałościowy zależny od kąta oraz stosunku r_w/D_z
r_w	mm	wewnętrzny promień wyoblania
L	mm	długość części prostej wyoblonego dzwona stożkowego lub długość dzwona prostego
r	mm	zewnętrzny promień wyoblania

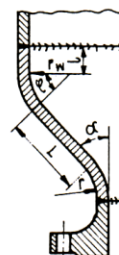
1.3. Określenia i ustalenia

1.3.1. Rozróżnia się następujące elementy stożkowe:

- dzwona stożkowe proste (rys. 1),
- dzwona stożkowe wyoblone (rys. 2)

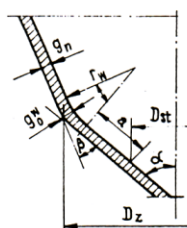


Rys. 1

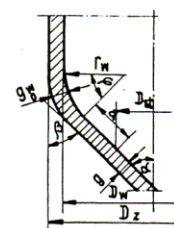


Rys. 2

Wyoblone dzwono stożkowe może przechodzić w szczególności w stożek (rys. 3) lub w walec



Rys. 3



Rys. 4

1.3.2. Współczynnik wytrzymałościowy.

1.3.2.1. Współczynnik z ustala się dla poszczególnych miejsc prostego elementu stożkowego w sposób następujący:

a) dla miejsc nie posiadających złączy spawanych lub zgrzewanych ani osłabionych otworami,

$$z = 1$$

b) dla miejsc posiadających wzdłużne złącza spawane lub zgrzewane:

$$z = z_b$$

z_b - współczynnik wytrzymałościowy złącza wg DT-UT-90/WO-W/11

1.3.2.2. Wartość współczynnika wytrzymałościowego dla wyoblonego dzwona stożkowego ustala się w sposób następujący:

$$z = 1 \text{ jeżeli } l \geq 0,5 \cdot \sqrt{\frac{D_z \cdot g_o}{\cos \alpha}} \quad (1)$$

$$z = z_b \text{ jeżeli } l < 0,5 \cdot \sqrt{\frac{D_z \cdot g_o}{\cos \alpha}} \quad (2)$$

1.3.3. Współczynnik y_w - ustala się z tablicy 2

Tablica 2

φ°	y_w - współczynnik wytrzymałościowy przy r_w/D_{st}									
	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.10	0.15	0.20
10	0.95	0.87	0.84	0.80	0.77	-	-	-	-	-
20	1.35	1.23	1.15	1.07	1.02	0.97	0.92	0.86	0.79	0.75
30	1.83	1.65	1.52	1.42	1.33	1.25	1.15	1.08	0.98	0.91
40	2.43	2.20	2.00	1.83	1.68	1.57	1.45	1.35	1.20	1.10
50	3.30	2.90	2.70	2.50	2.20	2.10	1.90	1.70	1.50	1.30
60	4.50	3.90	3.50	3.20	3.00	2.80	2.30	2.20	2.00	1.70
70	6.50	6.00	5.40	4.90	4.50	4.00	3.70	3.20	2.80	2.50

1.3.4. Naprężenia dopuszczalne

Wartość naprężeń dopuszczalnych należy obliczać wg DT-UC-90/WO-O/00 przyjmując niżej podane współczynniki bezpieczeństwa.

1.3.4.1. Przy obliczaniu grubości ścianek prostych elementów stożkowych, wykonanych z blach stalowych, łączonych za pomocą spawania, a także przy obliczaniu stalowych ścianek prostych stożkowych elementów bezszwowych (kutych, tłoczonych), współczynnik bezpieczeństwa przyjmuje się w wysokości:

$x = 1.65$ - dla stali węglowych, dla których obowiązujące normy ustalają wymagania co do udarności i dla stali stopowych,

$x = 1.8$ - dla pozostałych stali węglowych.

Przy obliczaniu grubości ścianek prostych elementów stożkowych wykonanych ze staliwa współczynnik bezpieczeństwa przyjmuje się o 40% większy niż dla stali. Dla żeliwa przyjmuje się $x_m = 7,0$. Dla brązu, mosiądzu, wyżarzonej miedzi i wyżarzonego aluminium przyjmuje się $x_m = 4,0$.

1.3.4.2. Przy obliczaniu grubości ścianek wyoblonego dzwona stożkowego współczynnik bezpieczeństwa przyjmuje się w wysokości:

$x = 1.35$ - dla stali węglowych, dla których obowiązujące normy ustalają wymagania co do udarności i dla stali stopowych,

$x = 1.50$ - dla pozostałych stali węglowych,

$x_m = 3.3$ - dla brązu, mosiądzu, wyżarzonej miedzi i wyżarzonego aluminium.

2. WYMAGANIA KONSTRUKCYJNE

2.1. Promień wyoblęcia r_w i r (rys. 2) powinny spełniać następujące wymaganie:

$$r_w \geq 2,5 g$$

2.2. Długość części walcowej l (mierzona od początku wyoblęcia do obrobionej krawędzi elementu) powinna być nie mniejsza niż podano w tablicy 3.

Tablica 3

Grubość ścianki g (mm)	Wymiar l (mm)
$g \leq 10$	25
$10 < g \leq 20$	$g + 15$
$g > 20$	$0,5 g + 25$

2.3. Rozmieszczenie otworów w wyoblonym dzwonie stożkowym. Niedozwolone są otwory w samym wyobleniu oraz po obu stronach wyoblęcia, w pasach o szerokości:

$$0,5 \cdot \sqrt{\frac{D_z \cdot g_o}{\cos \alpha}} \quad (3)$$

przylegających do wyoblęcia.

OBLICZENIA DZWONA STOŻKOWEGO

3.1. Wyznaczanie grubości ścianki prostego dzwona stożkowego.

Grubość prostego dzwona stożkowego (rys. 1) oblicza się według wzoru:

$$g_o = \frac{D_{st} \cdot p_o}{2 \cdot k \cdot z} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \quad (4)$$

Prosty element stożkowy łączony dwustronnym złączem spawanym z elementem walcowym lub innym prostym dzwonem stożkowym (rys. 3 i 4) powinien spełniać warunek:

$$\beta \leq 30^\circ$$

3.2. Wyznaczanie grubości ścian wyoblonego dzwona stożkowego. Obliczeniową grubość ścianki wyoblonego dzwona stożkowego (rys. 3 i 4) wyznacza się w jego części wyoblonej ze wzoru:

a) dla dzwona stożkowego o kącie $\varphi \leq 70^\circ$

$$g_o^w = \frac{D_z \cdot p_o \cdot y_w}{2 \cdot k \cdot z} \quad (5)$$

b) dla dzwona stożkowego o kącie $\varphi > 70^\circ$ i $r_w \geq 2g$

$$g_o^w = 0,34 \cdot (D_w - r_w) \cdot \sqrt{\frac{p_o}{k \cdot z} \cdot \frac{\varphi}{90}} \quad (6)$$

Za y_w przyjmuje się wartość tego współczynnika wyznaczoną według tablicy 2. Obliczeniową grubość ścianki w części prostej wyoblonego dzwona stożkowego wyznacza się według pkt. 3.1., przy czym za średnicę D_{st} należy przyjąć średnicę w odległości a (rys. 3 i 4) od wyoblęcia. Za a należy przyjąć mniejszą z dwóch wartości:

$$a = 10 \cdot g_o^w \quad (7)$$

$$a = 0,5 \cdot L \quad (8)$$

Grubość ścianki w części za wyoblieniem, którą w szczególności może być walec lub stożek, przelicza się zgodnie z wymaganiami dla tych elementów.

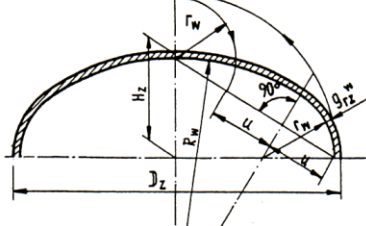
URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO	WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO	DT - UC - 90
		Urządzenia ciśnieniowe OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE Dna wypukłe podlegające ciśnieniu od strony powierzchni wklęsłej

1. WSTĘP

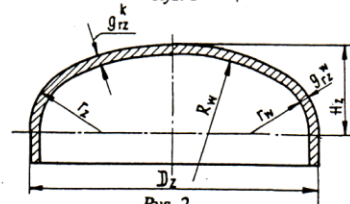
1.1. Zakres stosowania

Dla den, których profil - wyznaczony linią przecięcia powierzchni wewnętrznej części wypukłej dna płaszczyzną przechodzącą przez osi dna jest:

a) półkulisty (w dnach kulistych)
b) półeliptyczny (w dnach elipsoidalnych)
c) koszykowy, tj. utworzony z trzech łuków kołowych zasadniczo wg rys. 1 (w dnach koszykowych).



Rys. 1



Rys. 2

$$r_w = \frac{\sqrt{\left(\frac{D_z - 2g_{rz}^w}{2}\right)^2 + (H_z - g_{rz}^w)^2} \left[\sqrt{\left(\frac{D_z - 2g_{rz}^w}{2}\right)^2 + (H_z - g_{rz}^w)^2} \cdot \frac{D_z - 2g_{rz}^w}{2} + (H_z - g_{rz}^w) \right]}{D_z - 2g_{rz}^w} \quad R_w = \frac{(D_z - 2g_{rz}^w)^2 + (H_z - g_{rz}^w)^2}{H_z - g_{rz}^w}$$

1.2. Oznaczenia

Wg DT-UC-90/WO-O/00 i tablicy 1.

Tablica 1

Symbol	Jednostka	Nazwa wielkości
D_z	mm	zewnętrzna średnica dna
R_w	mm	wewnętrzny, największy promień krzywizny dna elipsoidalnego
r_w	mm	wewnętrzny, najmniejszy promień krzywizny dna elipsoidalnego
H_z	mm	zewnętrzna wysokość dna (poza częścią walcową)
g_o^w	mm	obliczeniowa grubość ścianki w wyoblonej części dna
g_{rz}^w	mm	rzeczywista, najmniejsza grubość ścianki w wyoblonej części dna
g_o^c	mm	obliczeniowa grubość ścianki w walcowej części dna
y_w	-	współczynnik wytrzymałościowy części wypukłej dna
ω	-	wskaźnik osłabienia dna przez otwór o średnicy d
l_o	mm	długość mostka (w rzucie - rys. 3) pomiędzy otworami w dnie
l_z	mm	odległość (w rzucie - rys. 3) od obrzeża otworu do zewnętrznej powierzchni części cylindrycznej dna
$d, d_1,$ d_2, d_3	mm	średnice otworów okrągłych w dnie, a dla otworów owalnych średnice kół opisanych na tych otworach.

1.3. Określenia.

Profil den elipsoidalnych i koszykowych (rys.2) powinien odpowiadać warunkom:

$$H_z \geq 0,18 D_z$$

$$R_w \leq D_z$$

$$r_w \geq 0,1 D_z$$

1.4. Naprężenia dopuszczalne.

Wartość naprężeń dopuszczalnych należy obliczać wg DT-UC-90/WO-O/00 przyjmując współczynniki bezpieczeństwa jak niżej:

$x = 1,4$ - dla stali węglowych, dla których obowiązujące normy ustalają wymagania co do udarności i dla stali stopowych

$x = 1,55$ - dla pozostałych stali węglowych

$x_m = 3,4$ - dla brązu, miedzi, wyżarzzonej miedzi i wyżarzonego aluminium.

2. WYMAGANIA KONSTRUKCYJNE

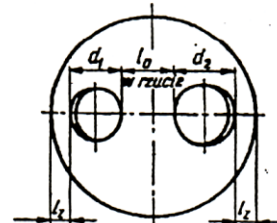
2.1. Rozmieszczenie otworów w dnie i średnica zastępcza dwóch otworów o małym mostku.

2.1.1. Rozmieszczenie otworów w dnie powinno spełniać następujące wymagania:

a) odległość l_z (rys.3) mierzona w rzucie na płaszczyznę prostopadłą do osi dna nie powinna być mniejsza niż $0,1 D_z$

b) w uzasadnionych technicznie przypadkach mogą być umieszczone pojedyncze otwory o średnicy nie większej niż 65 mm, w odległości $l_z < 0,1 D_z$ lub na części walcowej dna o ile osłabienie wywołane tymi otworami zostało uwzględnione w obliczeniach grubości ścianek

2.1.2. Długość mostka między każdymi dwoma nie wzmocnionymi otworami powinna być nie mniejsza od średnicy mniejszego z tych dwóch otworów. Jeżeli wymaganie to nie jest spełnione, to takie otwory należy traktować przy obliczeniu grubości ścianki dna jako jeden otwór o średnicy zastępczej równej średnicy koła opisanego na obu otworach.



Rys. 3

3. OBLICZANIE GRUBOŚCI ŚCIANKI DNA

3.1. Obliczanie grubości ścianki dna w części wypukłej. Obliczeniową grubość dna tłoczonego wyznacza się w jego części wypukłej ze wzoru:

$$g_o^w = \frac{D_z \cdot p_o \cdot y_w}{4 \cdot k} \quad (1)$$

Za y_w należy przyjąć największą wartość tego współczynnika, wyznaczoną według pkt 3.2.

3.2. Współczynnik wytrzymałościowy y_w

Współczynnik wytrzymałościowy y_w ustala się według tablicy 2, przy czym $\omega = 0$ stosuje się w następujących przypadkach:

- dla den pełnych,
- dla każdego prawidłowo wzmoczonego otworu w dnie.

Tablica 4

y _w w zależności od $\frac{H_z}{D_z}$ oraz ω								
$\frac{H_z}{D_z}$	0,18	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
$\omega = 0$	3,37	2,90	2,00	1,53	1,30	1,18	1,12	1,10
$\omega = 0,5$	3,37	2,90	2,00	1,65	1,42	1,30	1,23	1,20
$\omega = 1,0$	3,37	2,90	2,30	2,00	1,81	1,70	1,63	1,60
$\omega = 2,0$	3,92	3,68	3,21	2,92	2,69	2,50	2,33	2,20
$\omega = 3,0$	4,87	4,61	4,10	3,77	3,52	3,32	3,15	3,00
$\omega = 4,0$	5,78	5,53	4,99	4,58	4,28	4,04	3,86	3,70
$\omega = 5,0$	6,77	6,50	5,90	5,41	5,03	4,76	4,52	4,35

Do obliczeń należy przyjmować wartości y_w zaokrąglone do dwóch znaków dziesiętnych po przecinku.
Dla wartości pośrednich należy stosować interpolację.

$$\omega = \frac{d}{\sqrt{D_z \cdot g_z^w}}$$

przy czym za d należy przyjąć największą ze średnic d₁, d₂, d₃, ...

3.3. Obliczanie grubości ścianki w części walcowej dna.

3.3.1. Grubość ścianki w części walcowej dna przelicza się według rozdziału DT-UC - 90/WO-O/01.

3.3.2. Długość części walcowej dna powinna wynosić co najmniej

$$3 g_n \quad \text{przy } g_n \leq 50 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \quad \text{przy } g_n > 50 \text{ mm}$$

3.3.3. Wymaganie zawarte w pkt. 3.3.2. nie ma zastosowania do den, których kształty ustalone są w przedmiotowych normach PN lub BN, lub innych wymaganiach technicznych, zatwierdzonych przez Urząd Dozoru Technicznego.

3.3.4. Rozumie się, że kołnierz kryzowy (rys.4) oraz element walcowy (rys.5) mogą być przyspawane do części walcowej dna tak, aby spoina pachwinowa nie zachodziła na wyoblenie dna.



Rys. 4



Rys. 5

3.4. Stalowe dna spawane.

Obliczeniowa grubość den powinna wynosić w części wypukłej co najmniej

$$g_o \geq \frac{g_o^w}{z_b} \quad (2)$$

gdzie z_b jest współczynnikiem wytrzymałościowym złącza spawanego, a g_o^w grubością obliczoną według pkt. 3.1. Część walcowa dna powinna odpowiadać wymaganiom pkt. 3.3.

3.5. Dna stalowe.

Grubość den stalowych oblicza się tak jak den stalowych według pkt. 3., z tym, że współczynnik bezpieczeństwa dla staliwa należy przyjmować o 40% większy niż dla den stalowych (pkt. 3.1.)

3.6. Stalowe dna zaciągane lub zakuwane.

Zaciągane lub zakuwane dna stalowe oblicza się w dzwonach bez szwu według pkt. 3.1., a w dzwonach spawanych według pkt. 3.4.

3.7. Dna żeliwne.

Grubość den żeliwnych oblicza się tak jak den tłoczonych według pkt. 3 z tym, że współczynnik bezpieczeństwa dla żeliwa należy przyjmować x_m = 7.

3.8. Dna z przyspawanymi podporami.

3.8.1. Grubość ścianki dna z przyspawanymi podporami oblicza się według pkt. 3.1. i 3.4. w trzech następujących wariantach:

a) jako dna wypukłego podlegającego ciśnieniu od strony powierzchni wklęsłej - w zależności od obliczeniowego ciśnienia wewnętrznego i temperatury obliczeniowej,

b) jako dna wypukłego podlegającego ciśnieniu p_z' (pkt. 3.8.2.) od strony powierzchni wypukłej - w zależności od całkowitego ciężaru naczynia (łącznie z urządzeniami dodatkowymi umieszczonymi na naczyniu i w naczyniu) i od ciężaru płynu (cieczy lub gazu) zawartego w naczyniu oraz od temperatury obliczeniowej.

c) jako dna wypukłego podlegającego ciśnieniu p_z'' (pkt. 3.8.2.) od strony powierzchni wypukłej - w zależności od całkowitego ciężaru naczynia (łącznie z urządzeniami dodatkowymi umieszczonymi na naczyniu) i od ciężaru wody zawartej w naczyniu w czasie próby wodnej, przy czym temperaturę obliczeniową t_o należy przyjmować równą 20°C.

Z grubości otrzymanych z obliczeń według w/w wariantów przyjmuje się grubość największą.

3.8.2. Obliczeniowe ciśnienie zewnętrzne p_z przyjęte do obliczeń ze względu na działanie podpór (pkt. 3.8.1. lit. b i c) ustala się ze wzorów:

$$p_z' = \frac{G_1 + G_2}{F_1 + F_2 + \dots + F_n} \quad (3)$$

$$p_z'' = \frac{G_1 + G_3}{F_1 + F_2 + \dots + F_n} \quad (4)$$

gdzie:

G₁ N - ciężar całego naczynia łącznie z urządzeniami

dodatkowymi umieszczonymi na naczyniu i w naczyniu

G₂ N - ciężar cieczy lub gazu zawartego w naczyniu w czasie jego pracy

G₃ N - ciężar wody, zawartej w naczyniu w czasie próby wodnej

F₁, F₂, ..., F_n mm² - powierzchnie przenoszące nacisk podpór na dno.

	WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO	DT - UC - 90
URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO	Urządzenia ciśnieniowe OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE Stalowe dna wypukłe podlegające ciśnieniu od strony powierzchni wypukłej	WO-O/09
<p style="text-align: center;">1. WSTĘP</p> <p>1.1. Zakres stosowania</p> <p>Dla den określonych w rozdz. WO-O/08, ale podlegających ciśnieniu od strony powierzchni wypukłej.</p> <p>1.2. Określenie</p> <p>p_{kr} - ciśnienie krytyczne jest to ciśnienie wywołujące zakłębienie dna.</p> <p style="text-align: center;">2. OBLICZANIE GRUBOŚCI ŚCIANKI DNA</p> <p>Obliczeniowa grubość ścianki dna wypukłego podlegającego ciśnieniu od strony powierzchni wypukłej powinna być co najmniej o 30 % większa od obliczeniowej grubości dna wypukłego podlegającego temu samemu ciśnieniu od strony powierzchni wklęsłej, wyznaczonej według rozdz. DT-UC-90/WO-O/08.</p> <p style="text-align: center;">3. SPRAWDZANIE DNA NA STATECZNOŚĆ POSTACI</p> <p>Należy sprawdzić czy grubość dna w części środkowej odpowiada warunkowi stateczności postaci, wyrażającemu się wzorem:</p> $p_{kr} \geq 3,5 p_o \quad (1)$ <p>w którym ciśnienie krytyczne oblicza się z zależności:</p>		

	WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO	DT - UC - 90
URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO	Urządzenia ciśnieniowe OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE Dna talerzowe	WO-O/10
<p>Dna talerzowe należy projektować w oparciu o warunki techniczne, opracowane przez projektującego i zatwierdzone przez właściwy organ dozoru technicznego.</p>		

$$p_{kr} = 0,366 \cdot E_t \frac{(g_{rz}^k - c_2 - c_3)^2}{R_w^2} \quad (2)$$

gdzie:

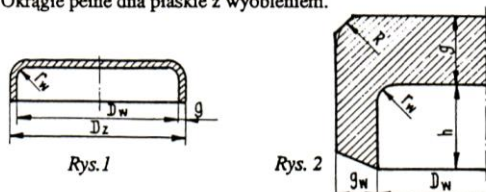
g_{rz}^k mm - rzeczywista, najmniejsza grubość ścianki w kulistej środkowej części dna.

URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO	WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO	DT - UC - 90
	Urządzenia ciśnieniowe OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE Okrągłe dna płaskie w elemen- tach walcowych podlegających ciśnieniu wewnętrznemu	WO-O/12
1. WSTĘP		
1.1. Zakres stosowania Obliczenia należy stosować przy projektowaniu den płaskich w elemen- tach walcowych podlegających ciśnieniu wewnętrznemu.		
1.2. Oznaczenia Wg DT-UC-90/WO-0/00 i tablicy 1.		
Tablica 1		
Symbol	Jednostka	Nazwa wielkości
D_z	mm	średnica zewnętrzna dna
D_w	mm	średnica wewnętrzna dna
D_{uz}	mm	średnica zewnętrzna uszczelki
D_o	mm	średnica podziałowa otworów pod śruby
D_u	mm	średnica średnia uszczelki
$d_i^{1)}$	mm	średnica otworów w dnie
r_w	mm	wewnętrzny promień wyoblenia dna lub rowka odciążającego
h	mm	długość części walcowej okrągłego dna płaskiego
δ	mm	średnica największego koła przechodzącego przez co najmniej 3 punkty usztywnionego dna płaskiego
g_1	mm	grubość dna w miejscu ścięcia przez rowek odciążający
g_w	mm	grubość elementu walcowego
¹⁾ oznaczenie dotyczy średnic otworów: $d_1, d_2, d_3, \dots, d_i$		

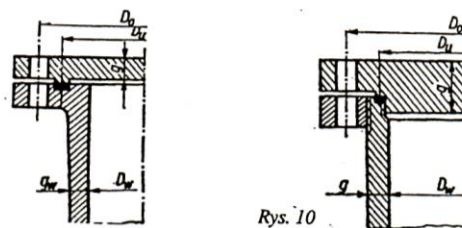
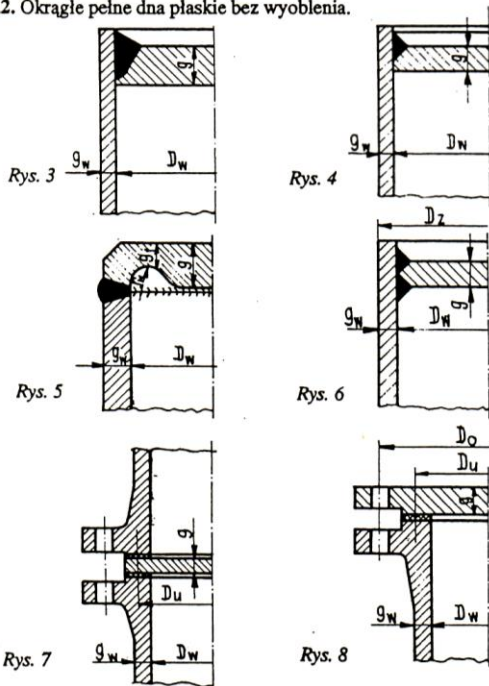
1.3. Określenia i ustalenia

Rozróżnia się następujące dna płaskie:

1.3.1. Okrągłe pełne dna płaskie z wyobleniem.



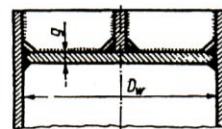
1.3.2. Okrągłe pełne dna płaskie bez wyoblenia.



Rys. 9

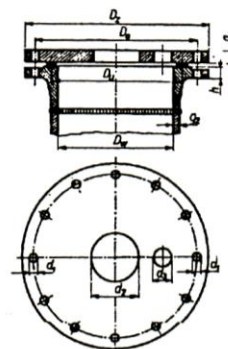
Rys. 10

1.3.3. Okrągłe pełne dna płaskie bez wyoblenia wzmocnione żebrami.



Rys. 11

1.3.4. Okrągłe płaskie dna z otworami.



Rys. 12

1.3.5. Przez punkty usztywnione należy rozumieć środki kotew profilowych, osi kotew płaskich oraz linię rozgraniczającą część płaską dna od jego wyoblenia. Koło o średnicy δ może przechodzić tylko przez taki punkt na osi kotew płaskich oraz na linii rozgraniczającej część płaską dna od jego wyoblenia, aby ta oś lub linia była styczna do koła.

W uzasadnionych przypadkach koło o średnicy δ może być wpisane stycznie również do osi żeber wzmocniających dno.

1.3.6. Wartość naprężeń dopuszczalnych k wyznacza się wg DT-UC-90/WO-0/00 przyjmując wartość współczynników bezpieczeństwa następująco:

- $x = 1,5$ - dla stali węglowych, dla których obowiązujące normy ustalają wymagania co do udarności i dla stali stopowych,
- $x = 1,65$ - dla pozostałych stali węglowych,

Przy obliczaniu grubości den ze stali, współczynniki bezpieczeństwa przyjmuje się o 40% większe niż dla stali.

Dla brązu, mosiądzu, wyżarzonego aluminium przyjmuje się $x_m = 3,65$.

2. WYMAGANIA KONSTRUKCYJNE

2.1. Wewnętrzny promień wyoblenia dna (rys. 1) powinien spełniać następujące wymaganie:

$$r_w \geq 1,3 g, \text{ nie mniej jednak niż:}$$

- 30 mm przy D_z do 500 mm
- 35 mm przy D_z ponad 500 mm do 1400 mm
- 40 mm przy D_z ponad 1400 mm do 1600 mm
- 45 mm przy D_z ponad 1600 mm do 1900 mm
- 50 mm przy D_z ponad 1900 mm

Długość części walcowej okrągłego dna płaskiego z wyobleniem powinna spełniać wymaganie:

$$h \geq 3,5 g + r_w$$

2.2. Dna kute lub tłoczone (rys. 2) powinny spełniać następujące wymagania:

$$r_w \geq 0,3 g$$

$$r_w \geq 8 \text{ mm}$$

$$h \geq g$$

2.3. Dla konstrukcji według rys. 3 i 4 wymagane jest, aby w złączu spawanym stosunek grubszej ścianki do cieńszej nie przekraczał 2,5.

2.4. Grubość g_1 dna (rys. 5) powinna spełniać równocześnie następujące wymagania:

$$g_1 \leq 0,77 g_w \quad (1)$$

$$g_1 \geq 1,3 \left(\frac{D_w}{2} - r_w \right) \frac{p_o}{k} \quad (2)$$

Wzory (1), (2) i (7) stosuje się gdy:

$$r_w \geq 0,2 g_o, \text{ jednak nie mniej niż } 5 \text{ mm}$$

$$g_w \geq 5 \text{ mm}$$

Dna powinny być wykonane jako kute.

3. OBLICZENIA OKRĄGLYCH DEN PŁASKICH

3.1. Okrągłe pełne dna płaskie z wyobleniem

3.1.1. Obliczeniową grubość okrągłych den płaskich z wyobleniem nie wzmocnionych kotwami (rys. 1) oblicza się ze wzoru:

$$g_o = 0,35 \cdot (D_w - r_w) \cdot \sqrt{\frac{p_o}{k \cdot z}} \quad (3)$$

$z = 1$ - dla den nie spawanych

$z = z_b$ - dla den spawanych

3.1.2. Wzmocnione kotwami okrągłe dna płaskie z promieniem wyoblenia r_w odpowiadającym warunkom podanym w pkt. 2.1 oblicza się ze wzoru:

$$g_o = 0,45 \cdot \delta \cdot \sqrt{\frac{p_o}{k}} \quad (4)$$

3.1.3. Obliczeniową grubość g_o okrągłego dna płaskiego (np. w walcowych komorach zbiorczych) o konstrukcji przedstawionej na rys. 2 wyznacza się ze wzoru:

$$g_o = 0,35 \cdot D_w \cdot \sqrt{\frac{p_o}{k}} \quad (5)$$

3.2. Okrągłe pełne dna płaskie bez wyoblenia

3.2.1. Obliczeniową grubość płaskiego dna pełnego (rys. 3 i 4) zamykającego element walcowy, podlegający ciśnieniu wewnętrznemu, wyznacza się ze wzoru:

$$g_o = 0,45 \cdot D_w \cdot \sqrt{\frac{p_o}{k}} \quad (6)$$

3.2.2. Obliczeniową grubość płaskiego dna pełnego (rys. 5) z rowkiem odciążającym, zamykającego element walcowy podlegający ciśnieniu wewnętrznemu, wyznacza się ze wzoru:

$$g_o = 0,40 \cdot D_w \cdot \sqrt{\frac{p_o}{k}} \quad (7)$$

3.2.3. Obliczeniową grubość płaskiego dna pełnego (rys. 6), zamykającego element walcowy podlegający ciśnieniu wewnętrznemu, wyznacza się ze wzoru:

$$g_o = 0,35 \cdot D_w \cdot \sqrt{\frac{p_o}{k}} \quad (8)$$

3.2.4. Obliczeniową grubość okrągłego płaskiego dna pełnego o konstrukcji uwidocznionej na rys. 7 wyznacza się ze wzoru:

$$g_o = 0,45 \cdot D_u \cdot \sqrt{\frac{p_o}{k}} \quad (9)$$

3.2.5. Obliczeniową grubość okrągłych płaskich den pełnych o konstrukcji uwidocznionej na rys. 8, 9 i 10 wyznacza się ze wzoru:

$$g_o = C \cdot D_u \cdot \sqrt{\frac{p_o}{k}} \quad (10)$$

gdzie współczynnik C dla stosunku $\frac{D_o}{D_u} \leq 1,3$ wynosi:

$$C = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{D_o}{D_u} - 0,1 \right)$$

Dla wartości pośrednich należy stosować interpolację.

Dla stosunku $\frac{D_o}{D_u} > 1,3$ grubość den oblicza się według wymagań dla połączeń

kołnierzo-śrubowych wg DT-UC-90/WO-O/19 jako kołnierza stałego, wstawiając we wzorach (20) i (21), w miejsce wyrażenia $(D_o - D_w - 2g_s)$, wyrażenie $(D_o - D_{uz})$.

3.3. Okrągłe dna płaskie bez wyoblenia wzmocnione żebrami

Obliczeniową grubość okrągłego płaskiego dna bez wyoblenia wzmocnionego żebrami (rys. 11) wyznacza się ze wzoru:

$$g_o = 0,45 \cdot \delta \cdot \sqrt{\frac{p_o}{k}} \quad (11)$$

3.4. Okrągłe płaskie dna z otworami

3.4.1. Dna płaskie, w których znajduje się otwór o średnicy nie przekraczającej 50 mm, umieszczony wewnątrz pierścienia, określonego średnicami D_w i $0,5 D_w$ oblicza się jak pełne dna płaskie.

3.4.2. Obliczeniową grubość dna płaskiego posiadającego jeden otwór nie odpowiadający pkt. 3.4.1 lub kilka otworów (rys. 12), powinna wynosić co najmniej:

$$\frac{g_o}{\sqrt{z}}$$

gdzie:

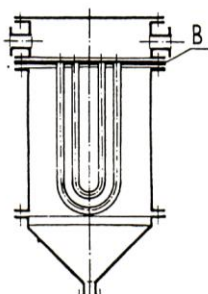
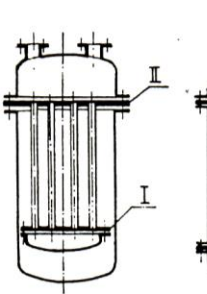
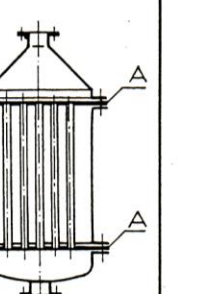
g_o mm - jest obliczeniową grubością pełnego dna płaskiego,

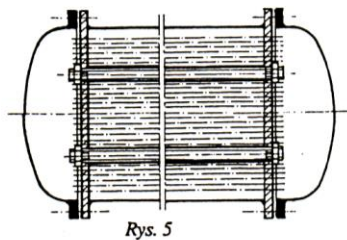
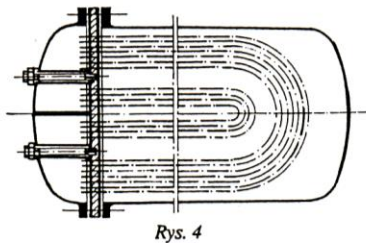
z - jest współczynnikiem wytrzymałościowym równym:

$$z = \frac{D_o - (d_1 + d_2 + d_3 + \dots)}{D_o} \quad (12)$$

Przy większej ilości otworów, grubość dna płaskiego oblicza się w sposób ustalony dla ścian sitowych.

W przypadkach otrzymania dwóch różnych wartości z z obu sposobów wyznaczenia grubości dna płaskiego przyjmuje się wartość większą.

URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO	WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO	DT - UC - 90
		Urządzenia ciśnieniowe OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE Ściany sitowe
1. WSTĘP		
1.1. Zakres stosowania		
Warunki techniczne należy stosować przy projektowaniu okrągłych, płaskich ścian sitowych:		
a) nie wzmocnionych ani rurami, ani ściągamami (np. ściana B na rys. 1 lub ściana I i II na rys. 2),		
b) wzmocnionych tylko rurami (ściana A na rys. 3),		
c) wzmocnionych tylko ściągamami (rys. 4),		
d) wzmocnionych rurami i ściągamami (rys. 5).		
  		
<p style="text-align: center;">Rys. 1 Rys. 2 Rys. 3</p>		



1.2. Oznaczenia

wg tablicy 1 oraz DT-UC-90/WO-O/00.

Tablica 1

Symbol	Jednostka	Nazwa symbolu
d_z	mm	zewnętrzna średnica rury
d_w	mm	wewnętrzna średnica rury
d_o	mm	średnica otworów rurowych w ścianie
δ	mm	średnica największego koła, jakie można wpisać między koło podziałowe śrub mocujących ścianę sitową i największe koło opisane na części ściany sitowej zajętej przez rury, stycznie do rur
D_o	mm	średnica podziałowa śrub mocujących ścianę sitową

Tablica 1 (c.d.)

Symbol	Jednostka	Nazwa symbolu
b	mm	odległość między ściągamami
g_z	mm	zastępcza grubość ściany sitowej
D_z	mm	zewnętrzna średnica ściany sitowej
d	mm	zewnętrzna średnica ściągów
δ_r	mm	średnica rdzenia gwintu ściągów
D_u	mm	średnia średnica uszczelki ściany
R_o	mm	promień koła podziałowego śrub mocujących ścianę sitową
r_o	mm	promień koła podziałowego ściągów
L_{sr}	mm	robocza długość ściągów
q_{min}	mm ²	minimalna wielkość przekroju mostka pomiędzy dwoma otworami rurowymi
f	mm ²	pole powierzchni ściany sitowej w czworoboku lub rombie utworzonym przez środki czterech sąsiednich rur (pole zakreskowane na rys. 8)
p_z	MPa	zastępcze ciśnienie na ścianę sitową
σ'_d	MPa	średnie dopuszczalne obciążenie powierzchni zawalcowania rury w ścianie
l_o	mm	długość zawalcowania rury w ścianie sitowej
φ	-	współczynnik wytrzymałościowy ściany sitowej
λ	-	współczynnik wytrzymałościowy ściany sitowej
μ	-	liczba Poissona materiału ściągów
n	-	największa ilość otworów rurowych rozłożonych wzdłuż średnicy ściany sitowej lub w rzędzie blisko średnicy
t	mm	podziałka między otworami rurowymi
n_r	-	ilość rur w ścianie sitowej
i	-	ilość ściągów wzmacniających ścianę sitową
ψ	-	współczynnik wytrzymałościowy gwintu ściągów, przyjmowany jak dla śrub wg DT-UC-90/WO-O/19.
P_1	N	sumaryczne obciążenie ściągów

1.3. Określenia

1.3.1. Wartość naprężeń dopuszczalnych k należy wyznaczać wg DT-UC-90/WO-O/00 przyjmując wartości współczynników bezpieczeństwa następująco:

- $x = 1,65$ - dla stali węglowych, dla których obowiązujące normy ustalają wymagania co do udarności i dla stali stopowych
- $x = 1,8$ - dla pozostałych stali węglowych
- $x_m = 4,0$ - dla miedzi (mosiądzu).

2. WYMAGANIA KONSTRUKCYJNE

2.1. Przekrój mostka między otworami ze względu na dobre rozwalcowanie rur powinien wynosić:

a) dla stalowych ścian sitowych:

$$q_{min} = 15 + 3,4 d_o \quad (1)$$

b) dla miedzianych i mosiężnych ścian sitowych:

$$q_{min} = 25 + 9,5 d_o \quad (2)$$

2.2. Grubość ściany sitowej nie powinna być mniejsza niż 12mm.

2.3. Ściany sitowe wykonane z blach mogą być stosowane zasadniczo tylko w rozwiązaniach konstrukcyjnych pokazanych na rys. 6 z tym, że dla rozwiązania wg 6c blachę należy poddać badaniom ultradźwiękowym, co najmniej w obszarze połączenia z płaszczem na nieobecność rozwarstwień.

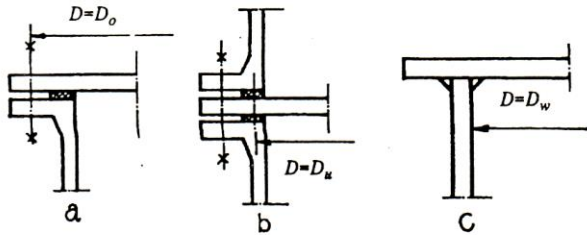
3. OBLICZANIE ŚCIAN SITOWYCH

3.1. Ściany sitowe nie wzmocnione ani rurami, ani ściągamami.

3.1.1. Grubość obliczeniową ściany sitowej nie wzmocnionej ani rurami, ani ściągamami oblicza się ze wzoru:

$$g_o = 0,32 \cdot D \cdot \sqrt{\frac{p_o}{k \cdot \varphi}} \quad (3)$$

gdzie za D przyjmuje się wielkość wg rys. 6 a, b, c



Rys. 6

3.1.2. Współczynnik wytrzymałościowy ściany sitowej φ określa się ze wzoru:

$$\varphi = \frac{n \cdot t - (n-1) d_o}{n \cdot t + d_o} \quad (4)$$

3.1.3. Grubość części płaskiej ściany sitowej (poza obrębem pęczka rur) sprawdza się ze wzoru:

$$g_o = 0,45 \cdot \delta \sqrt{\frac{p_o}{k}} \quad (5)$$

Grubość części ściany sitowej w obrębie pęczka rur zawalcowanych w ścianie powinna ponadto czynić zadość wymaganiom pkt. 2.1 i 2.2.

3.1.4. Grubość ściany sitowej w obrębie połączenia kołnierzo-śrubowego sprawdza się wg DT-UC-90/WO-O/19 jak dla kołnierza stałego, przy czym grubość ścian sitowych wg rys. 3 i 5 sprawdza się, niezależnie od stosunku h/g , wzorami (20) i (21) warunków DT-UC-90/WO-O/19, przyjmując za $D_w + 2g_s$ zewnętrzną średnicę uszczelki.

3.2. Ściany sitowe wzmocnione tylko rurami zawalcowanymi.

3.2.1. Zabezpieczenie rur zawalcowanych w ścianie sitowej przed wyrwaniem ze ściany uważa się za wystarczające jeśli została spełniona poniższa zależność:

$$\frac{p_o \cdot f}{\pi \cdot d_z \cdot l_o} \leq \sigma'_d \quad (6)$$

Wartość σ'_d należy przyjmować zgodnie z Tablicą 2.

Tablica 2

	Sposób zawalcowania rur w ścianie sitowej	σ'_d MPa
I	Zawalcowanie w otworach o powierzchni gładkiej	5,0
II	Zawalcowanie w otworach z rowkiem lub rowkami	10,0
III	Zawalcowanie wg I lub II oraz wykielichowanie końca rury	13,0

3.2.2. Grubość części płaskiej ściany sitowej (poza obrębem pęczka rur) sprawdza się wg wzoru (5). Grubość części ściany sitowej w obrębie pęczka rur powinna spełniać warunki podane w pkt. 2.1 i 2.2.

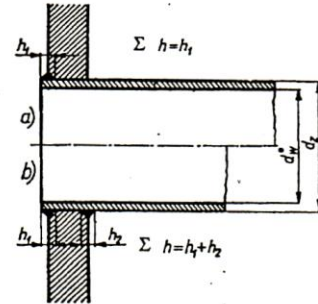
3.2.3. Grubość ściany sitowej w obrębie połączenia kołnierzo-śrubowego sprawdza się wg DT-UC-90/WO-O/19 jak dla kołnierza stałego, przy czym grubość ścian sitowych wg rys. 3 i 5 sprawdza się, niezależnie od stosunku h/g , wzorami (20) i (21) warunków DT-UC-90/WO-O/19, przyjmując za $D_w + 2g_s$ zewnętrzną średnicę uszczelki.

3.3 Ściany sitowe wzmocnione tylko przyspawanymi rurami.

3.3.1. Spawane złącze rury ze ścianą powinno odpowiadać wymaganiom:

- a) rura przyspawana jednostronnie do ściany (rys. 7a) powinna być w miarę możliwości osadzona ciasno w otworze (np. przywalcowana).
 b) $\pi \cdot d_z \cdot \sum h \geq \frac{1,25}{4} \cdot \pi \cdot (d_z^2 - d_w^2)$ (7)

gdzie $\sum h$ jest sumą boków spoin mierzonych wzdłuż jednej tworzącej króćca (rys. 7a i b).



Rys. 7

3.3.2. Grubość ściany sitowej należy sprawdzać wg wzoru (5) oraz wg wzoru (1) lub (2) DT-UC-90/WO-O/14.

3.3.3. Grubość ściany sitowej w obrębie połączenia kołnierzo-śrubowego sprawdza się wg warunków DT-UC-90/WO-O/12 jak dla kołnierza stałego, przy czym grubość ścian sitowych wg rys. 3 i 5 sprawdza się, niezależnie od stosunku "h/g" wzorami (20) i (21) warunków DT-UC-90/WO-O/19, przyjmując za "D_w + 2g_s" zewnętrzną średnicę uszczelki.

3.4. Ściany sitowe wzmocnione tylko ściągamami.

3.4.1. Sumaryczne obciążenie ściągow wznacza się ze wzoru:

$$P_1 = \frac{\pi \cdot p_o (R_o^2 - r_o^2)^2}{8 \left[-2r_o^2 \ln \frac{R_o}{r_o} + \frac{1}{2} \left(1 + \frac{r_o^2}{R_o^2} \right) (R_o^2 - r_o^2) + \frac{8g_o^3 \cdot l_{sr} \cdot \lambda}{38r_o^2 \cdot i (1 - \mu^2)} \right]} \quad (8)$$

gdzie:

$$\lambda = 1 - 0,905 \frac{d^2}{g_o^2} \quad (9)$$

3.4.2. Ciśnienie zastępcze na ścianę sitową na skutek odciążającego działania ściągow wznacza się ze wzoru:

$$p_z = p_o - \frac{P_1}{\pi \cdot \frac{D_u^2}{4}} \quad (10)$$

3.4.3. Grubość ściany sitowej ze względu na ciśnienie zastępcze wznacza się ze wzoru:

$$g_o = 0,89 \cdot R_o \sqrt{\frac{p_z}{k}} \quad (11)$$

3.4.4. Grubość ściany sitowej w obrębie pęczka rur zawalcowanych w ścianie powinna spełniać wymagania podane w pkt. 2.1 i 2.2.

3.4.5. Średnica rdzenia ściągow jest wyznaczona ze wzoru:

$$\delta_r = 11,3 \sqrt{\frac{P_1}{k \cdot i \cdot \psi}} \quad (12)$$

3.5. Ściany sitowe wzmocnione rurami i ściągami.

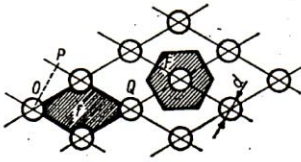
3.5.1. Grubość obliczeniowa g_o ściany sitowej wzmocnionej rurami i ściągami jest wyznaczona ze wzoru:

$$g_o = g_z \frac{D_z^2}{D_z^2 - n_r \cdot d_r^2 - i \cdot \delta_r^2} \quad (13)$$

gdzie:

g_z - grubość ściany zastępczej, tj. ściany płaskiej wzmocnionej tylko ściągami, powinna spełniać zależność:

$$\frac{p_o}{3,6 \left(1 - 0,7 \frac{d}{b}\right) \left(\frac{g_z}{b}\right)^2} \leq k \quad (14)$$



Rys. 8

3.5.2. Grubość części ściany sitowej w obrębie pęczka rur zawalcowanych w ścianie powinna ponadto spełniać wymagania podane w pkt. 2.1. i 2.2.

3.5.3. Spawane złącza rur ze ścianą powinny spełniać wymagania podane w pkt. 3.3.

3.5.4. Grubość ściany sitowej w obrębie połączenia kołnierzo-śrubowego sprawdza się wg warunków DT-UC-90/WO-O/19 jak dla kołnierza stałego, przy czym grubość ścian sitowych wg rys. 3 i 5 sprawdza się, niezależnie od stosunku h/g wzorami (20) i (21) warunków DT-UC-90/WO-O/19 przyjmując za $D_w + 2g_z$ zewnętrzną średnicę uszczelki.

URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO	WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO	DT - UC - 90
		Urządzenia ciśnieniowe OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE Ściany płaskie wzmocnione kotwami
1. WSTĘP		
1.1. Zakres stosowania		
Warunki techniczne należy stosować przy projektowaniu ścian płaskich, wzmocnionych kotwami profilowymi.		
1.2. Oznaczenia		
Wg DT-UC-90/WO-O/00 i tablicy 1.		
Tablica 1		
Symbol	Jednostka	Nazwa wielkości
a	mm	odległość w rzędzie między osiami kotew profilowych, rozłożonych równomiernie w układzie prostokątnym
b	mm	odległość między osiami rzędów kotew profilowych, rozłożonych równomiernie w układzie prostokątnym
a_1, a_2	mm	odległość między osiami kotew profilowych, rozłożonych w układzie nieprostokątnym
δ	mm	średnica największego koła wpisanego, określonego w pkt. 1.3.5.

1.3. Określenia i ustalenia

1.3.1. Kotwy - elementy łączące dwie ściany urządzenia ciśnieniowego w celu wzmocnienia jednej lub obu ścian.

1.3.2. Kotwy profilowe - kotwy o przekroju poprzecznym kołowym, prostokątnym itp. jak np. zespórki, ściągi, rury ściągowe.

1.3.3. Kotwy płaskie - kotwy, w których głównym elementem przenoszącym siły jest płaski element, odpowiednio wycięty z blachy.

1.3.4. Punkty (linie) usztywnione - środki kotew profilowych, osie kotew płaskich oraz linie, rozgraniczające część płaską ściany od jej wyoblen.

1.3.5. Koło wpisane o średnicy δ - koło przechodzące przez co najmniej trzy punkty usztywnione. Koło o średnicy δ może przechodzić tylko przez taki punkt na osi kotew płaskich oraz na linii usztywnionej, aby ta oś lub linia była styczna do koła.

W uzasadnionych przypadkach koło o średnicy δ może być wpisane stycznie również do osi żeber wzmocniających ścianę.

1.3.6. Wartość naprężeń dopuszczalnych należy obliczać wg DT-UC-90/WO-O/00, przyjmując:

- dla stali węglowych, dla których obowiązujące normy ustalają wymagania co do udarności i dla stali stopowych: $x = 1,5$
- dla pozostałych stali węglowych: $x = 1,65$
- dla staliwa wartości współczynników x należy przyjmować o 40% większe niż dla stali.

2. OBLICZENIA

2.1. Obliczeniową grubość ściany płaskiej, wzmocnionej kotwami profilowymi, rozłożonymi równomiernie w układzie prostokątnym oblicza się według wzoru:

$$g_o = 0,45 \cdot \sqrt{\frac{p_o (a^2 + b^2)}{z \cdot k}} \quad (1)$$

w którym:

- $z = 1$ - dla miejsc bez złączy spawanych
 $z = z_b$ - dla miejsc ze złączami spawanymi

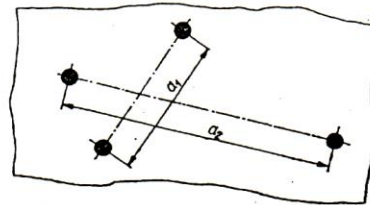
z_b - współczynnik wytrzymałościowy złącza wg DT-UT-90/WO-O/11

Wzór (1) ma zastosowanie, jeżeli odległość skrajnych kotew od początku wyoblenia ściany nie przekracza odległości między kotwami.

2.2. Obliczeniową grubość ściany płaskiej, wzmocnionej kotwami profilowymi, rozłożonymi w układzie nieprostokątnym (rys. 1) wyznacza się ze wzoru:

$$g_o = 0,45 \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot \sqrt{\frac{p_o}{z \cdot k}} \quad (2)$$

w którym z - jak w pkt. 2.1.



Rys. 1

2.3. Obliczeniową grubość ściany płaskiej, wzmocnionej kotwami płaskimi, pojedynczymi kotwami profilowymi lub żebrami oblicza się według wzoru:

$$g_o = 0,45 \cdot \delta \cdot \sqrt{\frac{p_o}{z \cdot k}} \quad (3)$$

w którym z - jak w pkt. 2.1.

Tablica 1

URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO	WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO	DT - UC - 90
	Urządzenia ciśnieniowe OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE Otwory w ścianach i wzmocnie- nia ścianek osłabionych otworami	WO-O/18
1. WSTĘP		
1.1. Zakres stosowania		
Warunki techniczne należy stosować przy obliczaniu wzmocnień osłabionych otworami elementów walcowych i stożkowych spełniających warunki podane w p. 1.1.2 podlegających ciśnieniu wewnętrznemu i den wypukłych.		
1.1.2. Niniejsze warunki techniczne można stosować do elementów, w których największy wymiar otworu nie przekracza:		
w elemencie walcowym:		
a) $0,35 \cdot D_z$, jeżeli $D_z \geq 1500$ mm		
b) $0,5 \cdot D_z$ (jednak nie więcej niż 500 mm), o ile $D_z < 1500$ mm		
c) D_w , jeżeli:		
- $p_o \leq 0,07$ MPa (łącznie z przypadkami elementów pracujących na podciśnieniu) albo		
- $p_o \leq 2$ MPa oraz $D_w \leq 170$ mm		
1.1.3. Największy wymiar otworu w elemencie stożkowym oblicza się według zależności podanych w pkt. 2.1., z tym, że zamiast D_z należy przyjmować D_{st}^o (rys. 1).		



Rys. 1

2. OZNACZENIA I OKREŚLENIA

2.1. Oznaczenia

Wg DT-UC-90/WO-O/00 i tablicy 1.

2.2. Określenia

Wzmocnienia osłabionych otworami elementów walcowych, stożkowych oraz den będą poniżej dla uproszczenia opisu nazywane wzmocnieniami otworów w tych elementach.

Symbol	Jednostka	Nazwa wielkości
D_z	mm	zewnętrzna średnica elementu walcowego lub dna
D_w	mm	wewnętrzna średnica elementu walcowego lub dna
D_{st}^o	mm	zewnętrzna średnica elementu stożkowego w przekroju przechodzącym przez środek otworu
g_{rz}	mm	najmniejsza rzeczywista grubość ścianki w elemencie osłabionym otworem
d_n	mm	największa średnica otworu nie wymagająca wzmocnienia
z_{rz}	mm	rzeczywisty współczynnik wytrzymałościowy elementu osłabionego otworem
d	mm	nominalna średnica wzmocnionego otworu
g_o^{kr}	mm	obliczeniowa grubość króćca
c_2^{kr}	mm	eksploatacyjny nadatek grubości ścianki króćca
g_{rz}^{kr}	mm	najmniejsza rzeczywista grubość ścianki króćca
F_i	mm ²	pole wzmacniające i tego elementu wzmacniającego
κ_i	-	współczynnik uwzględniający własności wytrzymałościowe materiału i tego elementu wzmacniającego
R_{ei}	MPa	granica plastyczności materiału i tego elementu wzmacniającego
R_{esw}	MPa	granica plastyczności materiału ścianki wzmacnianej

3. OTWORY NIE WYMAGAJĄCE WZMOCNIEŃ

3.1. W elemencie walcowym największa średnica d_n otworu nie wymagająca wzmocnienia równa się najmniejszej z wartości, uzyskanych z poniższych wzorów:

$$d = 8,1 \cdot \sqrt[3]{D_w \cdot (g_{rz} - c_2) \cdot (1 - z_{rz})} \quad (1)$$

$$d = 0,35 D_z \quad (2)$$

$$d = 200 \text{ mm} \quad (3)$$

Wartość współczynnika z_{rz} oblicza się ze wzoru:

$$z_{rz} = \frac{p_o \cdot (D_w + g_{rz} - c_2)}{\frac{2,3}{\alpha} \cdot k \cdot (g_{rz} - c_2)} \quad (4)$$

3.2. W elemencie stożkowym największa średnica d_n otworu nie wymagającego wzmocnienia równa się najmniejszej z wartości otrzymanych z wzorów:

$$d = 8,1 \cdot \sqrt[3]{D_{st}^o \cdot (g_{rz} - c_2) \cdot (1 - z_{rz})} \quad (5)$$

$$d = 0,35 D_{st}^o \quad (6)$$

$$d = 200 \text{ mm} \quad (7)$$

gdzie z_{rz} oblicza się ze wzoru:

$$z_{rz} = \frac{p_o \cdot D_{st}^o}{2 \cdot k \cdot (g_{rz} - c_2) \cdot \cos \alpha} \quad (8)$$

3.3. Otwór nieokrągły nie wymaga wzmocnienia, jeżeli jego wymiar wzdłuż tworzącej nie przekracza wartości d_n .

4. WZMOCNIENIA OTWORÓW W ELEMENTACH WALCOWYCH PODLEGAJĄCYCH CIŚNIENIU WEWNĘTRZNIEMU

4.1. Otwory nie spełniające wymagań pkt. 3.1. powinny być wzmocnione, jeżeli osłabienie wywołane tymi otworami nie zostało uwzględnione przy obliczeniu grubości ścianki elementu walcowego lub jeżeli nadatek grubości ścianki ponad g_o nie stanowi wystarczającego wzmocnienia.

4.2. Jeżeli osłabienie otworami zostało uwzględnione przy obliczaniu grubości ścianki, a mianowicie poddaje się analizie ograniczoną prostokątem wzmocnienia ABCD część przekroju, przeprowadzonego przez oś elementu walcowego i osłabienia (rys. 2).

4.3. Jeżeli w elemencie urządzenia ciśnieniowego długość mostka pomiędzy dwoma otworami wymagającymi wzmocnienia, mierzona na linii łączącej środki otworów, jest mniejsza od średnicy mniejszego otworu, to należy tak obliczać ściankę elementu, jak gdyby nie było mostka.

4.4. Obliczenie wzmocnienia ścianki osłabionej otworem polega na ustaleniu i porównaniu (zgodnie z punktem 4.5.):

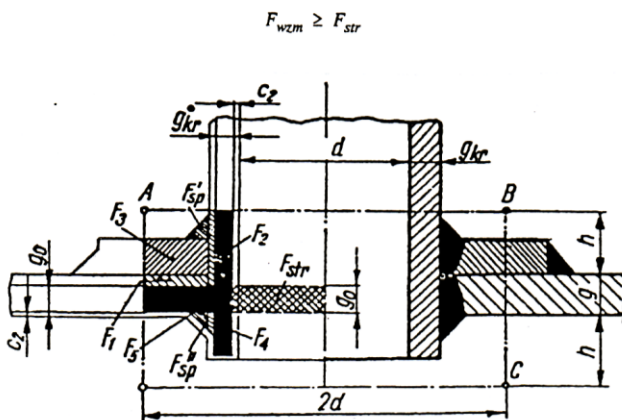
- ilości materiału straconego
- ilości materiału wzmacniającego

4.5. Niezbędną ilość materiału wzmacniającego w zależności od ilości materiału wyciętego ustala się w sposób pośredni za pomocą pól powierzchni przekrojów tych materiałów, a mianowicie poddaje się analizie ograniczoną prostokątem wzmocnienia ABCD część przekroju, przeprowadzonego przez oś elementu walcowego i osłabienia (rys. 2).

Wymiary prostokąta wzmocnienia określa się w sposób następujący:

- a) podstawa prostokąta równa się $2d$,
- b) wysokość prostokąta równa się $h + g_{rz} + h$, gdzie za h przyjmuje się mniejszą z wartości $2,5 g_{rz}$ i $2,5 g_{rz}^k$.

Pole powierzchni przekroju materiału wzmacniającego (F_{wzm}) nie powinno być mniejsze od pola powierzchni przekroju materiału straconego (F_{str}), czyli:



Rys. 2

Pole powierzchni przekroju materiału straconego wynosi dla przykładu na rys. 2:

$$F_{str} = (d + 2 \cdot c_2) \cdot g_o \quad (9)$$

gdzie g_o jest grubością ścianki elementu walcowego, obliczoną przy użyciu współczynnika wytrzymałościowego ścianki, jaki ta ścianka posiada w miejscu rozpatrywanym przed wycięciem otworu. Pole powierzchni przekroju materiału wzmacniającego jest sumą szeregu składników (rys. 2), a mianowicie:

$$F_{wzm} = 2 \cdot (F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F'_{sp} + F'_{str}) \quad (10)$$

Przy obliczaniu innych niż F_1 składników F_{wzm} należy uwzględnić ewentualną różnicę we własnościach wytrzymałościowych materiałów podstawowych ścianki wzmacnianej i wzmocnienia stosując współczynnik κ_i :

$$\kappa_i = \frac{R_{ei}}{R_{esw}} \quad (11)$$

Nie dopuszcza się stosowania wartości $\kappa_i > 1$.

Jeżeli prostokąty wzmocnienia dwóch sąsiednich otworów częściowo się pokrywają, a wykonanie wzmocnień oddzielnie dla każdego otworu jest konstrukcyjnie niemożliwe, to należy dla obu otworów dać wspólne wzmocnienie o polu przekroju:

$$F_{wzm} \geq F'_{str} + F''_{str}$$

gdzie F'_{str} i F''_{str} są polami powierzchni przekroju materiału straconego odpowiednio w pierwszym i drugim otworze.

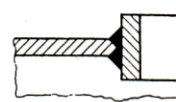
4.6. Elementy wzmacniające powinny być tak rozmieszczone, aby jak najwięcej materiału wzmacniającego znajdowało się w pobliżu krawędzi otworu.

4.7. Spawane złącza elementów wzmacniających z płaszczem walcowym powinny być tak rozwiązane, aby wzmocnienie wraz z elementem walcowym tworzyło jedną całość pod względem wytrzymałościowym.

Warunkowi temu odpowiadają przykłady podane na rysunkach 3, 4 i 2 (strona prawa).



Rys. 3

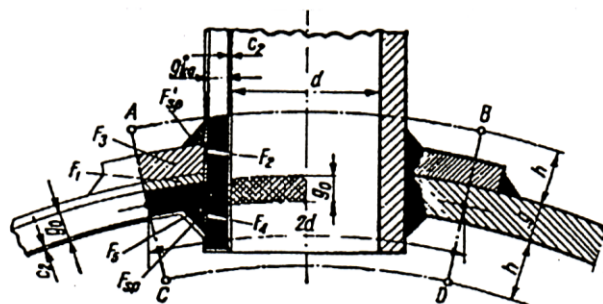


Rys. 4

5. WZMOCNIENIA OTWORÓW W DNACH WYPUKŁYCH

5.1. Obliczanie wzmocnień den przeprowadza się w sposób podany w pkt. 4 dla elementów walcowych z tą różnicą, że prostokąt wzmocnienia (rys. 2) zmienia się na wycinek pierścienia (rys. 5).

Wzmocnienie nie powinno zachodzić na wyoblenie dna koszykowego, a w dnie eliptycznym i kulistym na pierścieniu, wyznaczony w rzucie poziomym średnicami D_z i $0,8 \cdot D_z$.



Rys. 5

5.2. Obliczeniową grubość g_o^k ścianki w kulistej części pełnego dna koszykowego lub części środkowej (o średnicy $0,8 D_z$) pełnego dna eliptycznego wyznacza się ze wzoru:

$$g_o^k = \frac{D_z \cdot p_o \cdot y_k}{4 \cdot k}$$

Współczynnik wytrzymałościowy y_k należy ustalić według tablicy 2.

Tablica 2

	y_k w zależności od $\frac{H_z}{D_z}$							
$\frac{H_z}{D_z}$	0,18	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
y_k	2,68	2,39	1,84	1,53	1,30	1,18	1,12	1,10
Do obliczeń należy przyjmować wartości y_k zaokrąglone do jednego znaku dziesiętnego po przecinku. Dla wartości pośrednich należy zastosować interpolację.								

5.3. Wymagania pkt. 5.1. i 5.2. nie mają zastosowania do tych otworów w dnie wypukłym, których wpływ osłabiający na ściankę dna został uwzględniony w wartości współczynnika y_w wg tablicy 2 w pkt. 3.2 warunków technicznych DT-UC-90/WO-O/08.

6. WZMOCNIENIA OTWORÓW W ELEMENTACH STOŻKOWYCH

Obliczanie wzmocnień otworów w elementach stożkowych przeprowadza się w taki sam sposób jak w elementach walcowych.

URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO	WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO	DT - UC - 90
	Urządzenia ciśnieniowe OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE Połączenia kołnierzo- śrubowe	WO-O/19
1. WSTĘP		
1.1. Zakres stosowania		
1.1.1. Obliczenia mają zastosowanie przy projektowaniu kołnierzy okrągłych o konstrukcji spełniających wymagania określone w pkt. 2 i podlegających działaniu ciśnienia.		
1.1.2. Kołnierze kryzowe wg rys. (5, 6, 7, 8) mogą być stosowane w urządzeniach ciśnieniowych, dla których $p_o \leq 2\text{MPa}$ i $-20^\circ\text{C} \leq t_o \leq 200^\circ\text{C}$.		
1.2 Oznaczenia		
Przy obliczaniu połączeń kołnierzo-śrubowych stosuje się oznaczenia wg DT-UC-90/WO-O/00 i tablicy 1.		
Tablica 1		
Symbol	Jednostka	Nazwa symbolu
1	2	3
N_m	N	siła montażowego naciągu śrub w połączeniu kołnierzowym
N_r	N	siła ruchowego naciągu śrub w połączeniu kołnierzowym
S	N	siła nacisku na uszczelkę wywołująca w niej naprężenia σ_r
P	N	siła naporu płynu na połączenie kołnierzowe
P_e	N	siła osiowa w szyjce kołnierza od ciśnienia
M_{zm}	Nmm	moment wypadkowy sił zewnętrznych przy montażowym naciągu śrub

ciąg dalszy tablicy 1.

1	2	3
M_{zr}	Nmm	moment wypadkowy sił zewnętrznych przy ruchowym naciągu śrub
σ_m	MPa	naprężenie ściskające w uszczelce wywołane siłą N_m
σ_r	MPa	naprężenie ściskające w uszczelce wywołane siłą S
σ_{sm}	MPa	naprężenie zastępcze w szyjce kołnierza przy montażowym naciągu śrub
σ_{sr}	MPa	naprężenie zastępcze w szyjce kołnierza przy ruchowym naciągu śrub
σ_{km}	MPa	naprężenie zastępcze w kryzje kołnierza przy montażowym naciągu śrub
σ_{kr}	MPa	naprężenie zastępcze w kryzje kołnierza przy ruchowym naciągu śrub
σ_{gm}, σ_{nm}	MPa	naprężenia zastępcze w gwincie kołnierza przy montażowym naciągu śrub
σ_{gr}, σ_{nr}	MPa	naprężenia zastępcze w gwincie kołnierza przy ruchowym naciągu śrub
k_1	MPa	naprężenia dopuszczalne dla materiału w temperaturze otoczenia, przy montażowym naciągu śrub
k_2	MPa	naprężenia dopuszczalne dla materiału w temperaturze obliczeniowej, przy ruchowym naciągu śrub
D_{zk}	mm	średnica zewnętrzna kryzji kołnierza
D_{wk}	mm	średnica wewnętrzna kryzji kołnierza
D_z	mm	średnica zewnętrzna elementu walcowego
D_w	mm	średnica wewnętrzna elementu walcowego
D_o	mm	średnica podziałowa otworów pod śruby
D_u	mm	średnica średnia uszczelki
D_{wu}	mm	średnica wewnętrzna uszczelki
D_1 do D_{11}	mm	średnice związane z kołnierzem i obrzeżem pod uszczelkę
d_o	mm	średnica otworów pod śruby

ciąg dalszy tablicy 1.

1	2	3
d_{sm}	mm	średnica rdzenia śruby przy montażowym naciągu śrub
d_{sr}	mm	średnica rdzenia śruby przy ruchowym naciągu śrub
d_u	mm	średnica przekroju uszczelki okrągłej
U	mm	rzeczywista szerokość uszczelki
U_{cz}	mm	szerokość czynna uszczelki
g_u	mm	grubość uszczelki
g	mm	grubość części walcowej szyjki kołnierza
g_z	mm	grubość żebra w kołnierzu żebrowanym
g_x	mm	grubość zastępcza szyjki kołnierza żebrowanego
g_s	mm	grubość maksymalna szyjki kołnierza
g_{si}	mm	grubość szyjki kołnierza w sprawdzanym przekroju ($i = 1, 2, \dots, n$)
r_{si}, r_s	mm	promień średni szyjki kołnierza w sprawdzanym przekroju
h	mm	grubość kryzy kołnierza
h_x	mm	grubość zastępcza kryzy kołnierza żebrowanego
h_z	mm	szerokość żebra
l_g	mm	długość robocza połączenia gwintowanego
l_s	mm	długość szyjki kołnierza
l_{si}	mm	odległość rozpatrywanego przekroju szyjki kołnierza od powierzchni kryzy
S_1, S_2		środki masy pól F_1 i F_2
S		środek masy pola $F_1 + F_2$
F_1, F_2	mm ²	pola przekroju kołnierza
e_1, e_2	mm	odległość środka masy od linii obojętnej
C_i	mm	odległość linii obojętnej od rozpatrywanego przekroju szyjki kołnierza ($i = 1, 2, \dots, n$)
W	mm ³	wskaźnik wytrzymałościowy szyjki kołnierza
a_u, a_r, a_e	mm	ramiona sił zewnętrznych działających na kołnierz
n_s		liczba śrub w kołnierzu
n_g		liczba zwojów gwintu na długości l_g

ciąg dalszy tablicy 1.

1	2	3
n_z		liczba żeber w kołnierzu żebrowanym
n_u		liczba zębów po jednej stronie uszczelki
B_{1k}, B_{2k}		współczynnik kształtu kołnierza
B_{1z}, B_{2z}		współczynnik kształtu kołnierza do wzorów uproszczonych
C		współczynnik uwzględniający naciąg montażowy śrub na uszczelkę przy parametrach obliczeniowych
b		współczynnik zabezpieczający przed spadkiem siły S na skutek pełzania materiału uszczelki
ψ		współczynnik wytrzymałościowy gwintu śruby
a		współczynnik wytrzymałościowy zależny od rodzaju gwintu
x_1, x_{m1}		współczynniki bezpieczeństwa dla montażowego naciągu śrub
x_2, x_{m2}		współczynniki bezpieczeństwa dla ruchowego naciągu śrub

1.3. Określenia**1.3.1. Kołnierz z szyjką - kołnierz składający się z:**

- kryzy i szyjki, wykonany jako jednoczęściowa odkuwka lub odlew (rys. 1),
- kryzy i szyjki, połączonych ze sobą spoiną (rys. 2 i 3),
- kryzy i szyjki, wykonany jako jednoczęściowa odkuwka i złączona z elementem walcowym połączeniem gwintowym (rys. 4).

1.3.2. Kołnierz kryzowy - kołnierz składający się z kryzy:

- luźnej, nasadzonej na element walcowy (rys. 5 i 6),
- stałej, połączonej z elementem walcowym połączeniem gwintowym (rys. 7),
- stałej, połączonej z elementem walcowym spoiną (rys. 8).

1.3.3. Kołnierz żebrowany - kołnierz składający się z kryzy stałej przyspawanej do elementu walcowego oraz z żeber wzmacniających (rys. 9).

1.3.4. Montażowy naciąg śrub - suma wszystkich osiowych sił rozciągających, powstała w śrubach przez dokręcenie nakrętek przy temperaturze otoczenia i bez ciśnienia wewnętrznego.

1.3.5. Ruchowy naciąg śrub - suma wszystkich osiowych sił rozciągających powstała w śrubach, po uzyskaniu naciągu montażowego, w czasie eksploatacji przy ciśnieniu obliczeniowym i w temperaturze obliczeniowej.

2. WYMAGANIA KONSTRUKCYJNE

2.1. Ustalenia

2.1.1. Naprężenia dopuszczalne dla poszczególnych elementów połączenia kołnierzowo-śrubowego (kryza, szyjka, śruby) należy ustalać wg DT-UC-90/WO-0/00, przy czym:

- temperatura obliczeniowa dla określenia wartości R_e^t i $R_e(\tau)_t$ w połączeniach nie zaizolowanych może być skorygowana wg wykresów (rys. 10 - 12),
- współczynniki bezpieczeństwa podaje tablica 2.

W kołnierzach szyjkowych, spawanych z materiałów o różnych własnościach wytrzymałościowych, należy przyjąć dla całego kołnierza jednakowe naprężenia dopuszczalne, odpowiadające materiałowi o własnościach niższych.

2.1.2. Szerokość uszczelki odnosi się do konstrukcji powierzchni uszczelniającej i powinna być ustalona wg tablicy 3.

2.1.3. Materiał uszczelki powinien być dostosowany do maksymalnej temperatury jaką uszczelka może osiągnąć w ruchu.

2.1.4. Granica plastyczności materiału uszczelki metalowych nie powinna przekraczać granicy plastyczności materiału kołnierza lub obrzeży z którymi uszczelka będą współpracować.

2.1.5. Nakładki i wykładziny antykorozyjne nie uwzględnia się w obliczeniach wytrzymałościowych.

2.1.6. Konstrukcja kołnierza żebranego powinna spełniać następujące wymagania:

- żebra wzmacniające powinny być rozmieszczone symetrycznie między otworami pod śruby, a ilość żeber nie może być mniejsza od ilości otworów,
- grubość żeber wzmacniających powinna być mniejsza od grubości kryzy i spełniać warunek:

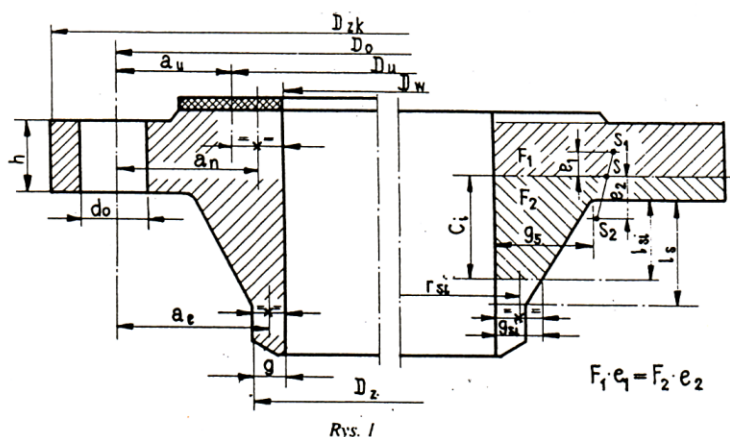
$$g \leq g_z \leq 2g$$

- żebra wzmacniające powinny być nachylone do osi kołnierza pod kątem 45° ,
- materiał żeber wzmacniających powinien posiadać własności wytrzymałościowe nie niższe niż własności wytrzymałościowe kryzy lub elementu walcowego (szyjki).

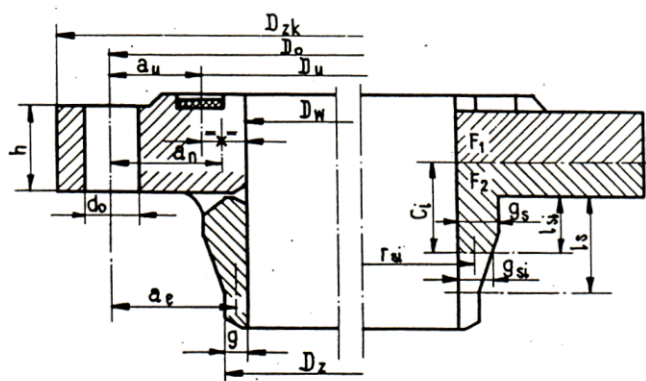
Tablica 2

Rodzaj materiału		Współczynniki bezpieczeństwa				
		dla montażowego naciągu śrub		dla ruchowego naciągu śrub		
		x_1	x_{m1}	x_2	x_{m2}	
Kołnierz (kryza, szyjka)	Stal węglowa i stopowa z określoną w normie udarnością	1,1	-	1,3	-	
	Stal węglowa i stopowa z nie określoną w normie udarnością	1,3	-	1,55	-	
	Staliwo	1,5	-	2,0	-	
	Żeliwo	sferoidalne	-	2,5	-	5,0
		z grafitem płytkowym, wyżarzane	-	3,5	-	7,0
		z grafitem płytkowym, nie wyżarzane	-	4,5	-	9,0
Miedź i jej stopy	1,1	2,5	1,5	4,0		
Aluminium i jego stopy	1,1	2,5	1,5	5,0		
Śruby	Stal węglowa i stopowa z określoną w normie udarnością	1,1	-	1,5	-	
	Stal węglowa i stopowa z nie określoną w normie udarnością	1,2	-	1,65	-	

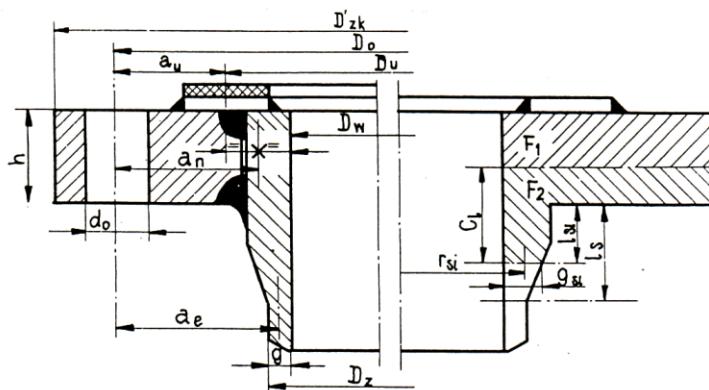
x_1, x_2 odnoszą się do R_e, R_e^t i $R_e(\tau)_t$
 x_{m1}, x_{m2} odnoszą się do R_m



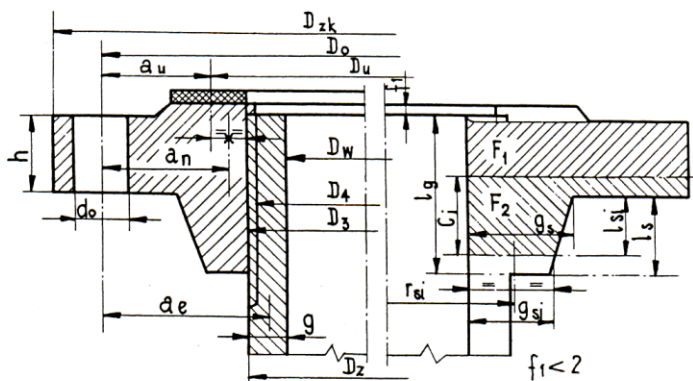
Rys. 1



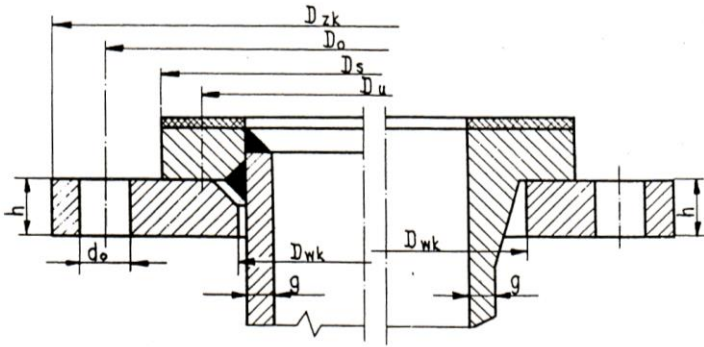
Rys. 2



Rys. 3

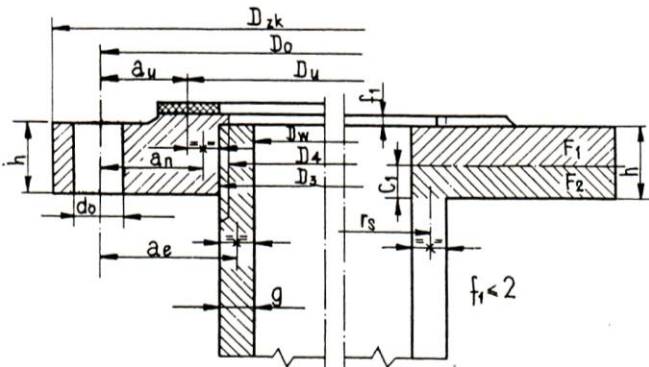


Rys. 4

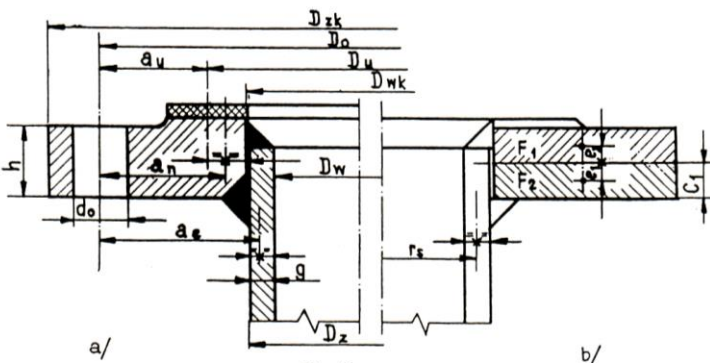


Rys. 5

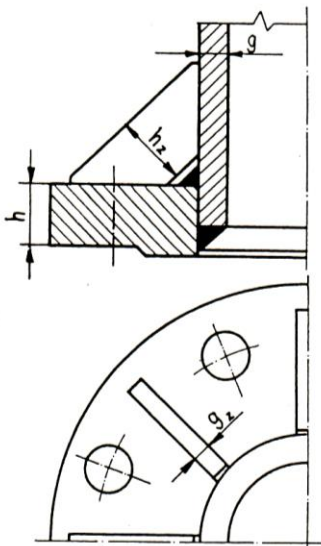
Rys. 6



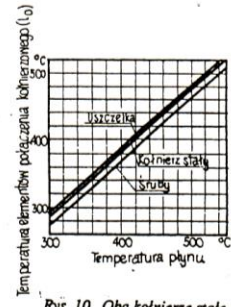
Rys. 7



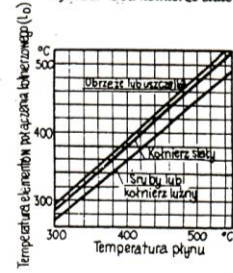
Rys. 8



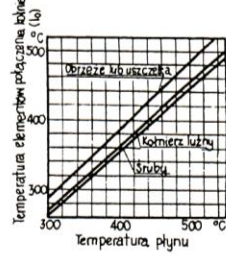
Rys. 9



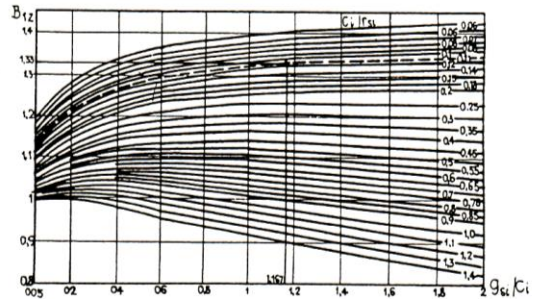
Rys. 10. Oba kołnierze stałe



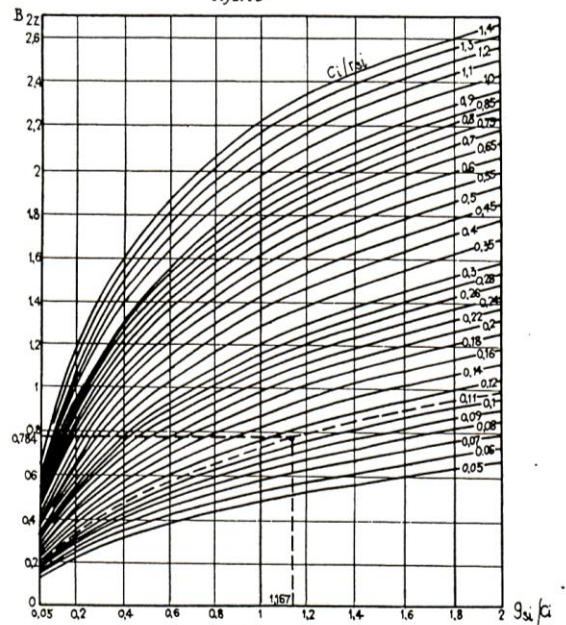
Rys. 11. Jeden kołnierz stały, drugi luźny



Rys. 12. Oba kołnierze luźne



Rys. 13



Rys. 14

Tablica 3

Lp.	Konstrukcja uszczelnienia	Średnica średnica uszczelnienia	Szerokość rzeczywista uszczel.	Czynna szerokość uszczelnienia, U_{cz}			
				uszczelki miękkiej lub kombinowanej		uszczelki metalowej	
				przy rzeczywistej szerokości			
				$U \leq 12 \text{ mm}$	$U > 12 \text{ mm}$	$U \leq 12 \text{ mm}$	$U > 12 \text{ mm}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1		$\frac{D_1 + D_{wk}}{2}$	$\frac{D_1 - D_{wk}}{2}$	U	$3,47 \sqrt{U}$	U	$3,47 \sqrt{U}$
2		$\frac{D_2 + D_{wk}}{2}$	$\frac{D_2 - D_{wk}}{2}$	U	$3,47 \sqrt{U}$	U	$3,47 \sqrt{U}$
3		$\frac{D_1 + D_3}{2}$	$\frac{D_1 - D_3}{2}$	U	$3,47 \sqrt{U}$	U	$3,47 \sqrt{U}$

1	2	3	4	5 i 6	7 i 8
8		$\frac{D_9 + D_{10}}{2}$	$U = d_u$	2 U	$\frac{U}{4}$ dla $U < 3$
9		$\frac{D_9 + D_{10}}{2}$	$U = d_u$	2 U	$\frac{U}{3,5}$ dla $U < 3$
10		$D_7 + d_u$	$U = d_u$	2 U	$\frac{U}{3}$ dla $U \leq 3$
11		$D_{wu} + U$	U	-	$0,85 \sqrt{n_u}$ $n_u \geq 3$
12		$\frac{D_{11} + D_{wk}}{2}$	$\frac{D_{11} - D_{wk}}{2}$	-	$\frac{U}{3}$

1	2	3	4	5	6	7	8
4		$\frac{D_5 + D_6}{2}$	$\frac{D_5 - D_6}{2}$	U	$3,47 \sqrt{U}$	U	$3,47 \sqrt{U}$
5		$\frac{D_7 + D_8}{2}$	$\frac{D_7 - D_8}{2}$	U	$3,47 \sqrt{U}$	U	$3,47 \sqrt{U}$
6		$\frac{D_7 + D_{wk}}{2}$	$\frac{D_7 - D_{wk}}{2}$	U	$3,47 \sqrt{U}$	U	$3,47 \sqrt{U}$
7		$\frac{D_2 + D_{wk}}{2}$	$\frac{D_2 - D_{wk}}{2}$	U	$3,47 \sqrt{U}$	U	$3,47 \sqrt{U}$

$f \geq 0,25 g_u$

Tablica 4.

Rodzaj uszczelki		σ_m MPa	σ_t MPa		
Uszczelki miękkie (niemetalowe)	Miękka guma z kauczuku syntetycznego o twardości wg Shore'a poniżej 75	0,1	P_o		
	Twarda guma z kauczuku naturalnego lub syntetycznego o twardości wg Shore'a większej lub równej 75	1,4	$2p_o$		
	Miękka guma z kauczuku naturalnego lub syntetycznego z przekładkami płóciennymi	2,8	$2,5p_o$		
	Twarda guma z kauczuku naturalnego lub syntetycznego z przekładkami płóciennymi				
	Tektura techniczna impregnowana i grafitowana (TIG) pokostowana	5,0	$3p_o$		
	Skóra				
	Korek prasowany				
	Filt techniczny	8,0	$3,5p_o$		
	Arkusze z włókna roślinnego (z konopi lub juty)				
	Fibra	o grubości mm			
Masa azbestowo-kauczukowa	1			$40,0$	$6,4p_o$
Tarflen (teflon)	2			$21,0$	$5p_o$
Płyta azbestowa prasowana	3			$12,0$	$4,1p_o$
Uszczelki metalowe	Falowany pierścień metalowy	z wyważonego aluminium	26,0	$5,5p_o$	
		z wyważonej miedzi lub mosiądzu	31,5	$6p_o$	
		z żelaza lub miękkiej stali	38,5	$6,5p_o$	
		z monelu			
	Płaski, rowkowy lub soczewkowy pierścień metalowy lub okrągły pierścień metalowy (druć)	ze stali 4-6% Cr	46,0	$7p_o$	
		ze stali nierdzewnej lub kwasoodpornej	53,5	$7,5p_o$	
		z ołowiu	55,0	$7,5p_o$	
		z wyważonego aluminium	62,0	$8p_o$	
		z wyważonej miedzi lub mosiądzu	91,5	$9,5p_o$	
		z żelaza lub miękkiej stali	126,5	$11p_o$	
		z monelu			
		ze stali 4-6% Cr	153,0	$12p_o$	
		ze stali nierdzewnej lub kwasoodpornej	183,0	$13p_o$	

ciąg dalszy tablicy 4.

Rodzaj uszczelki		σ_m MPa	σ_r MPa	
Uszczelki kombinowane	Wypełniona azbestem płaska koszulka metalowa	z wyżarzonego aluminium	38,5	$6p_o$
		z wyżarzonej miedzi lub mosiądzu	46,0	$7p_o$
		z żelaza lub miękkiej stali	53,5	$7,5p_o$
		z monelu	56,5	$7p_o$
		ze stali nierdzewnej lub kwasoodpornej ze stali 4-8% Cr	63,5	$7,5p_o$
	Przekładana azbestem spirala metalowa	ze stali węglowej	20,5	$5p_o$
		ze stali nierdzewnej	31,5	$6p_o$
	Azbestomiedz (AM)		26,0	$5,5p_o$
	Azbestowo - kauczukowa z wewnętrzną metalową wkładką falowaną lub azbest owinięty metalową blachą	z wyżarzonego aluminium	20,5	$5p_o$
		z wyżarzonej miedzi lub mosiądzu	26,0	$5,5p_o$
z żelaza lub miękkiej stali		31,5	$6p_o$	
z monelu		—	—	
ze stali 4-6% Cr		38,5	$6,5p_o$	
ze stali nierdzewnej lub kwasoodpornej	46,0	$7p_o$		

Tablica 5

Materiał uszczelki	Wartość współczynnika "b" uszczelki o temperaturze				
	20°C	200°C	300°C	400°C	
Guma, tektura, korek	1,1	1,3	-	-	
Masa azbestowo-kauczukowa					
Teflon (tarfen)					
Płyta azbestowa prasowana	1,1	1,6	2,0	-	
Uszczelka azbestowo-kauczukowa z wewnętrzną metalową wkładką:					
	z aluminium	1,0	2,0	2,5	3,0
	z miedzi lub mosiądzu	1,0	1,6	2,0	2,4
	z miękkiej stali	1,0	1,6	2,0	2,4
Wypełniona azbestem płaska koszulka metalowa:					
	z aluminium	1,0	1,8	2,3	2,8
	z miedzi lub mosiądzu	1,0	1,6	2,0	2,4
z miękkiej stali	1,0	1,5	1,7	1,9	
Metal			1,0		

Tablica 6

Rodzaj wykonania śrub i nakrętek	Współczynnik ψ
zgrubne(C) ¹⁾	0,5
średnio dokładne (B)	0,75
dokładne (A)	1,0

¹⁾ mogą być stosowane wyłącznie dla $p_o \leq 1,6$ MPa i $-20 < t_o \leq 200^\circ\text{C}$

3.OBLICZANIE POŁĄCZEŃ KOŁNIERZOWO-ŚRUBOWYCH

3.1. Obliczanie sił naciągu śrub

3.1.1. Wartość siły ruchowego naciągu śrub oblicza się według wzoru (1):

$$N_r = P + b \cdot S \quad (1)$$

w którym:

$$P_c = \frac{\pi \cdot D_u^2}{4} \cdot p_o \quad (2)$$

$$S = \pi \cdot D_u \cdot U_{cz} \cdot \sigma_r \quad (3)$$

 D_u, U_{cz} - wg tablicy 3. σ_r - wg tablicy 4. b - wg tablicy 5.

3.1.2. Wartość siły montażowego naciągu śrub przyjmuje się jako większą z obliczonych ze wzorów (4) i (5).

$$N_{m1} = \pi \cdot D_u \cdot U_{cz} \cdot \sigma_m \quad (4)$$

$$N_{m2} = C \cdot N_r \quad (5)$$

w których:

 D_u, U_{cz} - wg tablicy 3. σ_m - wg tablicy 4. N_r - wg pkt. 3.1.1 $C = 1,2$ - dla $D_u \leq 500$ mm $C = 1,4$ - dla $D_u > 500$ mm

3.2. Średnica rdzenia śruby.

Średnica rdzenia śrub powinna być co najmniej równa większej z wartości obliczonych wg wzorów (6) i (7)

$$d_{sm} = 1,13 \sqrt{\frac{N_m}{\psi \cdot n_s \cdot k_1}} \quad (6)$$

$$d_{sr} = 1,13 \sqrt{\frac{N_r}{\psi \cdot n_s \cdot k_2}} \quad (7)$$

w których:

 N_m, N_r - wg pkt. 3.1. k_1, k_2 - wg pkt. 2.1.1. ψ - ustala projektant, wg tablicy 6.

3.3. Kołnierze szyjkowe jednoczęściowe i spawane.

3.3.1. Zakres obliczeń.

Kołnierze szyjkowe (rys. 1 - 3) oblicza się na naprężenia zastępcze w szyjce i kryzie.

3.3.2. Wartość naprężeń zastępczych w szyjce kołnierza wyznacza się:

a) przy montażowym naciągu śrub - wg wzoru (8)

$$\sigma_{sm} = \frac{M_{zm}}{W} \quad (8)$$

b) przy ruchowym naciągu śrub - wg wzoru (9)

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{zr}}{W} \quad (9)$$

3.3.2.1. Wypadkowe momenty sił zewnętrznych oblicza się:

a) przy montażowym naciągu śrub - wg wzoru (10)

$$M_{zm} = N_m \cdot a_u \quad (10)$$

b) przy ruchomym naciągu śrub - wg wzoru (11)

$$M_{zr} = N_r \cdot a_u + P(a_n - a_u) + P_e(a_e - a_n) \quad (11)$$

w których:

$$P_e = \frac{\pi \cdot D_w^2}{4} p_o \quad (12)$$

$$a_u = 0,5 (D_o - D_w) \quad (13)$$

$$a_n = 0,25 (2D_o - D_u - D_w) \quad (14)$$

$$a_e = 0,5 (D_o - D_w - g) \quad (15)$$

N_m, N_r, P - wg pkt. 3.1

3.3.2.2. Wskaźnik wytrzymałościowy szyjki kołnierza (rys. 1 - 4) jest to najmniejsza wartość wskaźnika wytrzymałościowego obliczonego dla poszczególnych przekrojów szyjki w zakresie $0 \leq l_{si} \leq l_s$

$$W = 2\pi \left[2F_1 \cdot e_1 + \frac{0,25r_{si}(g_{si}^2 - 0,25g^2) + r_{si} \cdot g_{si} \cdot C_i \cdot B_{2k}}{\sqrt{1 + B_{1k} + B_{1k}^2 + 3B_{2k}^2}} \right] \quad (16)$$

w którym:

$$B_{1k} = \frac{C_i}{1,09 (C_i + 0,78 \sqrt{r_{si} \cdot g_{si}})} \quad (17)$$

$$B_{2k} = 0,32 \left[\frac{2C_i + 0,78 \sqrt{r_{si} \cdot g_{si}}}{C_i + 0,78 \sqrt{r_{si} \cdot g_{si}}} \right] \sqrt{\frac{g_{si}}{r_{si}}} \quad (18)$$

$F_1, e_1, r_{si}, g_{si}, C_i$ - (rys. 1 - 4).

Do obliczeń wskaźnika wytrzymałościowego można przyjąć przekrój poprzeczny kołnierza (rys. 1 - 4) pomijając powierzchnie przyłgi, wpustu i wypustu, rowka i otworów pod śruby.

Wskaźnik wytrzymałościowy szyjki kołnierza można również obliczać ze wzoru:

$$W = 4 \cdot F_1 \cdot e_1 + B_{1z} \cdot r_{si}(g_{si}^2 - 0,25g^2) + B_{2z} \cdot r_{si} \cdot g_{si} \cdot C_i \quad (19)$$

w którym:

B_{1z} - z wykresu (rys. 13)

B_{2z} - z wykresu (rys. 14)

3.3.3. Wartość naprężenia zastępczego w kryzcie kołnierza wyznacza się:

a) przy montażowym naciągu śrub - wg wzoru (20)

$$\sigma_{km} = \frac{2N_m(D_o - D_w - 2g_s)}{\pi \cdot (D_{zk} - 2d_o) h^2} \quad (20)$$

b) przy ruchowym naciągu śrub wg wzoru (21)

$$\sigma_{kr} = \frac{2N_r(D_o - D_w - 2g_s)}{\pi \cdot (D_{zk} - 2d_o) h^2} \quad (21)$$

3.4. Kołnierze szyjkowe gwintowane.

3.4.1. Zakres obliczeń.

Kołnierze szyjkowe gwintowane (rys. 4) oblicza się na naprężenie zastępcze w szyjce, kryzcie i gwincie.

3.4.2. Wartość naprężeń zastępczych w szyjce i kryzcie kołnierza oblicza się wg pkt. 3.3.2 i pkt. 3.3.3 przyjmując we wzorze (14): $D_w = D_3$.

3.4.3. Wartość naprężeń zastępczych w gwincie wyznacza się:

a) przy montażowym naciągu śrub wg wzoru (22)

$$\sigma_{gm} = a \frac{N_m}{D_4 \cdot l_g} \quad (22)$$

b) przy ruchowym naciągu śrub wg wzoru (23)

$$\sigma_{gr} = a \frac{N_r}{D_4 \cdot l_g} \quad (23)$$

w których:

N_m, N_r - wg pkt. 3.1

D_4, l_g - wg rys. 4

$a = 0,4$ - dla gwintu metrycznego

$a = 0,44$ - dla gwintu rurowego i Whitwortha

3.4.4. Wartość nacisku powierzchniowego gwintu wyznacza się:

a) przy montażowym naciągu śrub - wg wzoru (24)

$$\sigma_{nm} = \frac{4N_m}{0,7 \pi (D_3^2 - D_4^2) n_g} \quad (24)$$

b) przy ruchowym naciągu śrub wg wzoru (25)

$$\sigma_{nr} = \frac{4N_r}{0,7 \pi (D_3^2 - D_4^2) n_g} \quad (25)$$

3.5. Kołnierze kryzowe luźne.

3.5.1. Zakres obliczeń.

Kołnierze kryzowe (rys. 5 i 6) oblicza się na naprężenia zastępcze w kryzcie luźnej.

3.5.2. Wartość naprężenia zastępczego w kryzcie luźnej wyznacza się:

a) przy montażowym naciągu śrub - wg wzoru (26)

$$\sigma_{km} = \frac{2N_m(D_o - D_5)}{\pi (D_{zk} - D_{wk} - 2d_o) h^2} \quad (26)$$

b) przy ruchowym naciągu śrub - wg wzoru (27)

$$\sigma_{kr} = \frac{2N_r(D_o - D_5)}{\pi (D_{zk} - D_{wk} - 2d_o) h^2} \quad (27)$$

3.6 Kołnierze kryzowe gwintowane.

3.6.1. Zakres obliczeń.

Kołnierze kryzowe gwintowane (rys. 7) oblicza się na naprężenia zastępcze w szyjce, kryzcie i gwincie.

3.6.2. Wartość naprężeń w szyjce i kryzcie kołnierza oblicza się wg pkt. 3.3.2. w przekroju dla $l_{si} = l_s = 0$ oraz wg pkt. 3.3.3. przyjmując: we wzorze (14): $D_w = D_3$, a we wzorach (16) - (21):

$g_{si} = g_s = g, r_{si} = r_s, C_i = C_1$.

3.6.3. Wartość naprężeń w połączeniu gwintowanym - oblicza się wg pkt. 3.4.3 oraz pkt. 3.4.4

3.7. Kołnierze kryzowe stałe spawane.

3.7.1 Zakres obliczeń

Kołnierze kryzowe stałe (rys. 8) oblicza się na naprężenia zastępcze w kryzcie i szyjce.

Kołnierze o spełnionej zależności $\frac{h}{g} > 3$ można obliczać jak kołnierze luźne.

3.7.2. Wartość naprężeń w szyjce i kryzie kołnierza - oblicza się wg pkt 3.3.2 w przekroju dla $l_{si} = l_s = 0$ oraz wg pkt. 3.3.3 przyjmując we wzorze (14): $D_w = D_{wk}$, a we wzorach (16) - (21); $g_{si} = g_s = g$, $r_{si} = r_s$, $C_i = C_1$

3.7.3. Wartość naprężenia w kryzie dla kołnierzy o zależności $\frac{h}{g} > 3$ - oblicza się wg pkt. 3.5.2 przyjmując:

we wzorze (26): $D_5 = D_u$

we wzorze (27): $D_5 = D_u - \frac{P(D_u - D_w) + P_e(D_u - D_w - 2g)}{2N_r}$

3.8 Kołnierze żebrowane.

3.8.1. Zakres obliczeń.

Kołnierz żebrowany (rys. 9) oblicza się jak kołnierz kryzowy stały z tym, że we wzorach zamiast grubości szyjki g oraz grubości kryzy h przyjmuje się wartości zastępcze g_x oraz h_x .

3.8.2. Wartość naprężenia w szyjce i kryzie kołnierza - oblicza się wg pkt. 3.7.2. przy czym:

a) za grubość g przyjmuje się g_x - wg wzoru (28)

$$g_x^2 = \frac{2g}{h_z - x_1} \left[g^2 + 3x_1(g + x_1) \right] + \frac{2g_z \cdot n_z}{\pi \cdot D_z} \cdot \left[\frac{x_1^3}{h_z - x_1} + (h_z - x_1)^2 \right] \quad (28)$$

w którym:

$$x_1 = \frac{g_z \cdot h_z^2 \cdot n_z - \pi \cdot D_z \cdot g^2}{2(\pi \cdot D_z \cdot g + g_z \cdot h_z \cdot n_z)} \quad (29)$$

b) za grubość h przyjmuje się h_x - wg wzoru (30)

$$h_x^2 = \frac{2h}{h_z - x_2} \left[h^2 + 3x_2(h + x_2) \right] + \frac{2g_z \cdot n_z}{\pi \cdot D_z} \cdot \left[\frac{x_2^3}{h_z - x_2} + (h_z - x_2)^2 \right] \quad (30)$$

w którym:

$$x_2 = \frac{g_z \cdot h_z^2 \cdot n_z - \pi \cdot D_z \cdot h^2}{2(\pi \cdot D_z \cdot h + g_z \cdot h_z \cdot n_z)} \quad (31)$$

3.9. Obliczone naprężenia w szyjce, kryzie i gwincie kołnierza nie mogą być większe:

a) dla montażowego naciągu śrub

$\sigma_{sm}, \sigma_{km}, \sigma_{gm}$, - od naprężeń dopuszczalnych k_1 ,

b) dla ruchowego naciągu śrub

$\sigma_{sr}, \sigma_{kr}, \sigma_{gr}$, - od naprężeń dopuszczalnych k_2 ,

przy czym: k_1 i k_2 - wg pkt. 2.1.1.

URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO		WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO	DT - UC - 90
		Urządzenia ciśnieniowe OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE Pokrywy włazowe i pokrywki	WO-O/20
1. WSTĘP			
1.1. Zakres stosowania			
Obliczenia należy stosować przy projektowaniu pokryw włazowych i pokrywek.			
1.2. Oznaczenia			
wg DT-UC-90/WO-O/00 i tablicy 1. Tablica 1			
Symbol	Jednostka	Nazwa wielkości	
a	mm	wielka oś eliptycznej pokrywy lub pokrywki mierzona wzdłuż otworu,	
b	mm	mała oś eliptycznej pokrywy lub pokrywki mierzona wzdłuż otworu,	
d_{sm}	mm	średnica rdzenia śrub mocujących pokrywę lub pokrywkę.	
1.3. Określenia i ustalenia.			
1.3.1. Przez pokrywy włazowe i pokrywki otworowe należy rozumieć płyty nie zamocowane na obwodzie i przyciskane do ścianek naczynia przez ciśnienie płynu znajdującego się w nim.			

1.3.2. Kształt pokryw i pokrywek powinien być taki, aby niemożliwe było wypchnięcie uszczelki przez ciśnienie. Wymaganie to uważa się za spełnione, jeżeli zostały zastosowane uszczelki metalowe lub kombinowane względnie jeżeli pokrywy mają występ.

Wysokość występu powinna być co najmniej o 5 mm większa niż grubość uszczelki. Szczelina pomiędzy obrzeżem otworu a brzegiem występu pokrywy w dowolnym miejscu nie powinna być większa niż 3 mm przy ciśnieniu obliczeniowym mniejszym niż 3 MPa, a 1 mm przy ciśnieniu obliczeniowym większym niż 3 MPa.

1.3.3. Śruby powinny być wkręcone do pokryw i pokrywek na gwint, a od strony ciśnieniowej zanitowane lub spawane uszczelniającą spoiną pachwinową. Połączenia śrub z pokrywkami za pomocą tylko złączy spawanych mocnoszczelnych jest dozwolone pod warunkiem, że zostanie zachowana prostopadłość osi śruby do płaszczyzny powierzchni przyłogowych.

1.3.4. Średnicę rdzenia d_{sm} śrub mocujących pokrywę lub pokrywkę należy obliczać ze wzoru (6) wg DT-UC-90/WO-O/19 pkt. 3.2. przyjmując, że $N_m = b \cdot S$ wg pkt. 3.1.1. - DT/UC-90/WO-O/19, lub $N_m = \pi \cdot D_u \cdot U_{cz} \cdot \sigma_m$

1.3.5. Współczynniki bezpieczeństwa.

Przy wyznaczaniu naprężeń dopuszczalnych k wielkość współczynnika bezpieczeństwa x należy przyjmować wg DT-UC-90/WO-O/12 pkt. 1.3.6.

2.OBLICZENIA GRUBOŚCI POKRYW

2.1. Obliczeniową grubość okrągłych pokryw i pokrywek oblicza się ze wzoru:

$$g_o = 0,45 \cdot D_w \cdot \sqrt{\frac{P_o}{k}} \quad (1)$$

2.2. Obliczeniową grubość eliptycznych pokryw i pokrywek oblicza się ze wzoru:

$$g_o = 0,45 \cdot b \cdot \sqrt{\frac{P_o}{k}} \quad (2)$$

pod warunkiem, że:

$$b \geq 0,5 a$$

3.6. Komputerowe wspomaganie projektowania

Ujęte w katalogu Warunków Technicznych Dozoru Technicznego wymagania dla obliczeń wytrzymałościowych elementów aparatury ciśnieniowej (tablica 3.8), są także dostępne w formie dostosowanej do obliczeń komputerowych, czego przykładem mogą być programy DT-Zbiornik i DT-Flange (rys. 3.4). Są one przy tym całkowicie dostosowane do tych wymagań, co umożliwia prowadzenie obliczeń konstrukcyjnych oraz prezentację ich wyników w sposób zgodny ze strukturą projektu koncesyjnego, tj. projektu, który dla UDT stanowi podstawę zatwierdzenia dokumentacji konstrukcyjno-technicznej aparatu przewidywanego do wykonania.

Celem przybliżenia czytelnikowi postaci programów DT-Zbiornik i DT-Flange, na rys. 3.5÷3.13 przedstawiono – w formie kompilacji okien dialogowych – wybrane elementy procedur programowych, pozwalające na zrozumienie struktury tych programów i zakresu obliczeń wytrzymałościowych (przykład obliczeniowy podano w p. 7.2).

Ogólnie ujmując, programy DT-Zbiornik i DT-Flange stanowią dwa odrębne moduły (pakiety) obliczeniowe o wspólnej strukturze programowej (rys. 3.4b), przy czym:

- a) program „DT-Zbiornik” (rys. 3.5), pozwala na prowadzenie obliczeń konstrukcyjnych elementów ciśnieniowej aparatury typu zbiornikowego i płaszczowo-rurkowego, wyszczególnionych w stosownych warunkach technicznych dozoru technicznego;
- b) program „DT-Flange” (rys. 3.6), umożliwia projektowanie dla tych elementów połączeń kołnierzowo-śrubowych.

Elementy aparatury, do których obliczenia programowe mają zastosowanie, są oznaczone w menu *Arkusze* (rys. 3.5, rys. 3.6). Menu to jest aktywne, co oznacza, że przy zadanej opcji *element* przechodzi się bezpośrednio do arkusza obliczeniowego wybranego elementu, jak to przedstawiono przykładowo na rys. 3.5 (*Walec P wew.*) i rys. 3.6 (*Kolnierz szyjkowy*). Dalsze przykłady wskazano na rys. 3.7 i rys. 3.8, na których przedstawiono jedynie arkusze obliczeniowe wybranych elementów aparatury.

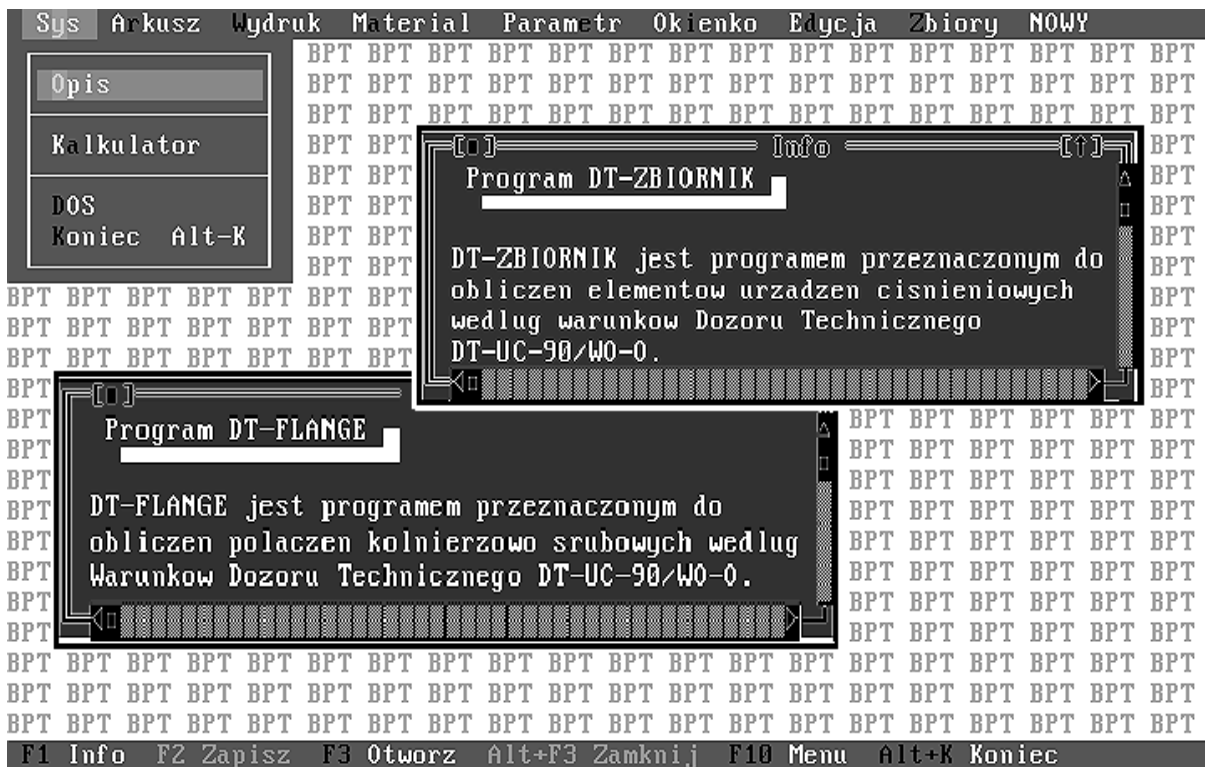
Struktura każdego arkusza obliczeniowego pozwala na bardzo łatwe wprowadzenie danych, poprzez ich zapisanie w aktywnym polu arkusza. Każde pole wprowadzania danych ma pełne możliwości edycji (korekta itp.), a po poszczególnych polach można poruszać się w sposób swobodny, wypełniając je (lub poprawiając dane) w dowolnej kolejności; poprawność zapisu wartości danej w wypełnionym polu jest sprawdzana po jego opuszczeniu, kiedy to także zostaje zapamiętana. Nadmienić należy, że występuje kilka pól, z których dane przenoszone są z aktywnego arkusza na kolejno otwierane. Są to numer rysunku (*Rys. nr*) oraz wartości ciśnienia obliczeniowego (*Po*), temperatury obliczeniowej (*to*), nadładku eksploatacyjnego na korozję (*c2*); ustalone programowo domyślne wartości danych można oczywiście modyfikować.

Pola wprowadzania danych generalnie podzielone są na pola tekstowe, w których można wprowadzać dowolne znaki oraz pola liczbowe, w których przyjmowane są tylko cyfry i kropka, jako znak oddzielający część całkowitą liczby od jej części dziesiętnej (arkusze obliczeniowe zawierają pola o ograniczonej liczbie przyjmowanych znaków). Wszystkie pola wprowadzania danych są szczegółowo opisane, jako podpowiedzi (*F9-Wpisz*) w dolnym menu arkusza obliczeniowego (np. *Nazwa obliczanego elementu*, *Współczynnik bezpieczeństwa* itd.) - rys. 3.5 do rys. 3.8. Z menu tego wywołuje się także pełnoekranową informację ogólną oraz pomocniczą. Pierwsza (*F1-Info*) jest dostępna dla każdego miejsca (pola) arkusza i przybliży użytkownikowi problem (rys. 3.4, rys. 3.9a,c), druga (*F5-Pomoc*) - jest linią podpowiedzi, dostępną jedynie dla niektórych miejsc arkusza obliczeniowego, jako procedura ułatwiająca wprowadzanie danych lub jako obliczenie pomocnicze (rys. 3.9b,d); pomoc dostępna jest tylko wtedy, kiedy sygnalizowana jest w linii podpowiedzi menu a związana jest z bieżącym polem wprowadzania danych.

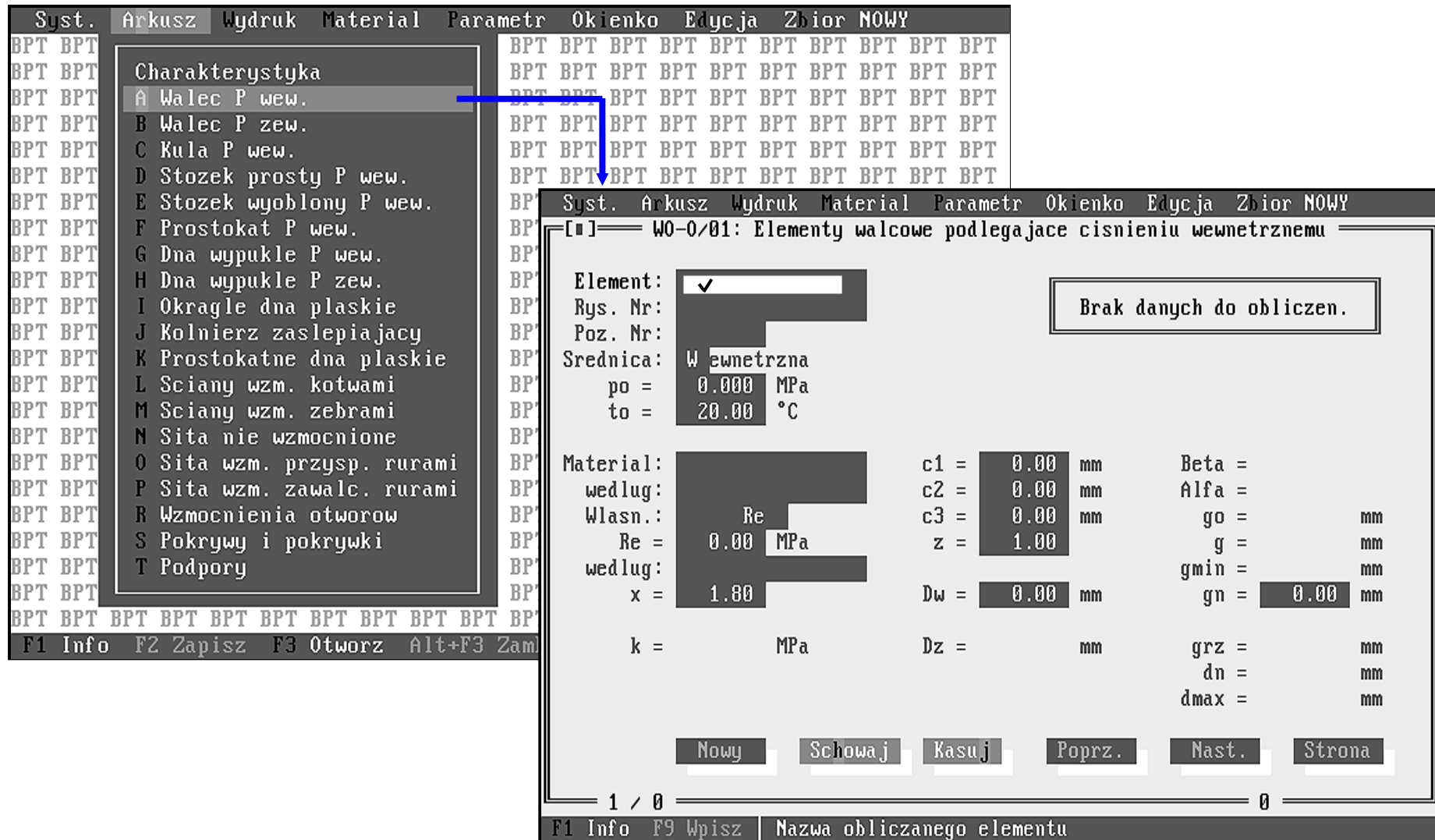
Odrębnym rodzajem pomocy przy wypełnianiu arkusza pomiarowego jest kartoteka materiałów. Wprowadzenie danych związanych z materiałem do odpowiednich pól dokonuje się automatycznie po wybraniu z menu głównego opcji *Materiały* (rys. 3.10) i wybraniu z kartotekiżądanego materiału (kartoteka zawiera ok. 250 pozycji i obejmuje najczęściej stosowane materiały stosowane do budowy urządzeń ciśnieniowych, które zostały dopuszczone Warunkami Dozoru Technicznego). Opcja ta - podobnie jak pozostałe z menu głównego - jest wyższego rzędu, tzn. jest aktywna przez cały okres użytkowania arkusza obliczeniowego. W przypadku programu DT-Flange, możliwy jest równoległy wybór materiału na poszczególne elementy połączenia kołnierzowo-śrubowego (rys. 3.11), co pozwala na bezpośrednie porównanie właściwości materiałów przeznaczonych na te elementy (kołnierz-kryza-szyjka, śruba), jeszcze przed dokonaniem obliczeń (polecenie *Oblicz*).

Rezultaty obliczeń konstrukcyjno-wytrzymałościowych (dane, wyniki, charakterystyka elementów itp.), otrzymane na bazie poszczególnych arkuszy obliczeniowych mogą być zachowane tak w postaci zbioru (pliku) systemowego, jak i wydrukowane. Pozwalają na to opcje ujęte w menu *Zbiory* (rys. 3.12), w którym dla wygody użytkownika dostępny jest także spis aktywnych arkuszy pomiarowych (opcja *Spis*). Nadmienić należy, że po odczytaniu zbioru, przejście do odpowiedniego arkusza obliczeniowego może nastąpić bezpośrednio z listy *Spis treści*. Zapisywanie (względnie odczytanie) danych może być selektywne, na co pozwalają także odpowiednie polecenia programowe z menu *Parametr* i *Wydruk* (rys. 3.13). Istnieje przy tym możliwość wyboru języka, w jakim generowany będzie wydruk z obliczeń (polski lub angielski), ustawienie standardu polskich znaków, zarządzanie zbiorami, wskazanie na formę wydruku (ekran, drukarka) itd.

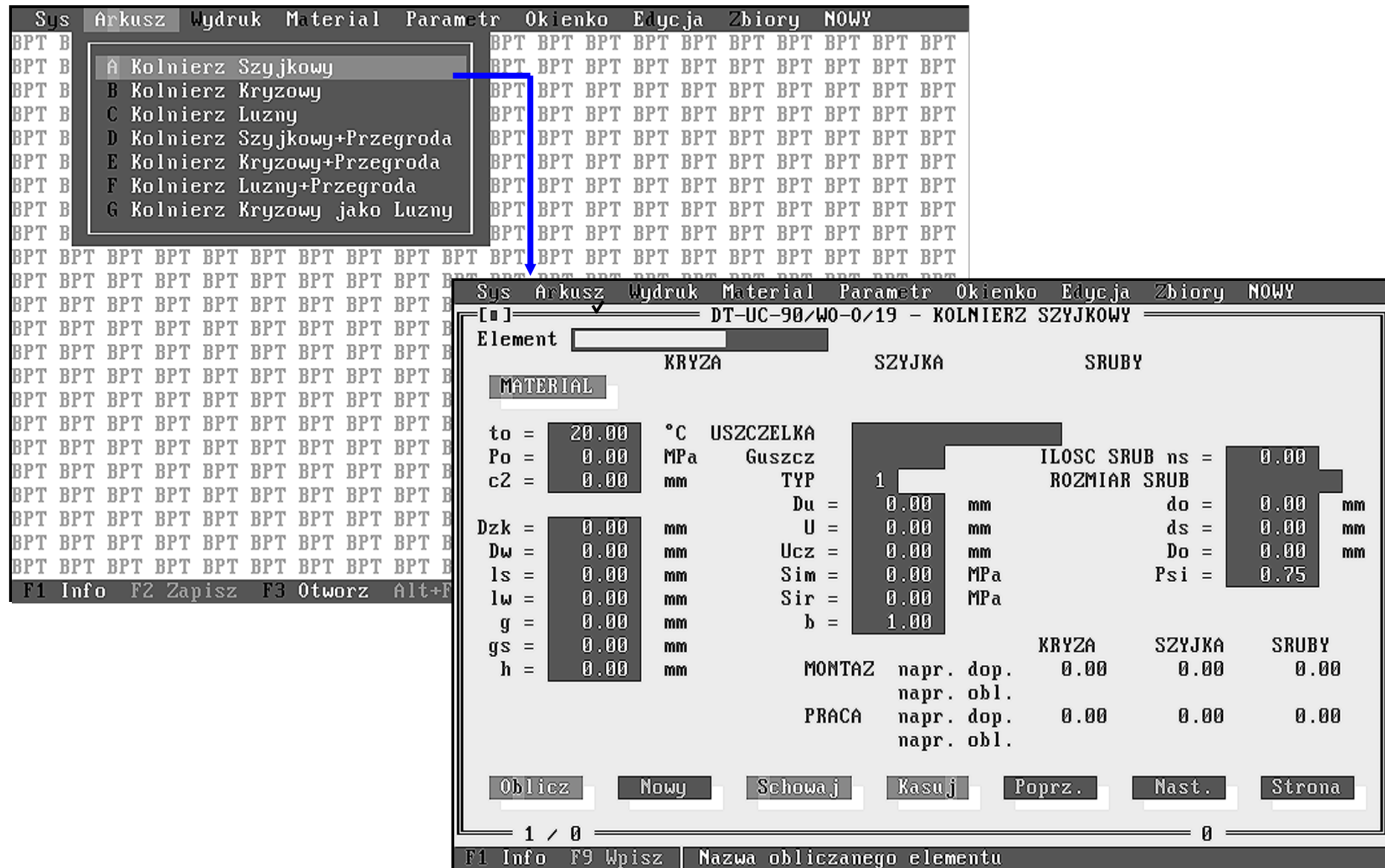
Parametry programów DT-Zbiornik i DT-Flange uwzględniają także wybór innej, aniżeli wg norm polskich, kartoteki materiałowej (polecenie *Materiały*), z której są odczytywane właściwości wytrzymałościowe, a mianowicie: wg norm amerykańskich (ASTM/ASME) oraz niemieckich (DIN).



Rys. 3.4. Funkcje systemowe i opis programów DT-Zbiornik, DT-Flange



Rys. 3.5. Podstawowe arkusze obliczeniowe programu DT-Zbiornik z opcją Walec P wew.

Rys. 3.6. Podstawowe arkusze obliczeniowe programu DT-Flange z opcją *Kolnierz szyjkowy*

a) Syst. Arkusz Wydruk Material Parametr Okienko Edycja Zbior NOWY
 W0-0/08: Dna wypukle podlegajace cisnieniu od strony wklęslej

Element: Brak danych do obliczen.

Rys. Nr:

Poz. Nr:

Typ dna: E lipoidalne

po = 0.000 MPa

to = 20.00 °C

Material:

wedlug:

Wlasn.: Re

Re = 0.00 MPa

wedlug:

x = 1.55

k = MPa

c1' = 0.00 mm

c1'' = 0.00 %

c1 = mm

c2 = 0.00 mm

c3 = 0.00 mm

zh = 1.00 mm

Dz = 0.00 mm

Hx = 0.00 mm

d = 0.00 mm

Rw = mm

rw = mm

go = mm

g = mm

gmin = mm

gn = 0.00 mm

grz = mm

Nowy Schowaj Kasuj Poprz. Nast. Strona

1 / 0

F1 Info F9 Wpisz Nazwa obliczanego elementu

b) Syst. Arkusz Wydruk Material Parametr Okienko Edycja Zbior NOWY
 W0-0/18: Otwory w sciankach i wzmacnienia otworow

Element: Brak danych do obliczen.

Rys. Nr:

Poz. Nr:

Typ elem: Walec

po = 0.000 MPa

to = 20.00 °C

Material:

Ret = 0.00 MPa

x = 1.80

k = MPa

Material:

Ret = 0.00 MPa

Material:

Ret = 0.00 MPa

0.00 mm

0.00 mm

grz = 0.00 mm

c2 = 0.00 mm

d = 0.00 mm

gokr = 0.00 mm

grzkr = 0.00 mm

h1 = 0.00 mm

h2 = 0.00 mm

D = 0.00 mm

Dnz = 0.00 mm

Dnw = 0.00 mm

gz = 0.00 mm

gw = 0.00 mm

Fsp = 0.00 mm²

dn = mm

F1 = mm²

F2 = mm²

F3 = mm²

F4 = mm²

F5 = mm²

Fsp = 0.00 mm²

Fwzm = mm²

Fstr = mm²

Nowy Schowaj Kasuj Poprz. Nast. Strona

1 / 0

F1 Info F9 Wpisz Nazwa obliczanego elementu

c) Syst. Arkusz Wydruk Material Parametr Okienko Edycja Zbior NOWY
 W0-0/04: Elementy kuliste podlegajace cisnieniu wewnetrznemu

Element: Brak danych do obliczen.

Rys. Nr:

Poz. Nr:

Srednica: W wewnetrzna

po = 0.000 MPa

to = 20.00 °C

Material:

wedlug:

Wlasn.: Re

Re = 0.00 MPa

wedlug:

x = 1.80

k = MPa

c1 = 0.00 mm

c2 = 0.00 mm

c3 = 0.00 mm

z = 1.00 mm

Dw = 0.00 mm

Dz = mm

go = mm

g = mm

gmin = mm

gn = 0.00 mm

grz = mm

Nowy Schowaj Kasuj Poprz. Nast. Strona

1 / 0

F1 Info F9 Wpisz Nazwa obliczanego elementu

d) Syst. Arkusz Wydruk Material Parametr Okienko Edycja Zbior NOWY
 W0-0/01: Sprawdzenie elementu walcowego na naprezenia dodatkowe

Element: Brak danych do obliczen.

Rys. Nr:

Poz. Nr:

po = 0.000 MPa

to = 20.00 °C

Material:

wedlug:

Wlasn.: Re

Re = 0.00 MPa

wedlug:

x = 1.80

k = MPa

z2 = 1.00 mm

grz = 0.00 mm

L = 0.00 mm

l = 0.00 mm

a = 0.00 mm

Q = 0.00 kN

Dw = 0.00 mm

Dz = 0.00 mm

M = kNmm

W = cm³

Sg = MPa

S1 = MPa

S2 = MPa

S3 = MPa

Nowy Schowaj Kasuj Poprz. Nast. Strona

1 / 0

F1 Info F9 Wpisz Nazwa obliczanego elementu

Rys. 3.7. Arkusze obliczeniowe elementów aparatury. Opcje: a) Dno wypukłe P-wew.; b) Wzmacnienia otworów; c) Kula P-wew.; d) Podpory

a) Syst. Arkusz Wydruk Material Parametr Okienko Edycja Zbior NOWY
 W0-0/12: Okragle dna plaskie

Element: []
 Rys. Nr: []
 Poz. Nr: []
 Typ dna: 0
 po = 0.000 MPa
 to = 20.00 °C

Material: []
 wedlug: []
 Wlasn.: Re []
 Re = 0.00 MPa
 wedlug: []
 x = 1.65
 k = MPa

c1 = 0.00 mm
 c2 = 0.00 mm
 c3 = 0.00 mm
 z = 1.00 mm
 rw = 0.00 mm

go = mm
 g = mm
 gmin = mm
 gn = 0.00 mm
 grz = mm

Brak danych do obliczen.

Nowy Schowaj Kasuj Poprz. Nast. Strona

1 / 0

F1 Info F9 Wpisz Nazwa obliczanego elementu

b) Syst. Arkusz Wydruk Material Parametr Okienko Edycja Zbior NOWY
 W0-0/16: Sciandy sitowe wzmacnione tylko przyspawanymi rurami

Element: []
 Rys. Nr: []
 Poz. Nr: []

po = 0.000 MPa
 to = 20.00 °C

Material: []
 wedlug: []
 Wlasn.: Re []
 Re = 0.00 MPa
 wedlug: []
 x = 1.80
 k = MPa

c1 = 0.00 mm
 c2 = 0.00 mm
 c3 = 0.00 mm
 dz = 0.00 mm
 dw = 0.00 mm
 Delta = 0.00 mm
 h = 0.00 mm
 go = mm
 g = mm
 gmin = mm
 gn = 0.00 mm
 grz = mm
 grzp = 0.00 mm

Re = 0.00 MPa
 h = 0.00 mm
 x1 = 1.30 mm
 x2 = 1.55 mm
 Nm = 0.00 kN
 Nr = 0.00 kN
 Dzu = 0.00 mm
 Dz = 0.00 mm
 Do = 0.00 mm
 dos = 0.00 mm
 Sigmakm = MPa
 k1 = MPa
 Sigmakr = MPa
 k2 = MPa

Brak danych do obliczen.

Nowy Schowaj Kasuj Poprz. Nast. Strona

1 / 0

F1 Info F9 Wpisz Nazwa obliczanego elementu

c) Syst. Arkusz Wydruk Material Parametr Okienko Edycja Zbior NOWY
 W0-0/05: Elementy stożkowe wyoblone podlegajace cisnieniu wewnetrznemu

Element: []
 Rys. Nr: []
 Poz. Nr: []

po = 0.000 MPa
 to = 20.00 °C

Material: []
 wedlug: []
 Wlasn.: Re []
 Re = 0.00 MPa
 wedlug: []
 x = 1.50
 Alfa = 0.00 deg
 Fi = 0.00 deg
 k = MPa

c1 = 0.00 mm
 c2 = 0.00 mm
 c3 = 0.00 mm
 z = 1.00 mm
 rw = 0.00 mm
 L = 0.00 mm
 Dz = 0.00 mm
 a = mm
 Dst = mm

go = mm
 g = mm
 gmin = mm
 gn = 0.00 mm
 grz = mm
 lmin = mm

Brak danych do obliczen.

Nowy Schowaj Kasuj Poprz. Nast. Strona

1 / 0

F1 Info F5 Pomoc Wspolczynnik bezpieczenstwa

d) Syst. Arkusz Wydruk Material Parametr Okienko Edycja Zbior NOWY
 W0-0/16: Sciandy sitowe nie wzmacnione ani rurami, ani sciagami

Element: []
 Rys. Nr: []
 Poz. Nr: []

Srednica: W wewnetrzna
 po = 0.000 MPa
 to = 20.00 °C

Material: []
 wedlug: []
 Wlasn.: Re []
 Re = 0.00 MPa
 wedlug: []
 x = 1.80
 k = MPa
 do = 0.00 mm
 t = 0.00 mm
 Siatka: T rojkatna
 n = 0.00

c1 = 0.00 mm
 c2 = 0.00 mm
 c3 = 0.00 mm
 cr = 0.00 mm
 D = 0.00 mm
 Delta = 0.00 mm
 Lo = 0.00 mm
 go = mm
 g = mm
 gmin = mm
 gn = 0.00 mm
 grz = mm
 grzp = 0.00 mm

Re = 0.00 MPa
 h = 0.00 mm
 x1 = 1.30 mm
 x2 = 1.55 mm
 Nm = 0.00 kN
 Nr = 0.00 kN
 Dzu = 0.00 mm
 Dz = 0.00 mm
 Do = 0.00 mm
 dos = 0.00 mm
 Sigmakm = MPa
 k1 = MPa
 Sigmakr = MPa
 k2 = MPa

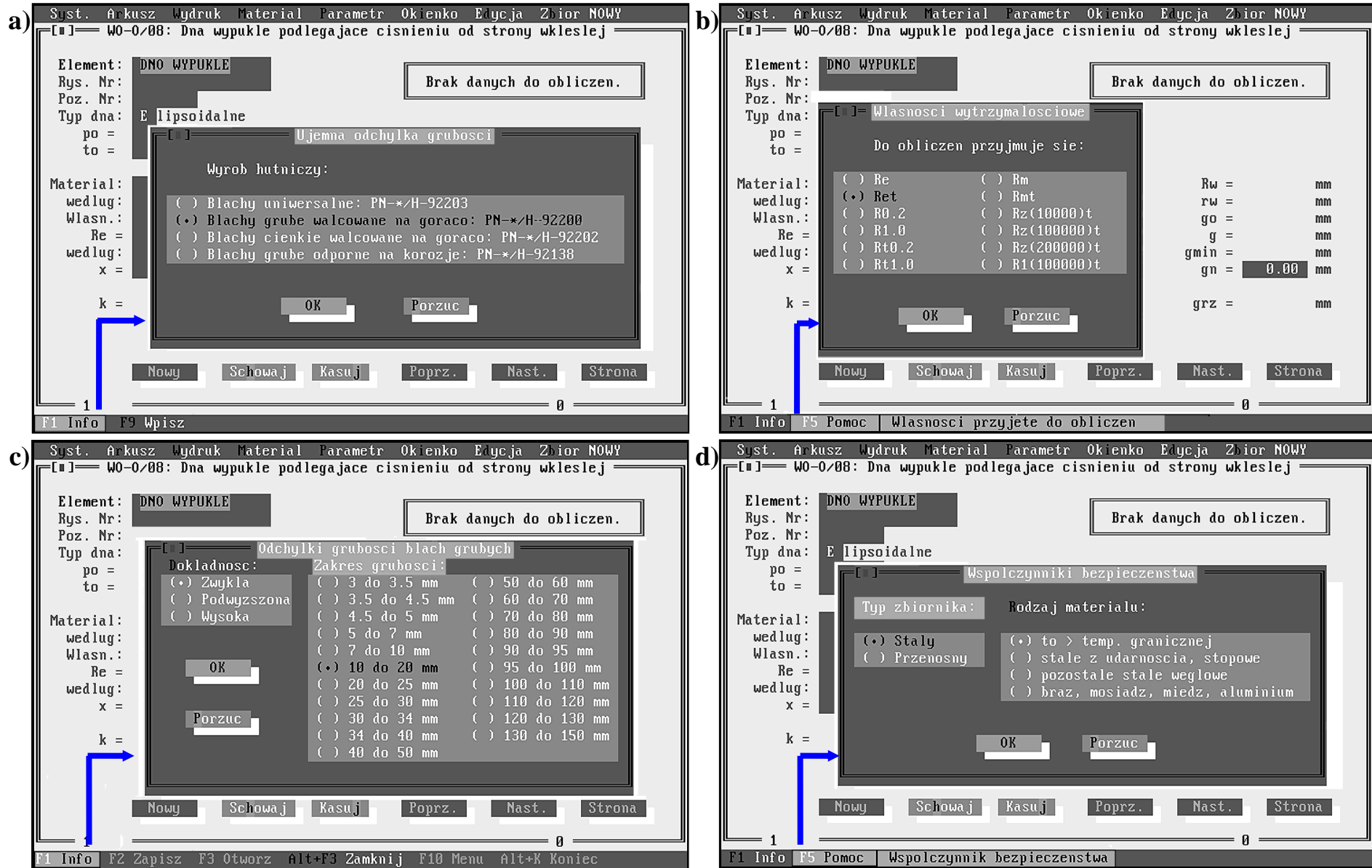
Brak danych do obliczen.

Nowy Schowaj Kasuj Poprz. Nast. Strona

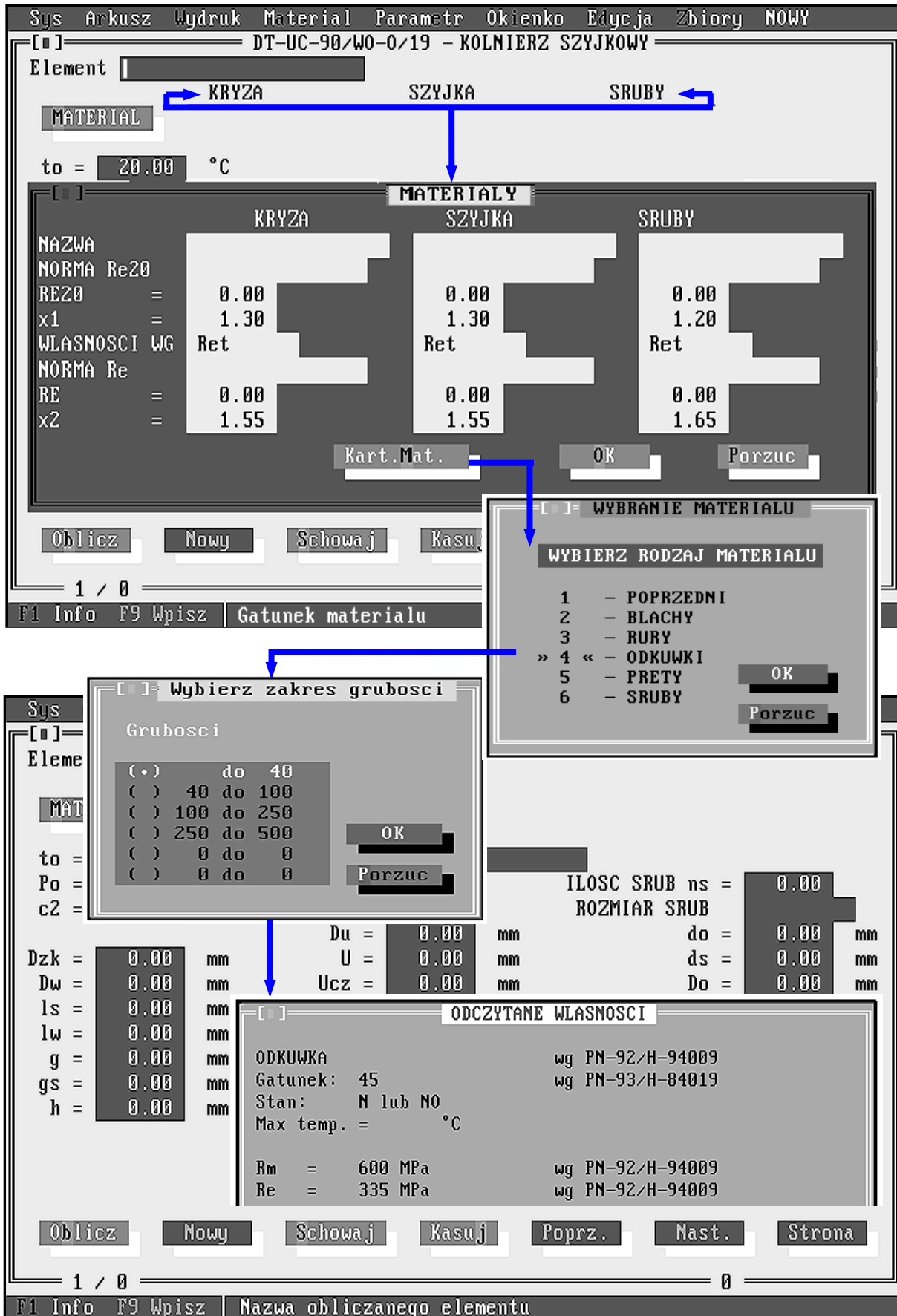
1 / 0

F1 Info F9 Wpisz Nazwa obliczanego elementu

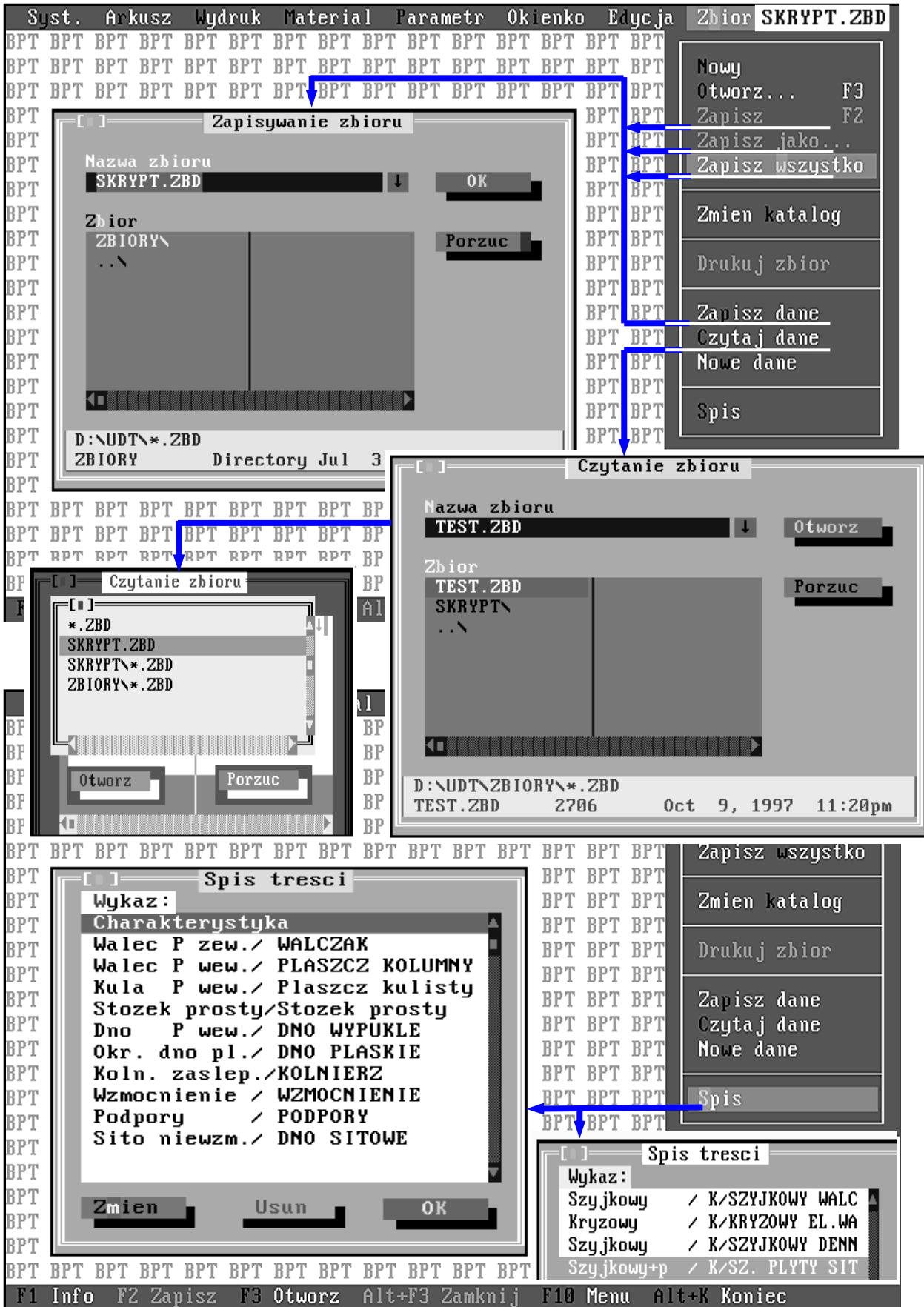
Rys. 3.8. Arkusze obliczeniowe elementów aparatury. Opcje: a) Okragle dna plaskie; b) Sita wzmacnione przyspawanymi rurami; c) Stożek wyoblony P-wew.; d) Sita nie wzmacnione



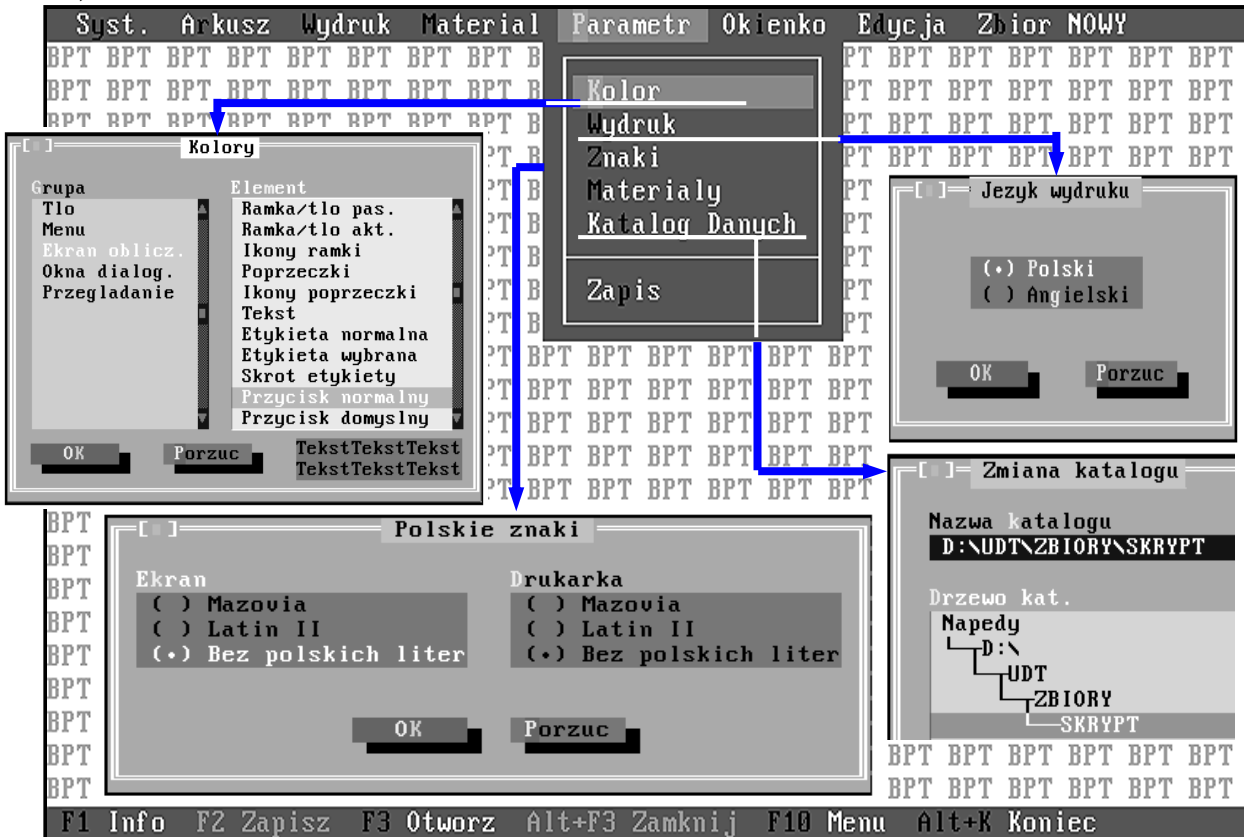
Rys. 3.9. Funkcje informacyjno-pomocnicze (opcja: Dna wypukle P-wew.): a) ujemna odchyłka grubości, b) właściwości wytrzymałościowe, c) odchyłki grubości blach grubych (zakres grubości), d) współczynniki bezpieczeństwa



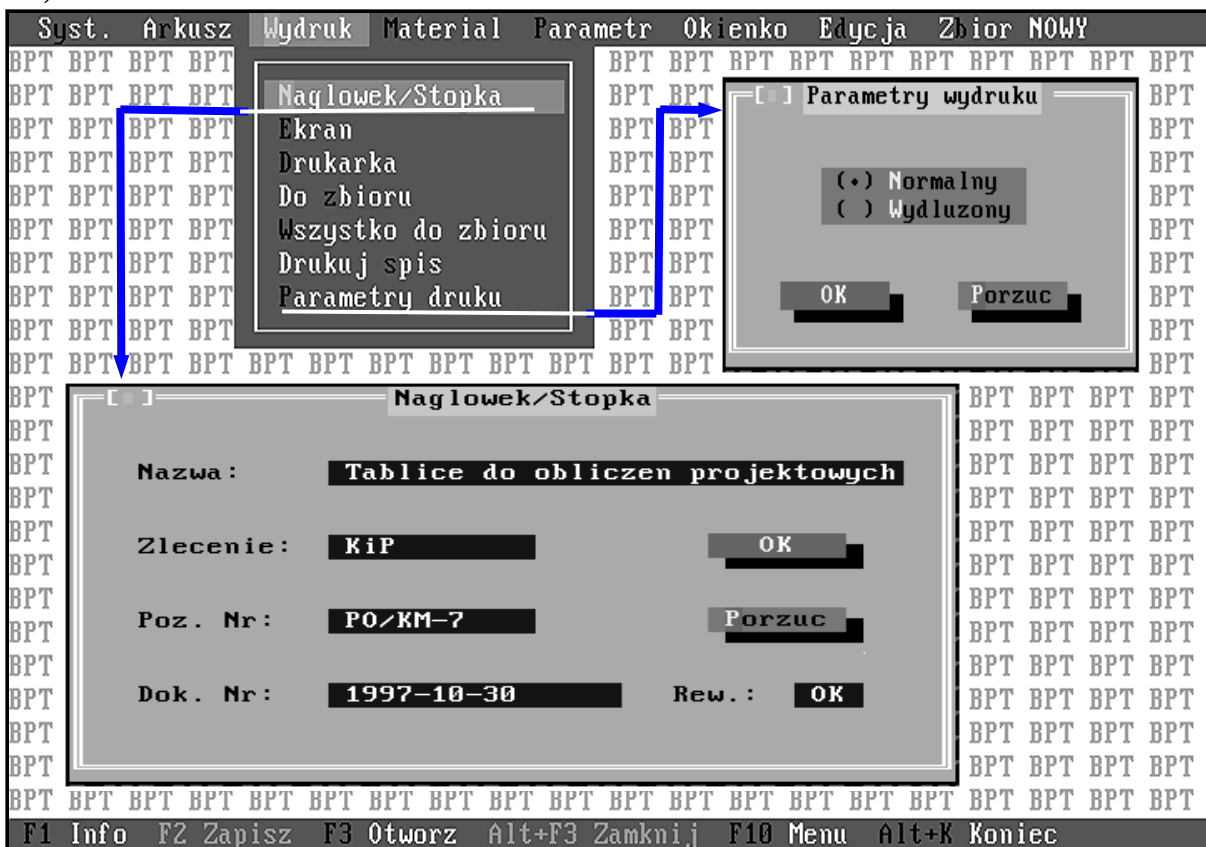
Rys. 3.11. Rozwinięcie menu *Material* w programie DT-Flange (opcja: *Kolnierz Szyjkowy*)

Rys. 3.12. Funkcje operacji na zbiorach danych (menu *Zbiór*)

a)



b)



Rys. 3.13. Parametry programowe (a) i funkcje wydruku (b)

4. CHARAKTERYSTYKA KONSTRUKCYJNA ELEMENTÓW APARATURY

W zasadniczym ujęciu, wymagania konstrukcyjne dla elementów aparatury wynikają częstokroć z norm i przepisów prawnych, które są różne i mogą dotyczyć zarówno rozwiązań szczegółowych elementów i podzespołów (np. dno, połączenie kołnierzo-śrubowe), jak i rozwiązań zespołów konstrukcyjnych (np. typ wymiennika ciepła). W rozdziale tym wskazuje się na takie wymagania (tab. 4.1÷4.25), a odniesiono je w ogólności do elementów aparatury procesowej z jakimi najczęściej ma się do czynienia przy wykonywaniu projektu konstrukcyjnego. Niekiedy jednak, podaje się wiele szczegółowych zestawień w zakresie opisu detali, w stosunku do których uznano, że ich charakterystyka konstrukcyjna jest przydatna przy wykonywaniu określonego zadania projektowo-konstrukcyjnego. Dla potrzeb sporządzania schematów konstrukcyjno-technologicznych uwzględniono także usystematyzowany wykaz oznaczeń maszyn, urządzeń i elementów aparatury.

Za celowe uznano również, dołączenie do tego rozdziału pewnych specyficznych danych, przydatnych czytelnikowi do zrozumienia problematyki projektowo-konstrukcyjnej. Odnosi się to m.in. do wymagań dozoru technicznego (pkt 4.1) oraz związanych z tym wytycznych projektowania aparatury ciśnieniowej, jak również do zestawienia przepisów normatywno-technicznych, które dla konstruktora stanowią podstawowe źródło informacji (pkt 4.2). Przepisy te (normy polskie i branżowe) stanowiły przy tym podstawę opracowania tabel i zestawień w zakresie charakterystyki konstrukcyjnej wybranych elementów aparatury i jej oprzyrządowania (rury, dna, kołnierze, kompensatory, podparcia i in.), a w niektórych przypadkach także umożliwiających wybór typu aparatu (np. wymiennika ciepła), samego w sobie będącego najczęściej podmiotem projektu konstrukcyjnego. Nadmienić przy tym należy, że przy kompletowaniu danych korzystano również z materiałów udostępnionych przez zakłady przemysłowe, specjalizujące się w wytwarzaniu aparatury przemysłowej, co pozwalało na odpowiednią weryfikację tabel i zestawień, pod kątem ich rzeczywistej przydatności projektowo-konstrukcyjnej.

Z oczywistych względów, w opisie elementów aparatury nie ujęto na ogół kompletnej ich charakterystyki zawartej w materiale źródłowym. Stąd, wszelkie wątpliwości mogą być rozstrzygnięte po uprzednim porównaniu podanych danych z treścią aktualnie obowiązujących przepisów techniczno-normatywnych, tym bardziej, że ich udział w procesie projektowania aparatury nie jest bez znaczenia. Odnosi się to w szczególności do aparatury ciśnieniowej podlegającej niezależnym na ogół wymaganiom projektowo-konstrukcyjnym, które wynikają m.in. z wytycznych dozoru technicznego (UDT).

Z redakcyjnych względów, także forma i układ tabel (tablic) nie zawsze są takie jak w materiale źródłowym. Z konieczności więc, ograniczono się nie tylko do wyboru najistotniejszych danych charakteryzujących elementy aparatury, lecz także do zmiany formy ich prezentacji.

4.1. Ustawa i rozporządzenia o dozorcze technicznym (stan prawny na dzień 1.09.1991 r.)

Poz.:

- 1) Ustawa z dnia 19 listopada 1987 r. o dozorcze technicznym (Dz.U. Nr 36, poz. 220)
- 2) Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 31 grudnia 1988 r. w sprawie dozoru technicznego (Dz.U. z 1989 r. Nr 1, poz. 3) z wprowadzonymi zmianami
- 3) Rozporządzenie Ministra Przemysłu z dnia 29 grudnia 1988 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o dozorcze technicznym (Dz.U. Nr 44, poz. 351)

1)

USTAWA

z dnia 19 listopada 1987 r.

o dozorcze technicznym

(Dz. U. z dnia 28 listopada 1987. Nr 36, poz. 202)

Rozdział I

PRZEPISY OGÓLNE

Art. 1. Ustawa określa zasady, zakres i formy dozoru technicznego oraz organy właściwe do jego wykonywania.

Art. 2. 1. Dozorem technicznym są określone ustawą działania zmierzające do zapewnienia bezpiecznego funkcjonowania urządzeń technicznych, które mogą stwarzać zagrożenie dla życia lub zdrowia ludzkiego oraz mienia i środowiska.

2. Dozór techniczny jest wykonywany przez określone w ustawie organy dozoru technicznego.

3. Wykonywanie dozoru technicznego przez organy dozoru technicznego nie zwalnia projektujących, wytwarzających, eksploatujących oraz naprawiających urządzenia techniczne od odpowiedzialności za jakość i stan urządzeń technicznych, mające wpływ na ich bezpieczną pracę, zgodnie z normami, przepisami o dozorcze technicznym i innymi przepisami szczególnymi.

Art. 3. W rozumieniu ustawy:

1) urządzeniami technicznymi są urządzenia, które mogą stwarzać zagrożenie dla życia lub zdrowia ludzkiego, mienia i środowiska przez:

a) rozprężenie cieczy lub gazów znajdujących się pod ciśnieniem różnym od atmosferycznego,

b) wyzwolenie energii potencjalnej lub kinetycznej przy przemieszczaniu ludzi i ładunków w ograniczonym zasięgu,

c) rozprzestrzenianie się materiałów niebezpiecznych o właściwościach trujących lub żrących w czasie ich magazynowania lub transportu w zbiornikach beczciśnieniowych,

2) warunkami technicznymi dozoru technicznego są ustalone przez organy dozoru technicznego lub przez właściwych ministrów warunki, jakim powinny odpowiadać urządzenia techniczne.

Art. 4. 1. Dozorowi technicznemu podlegają urządzenia techniczne.

2. Przepisów ustawy nie stosuje się do urządzeń technicznych:

1) nad którymi są prowadzone prace naukowo-badawcze,

2) górniczych szybowych urządzeń wyciągowych oraz urządzeń technicznych w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych.

3. Rada Ministrów, w drodze rozporządzenia¹⁾, określi rodzaje urządzeń technicznych podlegających dozorowi technicznemu.

4. Rada Ministrów może, w drodze rozporządzenia, objąć przepisami ustawy urządzenia mogące stwarzać inne niż określone w art. 3 pkt. 1 zagrożenia dla życia lub zdrowia ludzkiego oraz mienia i środowiska.

Art. 5. Urządzenia techniczne powinny być projektowane, wytwarzane, eksploatowane i naprawiane w sposób zapewniający bezpieczeństwo ich eksploatacji oraz zgodnie z normami, przepisami o dozorcze technicznym i innymi przepisami szczególnymi, a także warunkami technicznymi dozoru technicznego.

Rozdział 2

ZAKRES I FORMY DOZORU TECHNICZNEGO

Art. 6. Dozór techniczny nad urządzeniami technicznymi jest wykonywany, z zastrzeżeniem wyjątków przewidzianych w ustawie, w toku:

1) projektowania,

2) wytwarzania materiałów i elementów przeznaczonych do ich budowy,

3) wytwarzania,

4) obrotu,

5) eksploatacji i napraw.

Art. 7. Dokumentacja techniczna, na której podstawie będą wytwarzane urządzenia techniczne, wymaga uzgodnienia przez projektującego z właściwym organem dozoru technicznego.

Art. 8. 1. Urządzenia techniczne, jak również materiały i elementy stosowane do budowy tych urządzeń mogą być wytwarzane po otrzymaniu przez wytwarzającego uprawnienia do ich wytwarzania, wydanego przez właściwy organ dozoru technicznego.

2. Organ dozoru technicznego wydaje uprawnienie, o którym mowa w ust. 1, po przeprowadzeniu niezbędnych badań i stwierdzeniu, że wytwarzający spełnia wymagane warunki do wytwarzania urządzeń technicznych oraz materiałów i elementów stosowanych do ich budowy, w sposób określony w art. 5.

3. Uprawnienie, o którym mowa w ust. 1, powinno zawierać - niezależnie od wymagań określonych w kodeksie postępowania administracyjnego - określenie warunków stanowiących podstawę wydania uprawnienia.

4. W razie nieprzestrzegania warunków określonych w uprawnieniu albo wytwarzania materiałów, elementów lub urządzeń technicznych niewłaściwej jakości, mającej wpływ na bezpieczeństwo eksploatacji tych urządzeń, uprawnienie, o którym mowa w ust. 1, może być zawieszona lub cofnięta.

5. Właściwy organ dozoru technicznego, zawieszając uprawnienie, wyznacza termin usunięcia uchybień, po którego upływie - w razie ich nieusunięcia - cofa uprawnienie.

6. Minister Przemysłu, w drodze rozporządzenia²⁾, określa warunki stanowiące podstawę wydawania uprawnień.

Art. 9. Dozór techniczny nad urządzeniami technicznymi niezależnie od czynności, o której mowa w art. 7, może być wykonywany w formie:

1) dozoru technicznego pełnego, obejmującego pełny zakres czynności w toku wytwarzania, eksploatacji i napraw urządzenia technicznego,

2) dozoru technicznego ograniczonego, obejmującego pełny zakres czynności w toku wytwarzania oraz niektóre czynności w toku eksploatacji i napraw urządzenia technicznego,

3) dozoru technicznego uproszczonego, obejmującego niektóre czynności w toku wytwarzania urządzeń technicznych oraz materiałów i elementów stosowanych do budowy urządzeń technicznych.

¹⁾ Patrz rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 31 grudnia 1988 r. w sprawie dozoru technicznego (Dz. U. z 1989 r. Nr 1, poz. 3) zamieszczone w nin. zbiorze jako poz. 2.

²⁾ Patrz rozporządzenie Ministra Przemysłu z dnia 29 grudnia 1988 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o dozorcze technicznym (Dz. U. Nr 44, poz. 351) zamieszczone w nin. zbiorze jako poz. 3.

Art. 10. 1. Wytwarzający urządzenia techniczne jest obowiązany zgłosić właściwemu organowi dozoru technicznego zamiar podjęcia produkcji określonego urządzenia technicznego na podstawie uzgodnionej dokumentacji technicznej.

2. Organ dozoru technicznego, wydając uprawnienia, ustala formę wykonywania dozoru technicznego oraz wskazuje warunki techniczne dozoru technicznego, które powinny być stosowane do określonego urządzenia technicznego.

3. Jeżeli bezpieczeństwo eksploatacji urządzenia technicznego uzasadnia zmianę formy wykonywania dozoru technicznego, organ dozoru technicznego może ustalić dla tego urządzenia inną formę wykonywania dozoru technicznego.

4. Zmiany formy wykonywania dozoru technicznego, o której mowa w ust. 3, organ dozoru technicznego dokonuje po przeprowadzeniu wszechstronnej analizy przyczyn i skutków niebezpiecznych uszkodzeń oraz nieszczęśliwych wypadków bądź po stwierdzeniu bezwzględnej pracy urządzenia technicznego, biorąc w szczególności pod uwagę warunki eksploatacji tego urządzenia.

Art. 11. 1. W toku wytwarzania urządzeń technicznych objętych dozorem technicznym pełnym lub ograniczonym organ dozoru technicznego przeprowadza kontrolę wykonania określonych materiałów i elementów stosowanych do budowy tych urządzeń oraz przeprowadza badania prototypów urządzeń, a także wykonuje badania techniczne sprawdzające zgodność wykonania urządzenia technicznego z dokumentacją i warunkami technicznymi dozoru technicznego oraz prawidłowość jego budowy w warunkach gotowości do pracy oraz w czasie pracy (odbiór techniczny).

2. W toku eksploatacji urządzenia technicznego objętego dozorem technicznym pełnym organ dozoru technicznego przeprowadza kontrolę stanu urządzenia u eksploatującego, wykonuje okresowe i doraźne badania techniczne oraz sprawdza kwalifikacje osób obsługujących i konserwujących urządzenie techniczne.

3. W toku eksploatacji urządzenia technicznego objętego dozorem technicznym ograniczonym organ dozoru technicznego przeprowadza kontrolę stanu urządzenia u eksploatującego oraz wykonuje doraźne badania techniczne, a także sprawdza kwalifikacje osób obsługujących i konserwujących to urządzenie.

4. W toku wytwarzania urządzenia technicznego objętego dozorem technicznym uproszczonym organ dozoru technicznego może sprawdzić, czy stosowane do wytwarzania urządzenia materiały i elementy są właściwe oraz przeprowadzać badania prototypu.

Art. 12. 1. Urządzenie techniczne objęte dozorem technicznym, z wyjątkiem określonych w art. 13, może być eksploatowane tylko po otrzymaniu decyzji zezwalającej na jego eksploatację wydanej przez właściwy organ dozoru technicznego.

2. Organ dozoru technicznego po przeprowadzeniu badań i kontroli, o których mowa w art. 11, wydaje decyzję zezwalającą na eksploatację, w której ustala formę dozoru technicznego, jaką będzie objęte urządzenie.

Art. 13. 1. Decyzji zezwalającej na eksploatację nie wydaje się dla urządzeń technicznych znajdujących się w obrocie, jeżeli są oznaczone trwałym znakiem.

2. Oznaczeniu trwałym znakiem podlegają urządzenia techniczne dopuszczone do obrotu na podstawie decyzji o dopuszczeniu do obrotu, wydanej przez właściwy organ dozoru technicznego.

3. Organ dozoru technicznego może wydać decyzję, o której mowa w ust. 2, jeżeli urządzenie techniczne objęte dozorem technicznym uproszczonym jest produkowane seryjnie na podstawie tej samej dokumentacji i według tej samej technologii oraz jest sprzedawane w stanie przygotowanym do eksploatacji.

4. Minister Przemysłu określa zasady i tryb oznaczania trwałym znakiem³⁾, o którym mowa w ust. 1 i 2.

Art. 14. 1. Naprawiający urządzenia techniczne objęte dozorem technicznym jest obowiązany posiadać uprawnienie zezwalające na dokonywanie napraw urządzeń, wydane przez właściwy organ dozoru technicznego.

2. Do uprawnień, o którym mowa w ust. 1, stosuje się odpowiednio przepisy art. 8 ust. 2 - 5.

3. Minister Przemysłu, w drodze rozporządzenia⁴⁾, określa warunki oraz tryb wydawania uprawnień zezwalających na dokonywanie napraw urządzeń technicznych.

Art. 15. 1. Dokonanie naprawy urządzenia technicznego objętego dozorem technicznym, z wyjątkiem urządzeń technicznych, o których mowa w art. 13, wymaga uprzedniego uzgodnienia z właściwym organem dozoru technicznego.

2. W razie naprawy urządzenia technicznego, o którym mowa w ust. 1, stosuje się przepisy art. 12.

Art. 16. 1. Dokonanie przeróbki urządzenia technicznego wymaga uprzedniej zgody właściwego organu dozoru technicznego.

³⁾ Patrz zarządzenie Ministra Przemysłu z dnia 22 grudnia 1988 r. w sprawie zasad i trybu oznaczania trwałym znakiem urządzeń technicznych dopuszczonych do obrotu (M.P. Nr 36, poz. 332)

⁴⁾ Patrz przyp. 2.

2. Do urządzenia technicznego poddanego przeróbce stosuje się przepisy art. 12.

Art. 17. 1. W razie nieprzebrzegania przez wytwarzającego lub eksploatującego urządzenie techniczne przepisów ustawy, przepisów lub warunków technicznych wydanych na jej podstawie, właściwy organ dozoru technicznego wydaje decyzję o wstrzymaniu eksploatacji urządzenia technicznego lub wycofaniu takiego urządzenia z obrotu i wstrzymaniu jego wytwarzania.

2. Decyzję o wstrzymaniu eksploatacji urządzenia technicznego lub wycofaniu urządzenia technicznego z obrotu wydaje właściwy organ dozoru technicznego, także w razie stwierdzenia zagrożenia dla życia lub zdrowia ludzkiego, mienia i środowiska.

3. Decyzję o wycofaniu urządzenia technicznego z obrotu z przyczyn określonych w ust. 2, właściwy organ dozoru technicznego podaje do publicznej wiadomości w formie komunikatu w środkach masowego przekazu.

4. Ponowne dopuszczenie do eksploatacji i obrotu urządzeń, o których mowa w ust. 1, następuje na zasadach określonych w art. 12 i 13.

Art. 18. Eksploatujący urządzenie techniczne jest obowiązany zawiadomić niezwłocznie właściwy organ dozoru technicznego o każdym niebezpiecznym uszkodzeniu lub nieszczęśliwym wypadku, związanym z eksploatacją tego urządzenia.

Art. 19. 1. W postępowaniu przed organami dozoru technicznego stosuje się przepisy kodeksu postępowania administracyjnego.

2. Decyzje organów dozoru technicznego w sprawach określonych w art. 8 ust. 2 i 3 i art. 14 mogą być zaskarżane do sądu administracyjnego.

3. Przepisu art. 2 nie stosuje się do decyzji wydawanych przez specjalistyczne organy dozoru technicznego podległe Ministrowi Obrony Narodowej.

Art. 20. Minister Przemysłu w zakresie dozoru technicznego, w drodze rozporządzenia⁵⁾, określa:

1) zasady i tryb projektowania, wytwarzania materiałów i elementów przeznaczonych do budowy urządzeń technicznych, wytwarzania urządzeń technicznych oraz ich eksploatacji i napraw.

2) kwalifikacje, jakie powinny posiadać osoby projektujące, wytwarzające, obsługujące, konserwujące i naprawiające urządzenia techniczne.

Rozdział 3

ORGANY DOZORU TECHNICZNEGO

Art. 21. Organami dozoru technicznego są:

- 1) Urząd Dozoru Technicznego,
- 2) inspektoraty dozoru technicznego,
- 3) specjalistyczne organy dozoru technicznego.

Art. 22. 1. Urząd Dozoru Technicznego jest centralnym organem administracji państwowej w zakresie dozoru technicznego.

2. Urząd Dozoru Technicznego podlega Ministrowi Przemysłu.

3. Urzędem Dozoru Technicznego kieruje prezes Urzędu Dozoru Technicznego.

4. Prezes Rady Ministrów powołuje i odwołuje na wniosek Ministra Przemysłu prezesa Urzędu Dozoru Technicznego.

Art. 23. Do zakresu działania Urzędu Dozoru Technicznego należą:

1) nadzór i kontrola stosowania oraz przestrzegania przepisów o dozorcze technicznym i norm, a także zasad z zakresu bezpieczeństwa techniki oraz nadzór nad organizowaniem i wykonywaniem dozoru technicznego.

2) koordynowanie działalności w zakresie dozoru technicznego specjalistycznych organów dozoru technicznego, z wyjątkiem podległych Ministrowi Obrony Narodowej.

3) inicjowanie działalności normalizacyjnej, współdziałanie w opracowywaniu lub opracowywaniu projektów norm, określających zasady i warunki bezpiecznej pracy urządzeń technicznych.

4) prowadzenie analizy przyczyn i skutków uszkodzeń urządzeń technicznych oraz stała ocena stopnia zagrożenia stwarzanego przez te urządzenia,

5) inicjowanie przedsięwzięć oraz prac badawczych w zakresie bezpiecznej pracy urządzeń technicznych oraz prowadzenie w tym zakresie badań diagnostycznych i ekspertyz,

6) inicjowanie działalności mającej na celu podnoszenie zawodowych kwalifikacji projektantów, wytwórców oraz użytkowników w zakresie bezpiecznej pracy urządzeń technicznych,

7) popularyzowanie zagadnień związanych z bezpieczną pracą urządzeń technicznych oraz organizowanie doradztwa w tym zakresie,

8) współpraca międzynarodowa w zakresie zagadnień dotyczących bezpiecznej pracy urządzeń technicznych,

⁵⁾ Patrz przyp. 2.

9) rozpatrywanie odwołań od decyzji inspektoratów dozoru technicznego.

Art. 24. 1. Organami podległymi Urzędowi Dozoru Technicznego są inspektoraty dozoru technicznego.

2. Minister Przemysłu w porozumieniu z Ministrem - Szefem Urzędu Rady Ministrów, w drodze rozporządzenia, na wniosek prezesa Urzędu Dozoru Technicznego, tworzy i znosi inspektoraty dozoru technicznego, określając ich terytorialny obszar działania oraz siedziby.

3. Inspektoratem kieruje kierownik mianowany przez prezesa Urzędu Dozoru Technicznego.

Art. 25. 1. Do zakresu działania inspektoratów dozoru technicznego należy:

1) wykonywanie dozoru technicznego w zakresie określonym w art. 6,

2) wydawanie decyzji w sprawach wynikających z wykonywania dozoru technicznego,

3) kontrola przestrzegania przepisów w zakresie dozoru technicznego oraz norm i zasad z zakresu bezpiecznej pracy urządzeń na terenie działania inspektoratu,

4) nadawanie uprawnień zakładom do wytwarzania materiałów i elementów do budowy urządzeń technicznych oraz do wytwarzania i napraw urządzeń technicznych,

5) sprawdzanie kwalifikacji osób wytwarzających materiały i elementy przeznaczone do budowy urządzeń technicznych, jak również wytwarzających, naprawiających, obsługujących i konserwujących te urządzenia,

6) upoważnianie pracowników jednostek gospodarki społecznej do wykonywania czynności określonych w art. 31 ust. 1.

2. Inspektoraty dozoru technicznego wykonują również zadania określone w art. 23 pkt. 5, 6 i 7.

Art. 26. 1. Urząd Dozoru Technicznego i podległe mu inspektoraty dozoru technicznego wykonują dozór techniczny nad urządzeniami technicznymi objętymi ustawą, z wyłączeniem urządzeń technicznych podlegających dozorowi technicznemu specjalistycznych organów dozoru technicznego.

2. Prezes Urzędu Dozoru Technicznego określa warunki techniczne dozoru technicznego w zakresie projektowania, wytwarzania materiałów i elementów przeznaczonych do budowy urządzeń technicznych, budowy tych urządzeń oraz ich eksploatacji i napraw, w szczególności dotyczące:

1) konstrukcji,

2) wykonania,

3) osprzętu,

4) oznaczeń,

5) materiałów i wyrobów przeznaczonych do budowy i napraw,

6) zakresu badań technicznych gotowych urządzeń i materiałów,

7) rodzaju dokumentacji niezbędnej do objęcia dozorem i stwierdzenia prawidłowości wykonania,

8) obliczeń wytrzymałościowych.

Art. 27. 1. Specjalistyczne organy dozoru technicznego podlegają właściwym ministrom.

2. Rada Ministrów tworzy specjalistyczne organy dozoru technicznego na wniosek właściwego ministra, złożony w porozumieniu z Ministrem Przemysłu.

3. Specjalistyczne organy dozoru technicznego wykonują dozór techniczny nad urządzeniami technicznymi o szczególnej konstrukcji, przeznaczeniu lub sposobie eksploatacji w zakresie określonym w art. 6 oraz nad innymi urządzeniami technicznymi w toku ich eksploatacji i napraw, jeżeli znajdują się w obszarze właściwości tych organów.

4. Właściwi ministrowie w porozumieniu z Ministrem Przemysłu ustalają szczegółowy zakres działania oraz organizację specjalistycznych organów dozoru technicznego.

Art. 28. 1. Ministrowie sprawujący nadzór nad specjalistycznymi organami dozoru technicznego wydają w porozumieniu z Ministrem Przemysłu przepisy, o których mowa w art. 20, dla urządzeń technicznych o szczególnej konstrukcji, sposobie eksploatacji lub przeznaczeniu, objętych dozorem technicznym tych organów.

2. Ministrowie sprawujący nadzór nad specjalistycznymi organami dozoru technicznego ustalają dla urządzeń technicznych, o których mowa w ust. 1, warunki techniczne dozoru technicznego w zakresie określonym w art. 26 ust. 2.

3. Minister Obrony Narodowej może poddać dozorowi technicznemu podległych specjalistycznych organów dozoru technicznego urządzenia techniczne inne niż określone w art. 4 ust. 3 i 4, jeżeli urządzenia takie występują wyłącznie w jednostkach organizacyjnych resortu obrony narodowej lub w jednostkach wojskowych resortu spraw wewnętrznych.

4. Przepisy o których mowa w ust. 1, wydawane przez Ministra Obrony Narodowej nie wymagają uzgodnienia z Ministrem Przemysłu.

Art. 29. 1. Rada Ministrów, w drodze rozporządzenia⁶⁾, określa:

1) szczegółowy zakres działania Urzędu Dozoru Technicznego i inspektoratów dozoru technicznego,

2) specjalistyczne organy dozoru technicznego, ich zakres działania oraz podporządkowanie.

2. Organizację Urzędu Dozoru Technicznego oraz jednostki organizacyjne jemu podporządkowane określa statut nadany przez Ministra Przemysłu.

Rozdział 4

CZYNNOŚCI DOZURU TECHNICZNEGO

Art. 30. 1. Czynności z zakresu dozoru technicznego wykonują pracownicy organów dozoru technicznego na podstawie upoważnienia wydanego przez kierownika organu dozoru technicznego oraz legitymacji służbowej.

2. Rada Ministrów, w drodze rozporządzenia⁷⁾, określi szczegółowy tryb wykonywania czynności dozoru technicznego.

3. Ministrowie sprawujący nadzór nad specjalistycznymi organami dozoru technicznego, w porozumieniu z Ministrem Przemysłu oraz zainteresowanymi ministrami, określają tryb wykonywania czynności przez pracowników podległych im specjalistycznym organom dozoru technicznego.

4. Minister Przemysłu w porozumieniu z Ministrem Spraw Wewnętrznych określi tryb wykonywania czynności przez pracowników Urzędu Dozoru Technicznego i inspektoratów dozoru technicznego w jednostkach organizacyjnych resortu spraw wewnętrznych.⁸⁾

Art. 31. 1. Organy dozoru technicznego mogą upoważniać pracowników jednostek gospodarki społecznej do:

1) uzgadniania dokumentacji technicznej, o której mowa w art. 7,

2) przeprowadzania kontroli wykonania określonych materiałów i elementów przeznaczonych do budowy i napraw urządzeń technicznych,

3) kontroli stanu urządzeń technicznych,

4) sprawdzania i kontroli prawidłowości eksploatacji urządzeń technicznych.

2. Minister Przemysłu, w drodze rozporządzenia⁹⁾, określa warunki i tryb udzielania upoważnień, o których mowa w ust. 1.

Art. 32. 1. Kierownik jednostki, w której są wykonywane czynności dozoru technicznego, jest obowiązany zapewnić warunki do sprawnego ich wykonywania oraz - na żądanie pracownika organu dozoru technicznego - przedstawić dokumenty i udzielić informacji koniecznych do prawidłowego wykonania tych czynności.

2. Pracownicy organów dozoru technicznego mają prawo wstępu do wszelkich pomieszczeń i obiektów, w których znajdują się urządzenia techniczne, oraz poruszania się w tych pomieszczeniach i obiektach.

3. Przepisy ust. 1 i 2 stosuje się również do pracowników wykonujących czynności na podstawie upoważnień, o których mowa w art. 31. ust. 1.

Art. 33. 1. Organy dozoru technicznego przy wykonywaniu czynności dozoru technicznego mogą korzystać z wyników badań diagnostycznych, opinii i ekspertyz wyspecjalizowanych jednostek, w tym również jednostek projektujących lub wytwarzających urządzenia, a także specjalistów.

2. W razie potrzeby organy dozoru technicznego mogą zażądać przeprowadzenia odpowiednich badań określonych urządzeń lub ich elementów przez specjalistyczne placówki naukowo-badawcze. Koszty tych badań ponoszą jednostki projektujące, wytwarzające lub eksploatujące urządzenia, których dotyczą badania.

Art. 34. 1. Import urządzeń technicznych oraz materiałów i elementów stosowanych do budowy urządzeń technicznych lub nabycie za granicą licencji na ich produkcję wymaga uprzedniego uzgodnienia z właściwym organem dozoru technicznego w zakresie wymagań technicznych lub warunków technicznych dozoru technicznego.

2. Uzgodnienie, o którym mowa w ust. 1, nie zwalnia od obowiązku uzyskania decyzji określonych w art. 8 i 12.

3. Dokumenty wydane za granicą, stwierdzające wykonanie badań budowy i przeprowadzenie kontroli stanu urządzenia technicznego, mogą być uznane przez organ dozoru technicznego w przypadkach:

⁷⁾ Patrz przyp. 1.

⁸⁾ Patrz zarządzenie Ministra Przemysłu z dnia 30 maja 1989 r. w sprawie trybu wykonywania czynności pracowników Urzędu Dozoru Technicznego w jednostkach organizacyjnych resortu spraw wewnętrznych (Dz. Urz. Min. Przem. Nr 3, poz. 4)

⁹⁾ Patrz rozporządzenie Ministra Przemysłu z dnia 22 grudnia 1988 r. w sprawie warunków i trybu udzielania upoważnień pracownikom jednostek gospodarki społecznej do wykonywania niektórych czynności z zakresu dozoru technicznego (Dz. U. Nr 43, poz. 343)

⁶⁾ Patrz przyp. 1.

2)

1) gdy przewidują to odpowiednie porozumienia, zawarte między Urzędem Dozoru Technicznego a właściwą w danym państwie instytucją wykonującą funkcję dozoru technicznego, lub

2) stwierdzenia, że wymagania techniczne, na których podstawie urządzenie zostało zaprojektowane i wytworzone, zapewniają bezpieczeństwo nie mniejsze niż to określają polskie przepisy w zakresie dozoru technicznego.

4. Uznanie dokumentów, o których mowa w ust. 3, nie zwalnia od obowiązku określonego w art. 12 ust. 1.

5. Minister Przemysłu w porozumieniu z właściwymi ministrami określa tryb uzgadniania¹⁰⁾, o którym mowa w ust. 1.

Art. 35. 1. Za czynności organów dozoru technicznego pobiera się opłaty.

2. Minister Przemysłu określa w uzgodnieniu z Ministrem Finansów wysokość opłat, o których mowa w ust. 1.

3. Należności przypadające organom dozoru technicznego za ich czynności podlegają ściąganiu w trybie egzekucji administracyjnej świadczeń pieniężnych.

4. Właściwi ministrowie, w porozumieniu z Ministrem Finansów, mogą w odniesieniu do czynności wykonywanych przez podległe specjalistyczne organy dozoru technicznego ograniczyć lub wyłączyć obowiązek pobierania opłat.

Rozdział 5

PRZEPISY KARNE

Art. 36. 1. Kto dopuszcza do eksploatacji urządzenie techniczne:

1) bez otrzymania decyzji organu dozoru technicznego o dopuszczeniu takiego urządzenia do eksploatacji lub obrotu,

2) wbrew decyzji organu dozoru technicznego o wstrzymaniu eksploatacji lub wycofaniu z obrotu urządzenia technicznego podlega karze ograniczenia wolności do lat 2 lub karze grzywny.

2. Tej samej karze podlega ten, kto przerabia urządzenie techniczne bez zgody organu dozoru technicznego.

Art. 37. Kto:

1) uniemożliwia lub utrudnia wykonywanie czynności, o których mowa w art. 9,

2) nie wykonuje obowiązku zawiadomienia organu dozoru technicznego o niebezpiecznym uszkodzeniu urządzenia technicznego lub nie-szczęśliwym wypadku związanym z eksploatacją urządzenia technicznego,

podlega karze grzywny.

Art. 38. Orzekanie w sprawach określonych w art. 37 następuje w trybie przepisów kodeksu postępowania w sprawach o wykroczenia, na podstawie wniosku o ukaranie, złożonego przez właściwy organ dozoru technicznego.

Rozdział 6

PRZEPISY PRZEJŚCIOWE I KOŃCOWE

Art. 39. Dotychczasowe przepisy o dozorcze technicznym pozostają w mocy do czasu zastąpienia ich przepisami wydanymi na podstawie ustawy, o ile nie są sprzeczne z jej przepisami, nie dłużej jednak niż przez okres 12 miesięcy od dnia wejścia w życie tej ustawy.

Art. 40. 1. Wytwarzający urządzenia techniczne oraz materiały i elementy stosowane do budowy tych urządzeń, a także naprawiający urządzenia techniczne mogą je wytwarzać i naprawiać bez uprawnień, o których mowa w art. 8 ust. 1 i art. 14, nie dłużej jednak niż do dnia 31 grudnia 1988 r.

2. Zezwolenia na spawanie, wydane na podstawie dotychczasowych przepisów, zachowują moc do czasu otrzymania przez wytwarzających i naprawiających urządzenia techniczne uprawnień, o których mowa w art. 8 ust. 1 i art. 14 ust. 1, nie dłużej jednak niż w terminie określonym w ust. 1.

Art. 41. Do czasu wydania decyzji, o których mowa w art. 10 ust. 2, nie później jednak niż do dnia 31 grudnia 1988 r., dozór techniczny nad urządzeniami technicznymi jest wykonywany przez organy dozoru technicznego w formie dozoru technicznego ustalonej na podstawie dotychczasowych przepisów.

Art. 42. Traci moc ustawa z dnia 31 stycznia 1961 r. o dozorcze technicznym (Dz. U. Nr 5, poz. 31).

Art. 43. Ustawa wchodzi w życie z dniem 1 stycznia 1988 r.

¹⁰⁾ Patrz zarządzenie Ministra Przemysłu z dnia 28 lutego 1989 r. w sprawie trybu uzgadniania z organami dozoru technicznego wymagań technicznych lub warunków technicznych dozoru technicznego dla importowanych urządzeń technicznych oraz materiałów i elementów stosowanych do budowy urządzeń lub nabycia za granicą licencji na ich produkcję (M.P. Nr 6, poz. 63)

Rozporządzenie Rady Ministrów

z dnia 31 grudnia 1988 r.

w sprawie dozoru technicznego

(Dz. U. z dnia 16 stycznia 1989 r. Nr 1, poz. 3)

ze zmianami (Dz. U. z 24 grudnia 1990 r. Nr 89, poz. 521)

Na podstawie art. 4 ust. 3, art. 29 ust. 1 i art. 30 ust. 2 ustawy z dnia 19 listopada 1987 r. o dozorcze technicznym (Dz. U. Nr 36, poz. 202) zarządza się, co następuje:

Rozdział I

RODZAJE URZĄDZEŃ TECHNICZNYCH PODLEGAJĄCYCH DOZOROWI TECHNICZNEMU

§ 1. Dozorowi technicznemu podlegają następujące rodzaje urządzeń technicznych:

1) urządzenia ciśnieniowe, w których są zawarte ciecze lub gazy pod ciśnieniem różnym od atmosferycznego, jak:

a) kotły parowe, przeznaczone do wytwarzania pary z cieczy energetycznej z użyciem ciepła uzyskanego w drodze reakcji egzotermicznych lub z energii elektrycznej,

b) kotły cieczowe (w tym również kotły wodne), przeznaczone do podgrzewania cieczy bez zmiany jej stanu skupienia, z użyciem ciepła uzyskanego w drodze reakcji egzotermicznych lub z energii elektrycznej,

c) zbiorniki stałe o iloczynie nadciśnienia i pojemności wyższym od $0,03 \text{ MPa} \times \text{m}^3$ przeznaczone do magazynowania cieczy lub gazów albo do prowadzenia w nich procesu technologicznego pod ciśnieniem wyższym od $0,07 \text{ MPa}$, w tym również stabilizatory pary oraz wymienniki ciepła i wytwarzacze pary, tj. zbiorniki złożone z dwóch lub więcej przestrzeni oddzielonych ściankami, przeznaczone do wymiany ciepła między przepływającymi czynnikami,

d) zbiorniki przenośne (transportowe) o pojemności powyżej 350 cm^3 , przeznaczone do magazynowania cieczy lub gazów, zmieniające miejsce między napełnianiem i opróżnianiem z wyłączeniem zbiorników do napojów gazowanych,

e) wytwornice acetyleny stałe i przenośne, przeznaczone do wytwarzania acetyleny w wyniku reakcji chemicznej między wodą i węglkami wapienia, wraz ze zbiornikami służącymi do magazynowania, schładzania, osuszania i oczyszczania acetyleny oraz urządzeniami zabezpieczającymi, umieszczonymi na przewodach rozprowadzających albo bezpośrednio na wytwornicy,

f) rurociągi parowe oraz ich armatura, łączące kocioł z turbiną w blokach energetycznych,

2) beciśnieniowe zbiorniki oraz zbiorniki ciśnieniowe o ciśnieniu nie wyższym niż $0,07 \text{ MPa}$, przeznaczone do magazynowania materiałów niebezpiecznych o właściwościach trujących lub żrących oraz transportu tych materiałów, których przewóz jest dopuszczony na podstawie przepisów szczególnych,

3) dźwignice, tj. środki transportu o zasięgu ograniczonym i ruchu przerywanym, przeznaczone do przemieszczania osób lub ładunków, a w szczególności:

a) wciągarki i wciągarki, wraz z koniecznym wyposażeniem, przeznaczone do przemieszczania osób lub ładunków za pośrednictwem cięgna zakończonego urządzeniem chwytającym,

b) sunnice, przeznaczone do przemieszczania ładunków w pionie i poziomie,

c) żurawie, przeznaczone do przemieszczania ładunków, których wysięgnik może wykonywać ruchy obrotowe w płaszczyźnie poziomej, pionowej lub pionowej i poziomej jednocześnie,

d) układnice przeznaczone do składowania ładunków w magazynach,

e) układnice przeznaczone do układania torów,

f) dźwigi składające się z podstawy ładunkowej (kabiny, platformy itp.), prowadzonej w prowadnicach, i przemieszczającego ją zespołu napędowego (wciągarki, wciągarka, dźwignika śrubowego, tłokowego lub zębatego), przeznaczone do pionowego przemieszczania osób lub ładunków,

g) wyciągi ~~torowe~~ torowe; w tym również wyciągi statków, składające się z podstawy ładunkowej (wózek, kosz itp.), prowadzonej w pochylonych prowadnicach, przystosowane do pochylego przemieszczania ła-

- dunków za pomocą wciągarek lub wciągników,
 h) podesty ruchome, przystosowane do przemieszczania platform roboczych w pionie lub w pionie i poziomie,
 i) dźwignice linotorowe, w których jedna lub więcej lin nośnych rozpiętych między podporami stanowi tor jezdny do przemieszczania ładunków,
 4) urządzenia techniczne baz przeładunkowych inne niż wymienione w pkt. 3, a w szczególności:
 a) urządzenia służące do manipulacji kontenerami w płaszczyźnie poziomej i pionowej,
 b) urządzenia ciągów technologicznych przeładunkowych, składające się z urządzeń załadunkowych, wyładunkowych lub podających ładunki,
 5) przenośniki, tj. środki transportu o zasięgu ograniczonym i ruchu ciągłym, przeznaczone do przemieszczania osób w pionie, w poziomie lub pod kątem, a w szczególności:
 a) przenośniki kabinowe,
 b) schody ruchome,
 c) chodniki ruchome
 6) osobowe i towarowe koleje linowe oraz wyciągi narciarskie.

Rozdział 2

SZCZEGÓŁOWY ZAKRES DZIAŁANIA URZĘDU DOZORU TECHNICZNEGO

§ 2. 1. Urząd Dozoru Technicznego, zwany dalej "Urzędem", jest centralnym organem administracji państwowej realizującym zadania związane z wykonywaniem dozoru technicznego w zakresie ustalonym w ustawie z dnia 19 listopada 1987 r. o dozorcze technicznym (Dz. U. Nr 36, poz. 202), zwanej dalej "ustawą", i aktach wykonawczych do niej.

2. Do zakresu działania Urzędu w dziedzinie nadzoru i kontroli nad stosowaniem oraz przestrzeganiem przepisów o dozorcze technicznym i norm, a także zasad z zakresu bezpieczeństwa techniki, należy w szczególności:

- 1) opracowywanie i wydawanie warunków technicznych dozoru technicznego,
- 2) badanie problematyki zagrożeń stwarzanych przez urządzenia techniczne oraz inicjowanie zmian w normach i przepisach o dozorcze technicznym w celu zapewnienia bezpiecznej pracy urządzeń technicznych,
- 3) określenie kryteriów ustalania form dozoru technicznego,
- 4) ustalanie programów szkolenia pracowników jednostek gospodarki społecznej, upoważnionych do wykonywania określonych czynności dozoru technicznego,
- 5) określanie kierunków szkolenia projektantów, wytwórców urządzeń oraz osób obsługujących, naprawiających i konserwujących urządzenia w zakresie bezpiecznej pracy urządzeń technicznych,
- 6) prowadzenie działalności popularyzatorskiej w zakresie bezpiecznej pracy urządzeń technicznych oraz organizowanie konsultacji w tej dziedzinie,
- 7) opracowywanie projektów norm określających zasady i warunki bezpiecznej pracy urządzeń technicznych.

3. Do zakresu działania Urzędu w dziedzinie nadzoru nad organizowaniem i wykonywaniem dozoru technicznego należy w szczególności:

- 1) kontrolowanie wykonywania dozoru technicznego przez podległe inspektoraty dozoru technicznego, w tym prawidłowości ustalania form wykonywania dozoru technicznego nad urządzeniami technicznymi,
- 2) koordynowanie działalności w zakresie uzgadniania wymagań technicznych lub warunków technicznych dozoru technicznego dla importowanych urządzeń technicznych oraz materiałów i elementów stosowanych do budowy i naprawy urządzeń technicznych lub nabywania za granicą licencji na ich produkcję,
- 3) inicjowanie przedsięwzięć mających na celu zapewnienie organizacyjno-technicznych i ekonomicznych warunków wykonywania dozoru technicznego,
- 4) szkolenie pracowników dozoru technicznego,
- 5) występowanie z wnioskami o zmianę wysokości opłat za czynności organów dozoru technicznego.

§ 3. Do zakresu działania Urzędu, oprócz działań wymienionych w § 2, należy również współpraca z Polskim Komitetem Normalizacji, Miar i Jakości w dziedzinie działalności normalizacyjnej, dotyczącej zagadnień bezpiecznej pracy urządzeń technicznych, a w szczególności:

- 1) udział w pracach związanych z programowaniem i planowaniem prac normalizacyjnych,
- 2) wnioskowanie i opiniowanie projektów norm związanych z bezpieczną pracą urządzeń technicznych,
- 3) uczestniczenie w pracach normalizacyjnych, wynikających z międzynarodowej współpracy normalizacyjnej.

Rozdział 3

SZCZEGÓŁOWY ZAKRES DZIAŁANIA INSPEKTORATÓW DOZORU TECHNICZNEGO

§ 4. Do zakresu działania inspektoratów dozoru technicznego należy w szczególności:

- 1) uzgadnianie dokumentacji urządzeń technicznych w zakresie zgodności z przepisami o dozorcze technicznym i warunkami dozoru technicznego,
- 2) przeprowadzanie kontroli określonych materiałów i elementów przeznaczonych do budowy i naprawy urządzeń technicznych,
- 3) przeprowadzanie badań technicznych urządzeń przed wydaniem decyzji zezwalającej na eksploatację lub dopuszczającej do obrotu,
- 4) prowadzenie ewidencji urządzeń technicznych,
- 5) ustalanie formy wykonywania dozoru technicznego,
- 6) prowadzenie postępowania w sprawach:
 a) uprawnień do wytwarzania materiałów i elementów stosowanych do budowy i naprawy urządzeń technicznych,
 b) uprawnień do wytwarzania urządzeń technicznych,
 c) uprawnień do dokonywania napraw urządzeń technicznych,
 d) zezwalania na eksploatację urządzeń technicznych,
 e) wstrzymywania eksploatacji urządzeń technicznych, wycofywanie urządzeń z obrotu i wstrzymywanie ich wytwarzania,
 f) dopuszczania urządzeń technicznych do obrotu,
 g) zawieszania lub cofania uprawnień do wytwarzania materiałów, elementów lub urządzeń technicznych w wypadkach określonych w art. 8 ust. 4 ustawy,
 h) wyrażania zgody na dokonywanie przeróbek urządzeń technicznych,
- 7) wydawanie upoważnień pracownikom jednostek gospodarki społecznej do wykonywania określonych czynności z zakresu dozoru technicznego,
- 8) wykonywanie badań i kontroli stanu urządzeń technicznych,
- 9) sprawdzanie kwalifikacji osób wytwarzających, obsługujących, konserwujących i naprawiających urządzenia techniczne, potwierdzone wydaniem zaświadczeń uprawniających, wymaganych odrębnymi przepisami,
- 10) wykonywanie kontroli nad przestrzeganiem przepisów dozoru technicznego oraz norm i zasad z zakresu bezpiecznej pracy urządzeń technicznych,
- 11) prowadzenie doradztwa w zakresie bezpiecznej pracy urządzeń technicznych.

§ 5. Do zakresu działania inspektoratów dozoru technicznego należy ponadto:

- 1) prowadzenie działalności mającej na celu podnoszenie kwalifikacji pracowników inspektoratów,
- 2) uzgadnianie programów szkolenia osób projektujących, wytwarzających, obsługujących i konserwujących urządzenia techniczne.

Rozdział 4

SPECJALISTYCZNE ORGANY DOZORU TECHNICZNEGO

§ 6. Specjalistycznymi organami dozoru technicznego są:

- 1) organy kolejowego dozoru technicznego i organy dozoru technicznego żeglugi morskiej, podlegające Ministrowi Transportu i Gospodarki Morskiej,
- 2) organy wojskowego dozoru technicznego podlegające Ministrowi Obrony Narodowej.

§ 7. Specjalistycznemu dozorcze technicznemu organów kolejowego dozoru technicznego podlegają urządzenia techniczne:

- 1) zainstalowane na obszarze kolejowym, w kolejowych pojazdach szynowych oraz na bocznicach kolejowych,
- 2) osobowe i towarowe koleje linowe oraz wyciągi narciarskie,
- 3) zbiorniki, w tym cysterny w ruchu kolejowym, drogowym i żegludzie śródlądowej,
- 4) inne urządzenia techniczne eksploatowane przez przedsiębiorstwo państwowe "Polskie Koleje Państwowe" oraz inne przedsiębiorstwa podległe Ministrowi Transportu i Gospodarki Morskiej.

§ 8. 1. Specjalistycznemu dozorcze technicznemu organów dozoru technicznego żeglugi morskiej podlegają następujące urządzenia techniczne na statkach morskich, pontonach, w dokach i w portach morskich:

- 1) urządzenia ciśnieniowe,
- 2) bezciśnieniowe zbiorniki (cysterny),
- 3) dźwignice,
2. Specjalistycznemu dozorcze technicznemu żeglugi morskiej podlegają ponadto:

1) urządzenia techniczne w ciągach technologicznych portowych baz przeładunkowych, których miejscem pracy jest teren administrowany przez urzędy morskie,

2) urządzenia techniczne, stanowiące wyposażenie innych stanowisk zlokalizowanych na terenie przeznaczonym do prac przeładunkowych i innych czynności wchodzących w zakres obsługi żeglugi morskiej.

§ 9. Specjalistycznemu dozorowi technicznemu organów wojskowego dozoru technicznego podlegają urządzenia techniczne zainstalowane lub użytkowane na terenie wojskowych obiektów zamkniętych w jednostkach organizacyjnych podporządkowanych Ministrowi Obrony Narodowej oraz w jednostkach wojskowych podległych Ministrowi Spraw Wewnętrznych.

Rozdział 5

SZCZEGÓŁOWY TRYB WYKONYWANIA CZYNNOŚCI DOZORU TECHNICZNEGO

§ 11. Czynności dozoru technicznego wykonuje się w jednostkach gospodarki uspołecznionej i nie uspołecznionej projektujących urządzenia techniczne, wytwarzających urządzenia techniczne, a także materiały i elementy do ich budowy i naprawy oraz eksploatujących i naprawiających urządzenia techniczne, zwanych dalej "jednostkami".

§ 12. Czynności dozoru technicznego wykonuje pracownik organu dozoru technicznego, zwany dalej "inspektorem".

§ 13. Czynności dozoru technicznego, określone w art. 31 ust. 1 ustawy, mogą również wykonywać upoważnieni pracownicy jednostek gospodarki uspołecznionej.

§ 14. Inspektor nie podlega rewizji osobistej przewidzianej w wewnętrznych regulaminach jednostki, w której wykonuje czynności dozoru technicznego.

§ 15. Czynności dozoru technicznego wykonuje się w dniach i godzinach pracy obowiązujących w jednostce, a w razie potrzeby również w dniach wolnych od pracy i poza godzinami pracy, po uzgodnieniu z kierownikiem jednostki.

§ 16. Inspektor jest uprawniony do:

1) wstępu za okazaniem upoważnienia i legitymacji służbowej, bez potrzeby uzyskiwania przepustki, do pomieszczeń i obiektów, w których znajdują się urządzenia techniczne.

2) poruszania się w tych pomieszczeniach i obiektach, chyba że przepisy szczególne stanowią inaczej,

3) dostępu do urządzeń technicznych,

4) żądania od kierownika jednostki niezbędnych informacji i przedstawienia koniecznych dokumentów oraz materiałów,

5) przeprowadzania w uzgodnionych terminach badań, prób i pomiarów oraz innych czynności potrzebnych do ustalenia stanu urządzenia technicznego, prawidłowości jego eksploatacji lub naprawy, a także prawidłowości wykonania określonych materiałów i elementów stosowanych do budowy i naprawy urządzenia technicznego.

6) wydawania zaleceń pokontrolnych.

§ 17. Czynności dozoru technicznego inspektor wykonuje w obecności kierownika jednostki lub osoby upoważnionej.

§ 18. Inspektor jest obowiązany do przestrzegania przepisów o bezpieczeństwie i higienie pracy obowiązujących w jednostce kontrolowanej.

§ 19. Kierownik jednostki, w której są wykonywane czynności dozoru technicznego, w celu sprawnego ich przeprowadzenia jest obowiązany zapewnić bezpieczne warunki pracy przez umożliwienie bezpiecznego dostępu do badanego urządzenia technicznego, w szczególności spowodowanie wstrzymania w bezpośrednim otoczeniu badanego urządzenia prac budowlanych, montażowych, remontowych i innych, mogących zagrażać bezpieczeństwu inspektora.

§ 20. Inspektor ma prawo odmówić wykonania czynności dozoru technicznego w razie stwierdzenia niewłaściwych warunków do ich przeprowadzenia, a w szczególności:

1) niedostatecznego stanu przygotowania urządzenia technicznego do badania,

2) niewłaściwego oświetlenia lub występowania oparów utrudniających widoczność,

3) przekroczenia dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy lub dopuszczalnej granicy niskich i wysokich temperatur.

§ 21. 1. Z wykonania czynności dozoru technicznego inspektor sporządza protokół.

2. Protokół podpisują inspektor, kierownik jednostki lub jego zastępca albo osoba upoważniona.

3. Jeden egzemplarz protokołu pozostawia się za pokwitowaniem w jednostce.

4. Zbiór protokołów dotyczących danego urządzenia technicznego tworzy księgę rewizyjną urządzenia technicznego, przechowywaną w jednostce.

§ 22. Do pracowników jednostek gospodarki uspołecznionej, o których mowa w § 13, stosuje się odpowiednio przepisy § 16 pkt. 3-5 oraz § 17, 19 i 20.

§ 23. 1. Z czynności dozoru technicznego upoważniony pracownik dokonuje wpisu do księgi rewizyjnej urządzenia, w której podaje datę wykonania czynności i treść poczynionych ustaleń.

2. W razie konieczności wydania decyzji z zakresu dozoru technicznego pracownik, o którym mowa w ust. 1, niezwłocznie powiadamia właściwy organ dozoru technicznego.

§ 24. 1. Czynnościami dozoru technicznego są objęte również urządzenia techniczne eksploatowane przez osoby fizyczne.

2. Przepisy § 12 i 14-21, dotyczące jednostek, stosuje się odpowiednio podczas wykonywania czynności dozoru technicznego, o których mowa w ust. 1.

Rozdział 6

PRZEPISY KOŃCOWE

§ 25. Traci moc rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 25 lutego 1981 r. w sprawie dozoru technicznego (Dz. U. Nr 8, poz. 34).

§ 26. Rozporządzenie wchodzi w życie z dniem ogłoszenia.

3)

Rozporządzenie Rady Ministrów

z dnia 29 grudnia 1988 r.

w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o dozorcze technicznym

(Dz. U. z dnia 31 grudnia 1988 r. Nr 44, poz. 351)

Na podstawie art. 8 ust. 6, art. 14 ust. 3 i art. 20 ustawy z dnia 19 listopada 1987 r. o dozorcze technicznym (Dz. U. Nr 36, poz. 202) zarządza się, co następuje:

Rozdział 1

PRZEPISY OGÓLNE

§ 1. Ilekroć w rozporządzeniu jest mowa o:

- 1) "ustawie" - rozumie się przez to ustawę z dnia 19 listopada 1987 r. o dozorcze technicznym (Dz. U. Nr 36, poz. 202),
- 2) "urządzeniach technicznych" - rozumie się przez to urządzenia techniczne podlegające dozorowi technicznemu,
- 3) "materiałach" - rozumie się przez to materiały przeznaczone do budowy lub naprawy urządzeń technicznych bądź ich elementów,
- 4) "wytwarzaniu" bez bliższego określenia - rozumie się przez to wytwarzanie materiałów i elementów stosowanych do budowy urządzeń technicznych lub ich naprawy, a także wytwarzanie urządzeń technicznych,
- 5) "zakładzie uprawnionym" - rozumie się przez to wytwarzającego, który otrzymał uprawnienie organu dozoru technicznego do wytwarzania urządzeń technicznych lub materiałów i elementów stosowanych do ich budowy, bądź naprawiającego, który otrzymał uprawnienie tego organu zezwalające na dokonywanie napraw urządzeń technicznych.

Rozdział 2

**WARUNKI STANOWIĄCE PODSTAWĘ WYDAWANIA UPRAWNIENI
DO WYTWARZANIA ORAZ WARUNKI I TRYB WYDAWANIA UPRAWNIENI
ZEZWALAJĄCYCH NA DOKONYWANIE NAPRAW**

§ 2. Uprawnienia do wytwarzania i dokonywania napraw wydaje właściwy organ dozoru technicznego w formie decyzji.

§ 3. Uprawnienia, o których mowa w § 2, mogą być wydane, gdy wytwarzający lub naprawiający:

- 1) posiada wdrożoną technologię wytwarzania lub naprawy,
- 2) posiada urządzenia zapewniające wytwarzanie bądź naprawę urządzeń technicznych, zgodnie z technologią,
- 3) zatrudnia pracowników o odpowiednich kwalifikacjach, określonych w odrębnych przepisach,
- 4) posiada zorganizowaną kontrolę jakości,
- 5) ma możliwość przeprowadzenia badań niszczących i nie niszczących wytwarzanych (naprawianych) urządzeń technicznych, a także materiałów, we własnym laboratorium lub laboratorium wskazanym przez organ dozoru technicznego.

§ 4. Decyzja o uprawnieniu do wytwarzania lub naprawy urządzeń technicznych określa w szczególności:

- 1) technologie stosowane przy wytwarzaniu lub naprawianiu urządzeń technicznych,
- 2) materiały przeznaczone do wytwarzania lub naprawy urządzeń technicznych,
- 3) wymagania dla kontroli jakości.

§ 5. Zakład uprawniony jest obowiązany każdorazowo zawiadamiać właściwy organ dozoru technicznego o zmianie warunków będących podstawą wydania uprawnienia.

§ 6. Zmiana zakresu uprawnienia może nastąpić wyłącznie na podstawie decyzji.

§ 7. 1. Wszczęcie postępowania następuje na wniosek zainteresowanego.

2. Do wniosku należy dołączyć:
 - 1) instrukcję technologiczną,
 - 2) instrukcję kontroli jakości,
 - 3) wykaz posiadanych urządzeń produkcyjnych i urządzeń dla kontroli jakości,
 - 4) wykaz osób odpowiedzialnych za produkcję i kontrolę jakości

oraz osób posiadających uprawnienia w zakresie określonych technologii, wydane na podstawie odrębnych przepisów.

§ 8. 1. Po otrzymaniu wniosku organ dozoru technicznego sprawdza, czy spełnione są warunki określone w § 3.

2. Organ dozoru technicznego może wyznaczyć do wykonania elementy próbne, określając zakres ich badań.

Rozdział 3

ZASADY I TRYB PROJEKTOWANIA URZĄDZEŃ TECHNICZNYCH

§ 9. 1. Urządzenia techniczne projektuje się na podstawie norm, przepisów o dozorcze technicznym, innych przepisów szczególnych właściwych dla projektowania poszczególnych rodzajów urządzeń, a także warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie:

- 1) konstrukcji,
- 2) obliczeń wytrzymałościowych,
- 3) materiałów i elementów przeznaczonych do budowy lub naprawy,
- 4) osprzętu i zabezpieczeń,
- 5) oznakowania.

2. W razie gdy dla urządzenia technicznego nie ma ustalonych warunków technicznych dozoru technicznego, urządzenie może być projektowane według warunków technicznych opracowanych przez projektującego i zatwierdzonych przez właściwy organ dozoru technicznego.

§ 10. Projektujący urządzenia techniczne są obowiązani uzgodnić dokumentację techniczną urządzenia z właściwym organem dozoru technicznego.

§ 11. 1. Uzgodnienie dokumentacji następuje na wniosek zainteresowanego.

2. Do wniosku powinna być dołączona dokumentacja techniczna urządzenia w zakresie określonym w warunkach technicznych dozoru technicznego dla poszczególnych rodzajów urządzeń.

3. Uzgodnienie dokumentacji organ dozoru technicznego potwierdza na dokumentacji technicznej urządzenia z terminem ważności na 2 lata.

Rozdział 4

**ZASADY I TRYB WYTWARZANIA MATERIAŁÓW I ELEMENTÓW
PRZEZNACZONYCH DO BUDOWY URZĄDZEŃ TECHNICZNYCH
ORAZ WYTWARZANIA I NAPRAW TYCH URZĄDZEŃ**

§ 12. Materiały i elementy przeznaczone do budowy urządzeń technicznych powinny odpowiadać wymaganiom norm, przepisów o dozorcze technicznym i innych przepisów szczególnych oraz warunków technicznych dozoru technicznego.

§ 13. W razie gdy dla urządzenia technicznego, materiałów i elementów przeznaczonych do jego budowy nie ma ustalonych warunków technicznych dozoru technicznego, mogą być one wytwarzane według warunków technicznych opracowanych przez wytwarzającego i zatwierdzonych przez właściwy organ dozoru technicznego.

§ 14. Procesy technologiczne wytwarzania urządzeń technicznych i ich elementów, takie jak:

- 1) przeróbka plastyczna,
- 2) nitowanie,
- 3) spawanie,
- 4) zgrzewanie,
- 5) obróbka cieplna,
- 6) formowanie naczyń ciśnieniowych z tworzywa sztucznych wzmocnionych włóknem szklanym,

powinny odpowiadać warunkom technicznym dozoru technicznego.

§ 15. 1. Materiały przeznaczone do budowy elementów urządzeń technicznych powinny posiadać dokument potwierdzający jakość (atest lub zaświadczenie jakości wytwórcy), wystawiony przez kontrolę jakości wytwarzającego.

2. Materiały powinny być znakowane zgodnie z wymaganiami norm i warunków technicznych dozoru technicznego.

§ 16. Wytwarzający urządzenie techniczne jest obowiązany sprzedawać urządzenia wraz z dokumentacją, której zakres odpowiada wymaganiom norm i warunków technicznych dozoru technicznego.

§ 17. Do naprawy urządzeń technicznych stosuje się odpowiednio przepisy § 9 ust. 1 i § 12-15.

Rozdział 5

ZASADY I TRYB EKSPLOATACJI URZĄDZEŃ TECHNICZNYCH

§ 18. Eksploatacja urządzeń technicznych powinna być prowadzona zgodnie z ich przeznaczeniem oraz zasadami określonymi w warunkach technicznych dozoru technicznego i innych przepisach szczególnych.

§ 19. 1. Decyzję o dopuszczeniu urządzenia technicznego do obrotu wydaje właściwy organ dozoru technicznego na wniosek wytwarzającego.

2. Do wniosku, o którym mowa w ust. 1, wytwarzający załącza dokumentację określoną w warunkach technicznych dozoru technicznego.

3. Badanie przed dopuszczeniem urządzenia technicznego do obrotu obejmuje zbadanie prototypu urządzenia w zakresie zgodności jego wykonania z przedłożoną dokumentacją oraz prawidłowości budowy w warunkach gotowości do pracy i w czasie pracy. Organ dozoru technicznego przeprowadzający badanie prototypu może zażądać przeprowadzenia dodatkowych badań specjalnych, z badaniami niszczącymi włącznie.

4. Organ dozoru technicznego wydaje decyzję o dopuszczeniu urządzenia technicznego do obrotu, uwzględniając:

- 1) ocenę przeprowadzonych badań,
- 2) ocenę procesu wytwarzania.

5. Decyzja o dopuszczeniu urządzenia technicznego do obrotu powinna określać także:

- 1) rodzaj badań, które kontrola jakości wytwarzającego jest obowiązana przeprowadzić dla każdego urządzenia,
- 2) zakres dokumentacji dostarczonej użytkownikowi,
- 3) trwałe znak, którym oznaczane będzie każde urządzenie oraz miejsce i sposób jego umieszczenia.

§ 20. 1. Decyzję zezwalającą na eksploatację urządzeń technicznych produkowanych jednostkowo i urządzeń produkowanych seryjnie, lecz nie dopuszczonych do obrotu, wydaje właściwy organ dozoru technicznego na wniosek eksploatującego urządzenie.

2. Do wniosku powinna być załączona dokumentacja, o której mowa w § 11 ust. 2.

3. Badania urządzenia technicznego poprzedzające decyzję zezwalającą na eksploatację urządzenia obejmują:

- 1) sprawdzenie kompletności i prawidłowości przedłożonej dokumentacji,
- 2) badanie budowy w zakresie zgodności wykonywania urządzenia z dokumentacją i wymaganiami norm oraz warunków technicznych dozoru technicznego, a także stanu urządzenia, wyposażenia i wymaganych oznakowań,
- 3) próby techniczne przed uruchomieniem urządzenia oraz w warunkach pracy w zakresie ustalonym w warunkach technicznych dozoru technicznego dla poszczególnych rodzajów urządzeń,
- 4) badanie specjalne ustalone w dokumentacji projektowej urządzenia lub przeprowadzone w uzasadnionych przypadkach na żądanie organu dozoru technicznego.

4. W przypadkach technicznie uzasadnionych część badań urządzenia technicznego, o których mowa w ust. 3 pkt. 2 i 3, może być przeprowadzona u wytwarzającego urządzenie. Wyniki tych badań oraz stan techniczny urządzenia określa się w poświadczeniu badania i mogą być one uwzględnione przy badaniu urządzenia u eksploatującego, poprzedzającym wydanie decyzji zezwalającej na eksploatację urządzenia.

§ 21. 1. Urządzenia techniczne objęte dozorem technicznym pełnym podlegają okresowym badaniom technicznym.

2. Terminy badań okresowych wymagających przygotowania urządzenia technicznego do badań w sposób określony przez organ dozoru technicznego są wyznaczane przez ten organ co najmniej z 14-dniowym wyprzedzeniem. Na uzasadniony wniosek użytkownika organ dozoru technicznego może wyznaczyć inny termin badania.

3. W uzasadnionych technicznie przypadkach organ dozoru technicznego może wydać decyzję zezwalającą na eksploatację urządzenia technicznego przy innych parametrach pracy niż dotychczasowe, jeżeli zapewniają one bezpieczną pracę urządzenia.

§ 22. 1. Urządzenia techniczne objęte dozorem technicznym pełnym lub ograniczonym podlegają doraźnym badaniom technicznym.

2. Użytkownik urządzenia technicznego obowiązany jest zgłosić urządzenie do badań doraźnych w razie:

- 1) stwierdzenia niewłaściwego stanu urządzenia,
- 2) zakończenia przebudowy lub naprawy urządzenia,
- 3) niebezpiecznego uszkodzenia urządzenia lub nieszczęśliwego wypadku związanego z eksploatacją urządzenia.

3. Badanie doraźne może być przeprowadzone, poza przypadkami wymienionymi w ust. 2, w każdym czasie, w przypadkach uzasadnionych stanem technicznym urządzenia, w ramach wykonywania przez organ dozoru technicznego nadzoru i kontroli przestrzegania prze-

pisów o dozorze technicznym.

4. Zakres badań doraźnych ustala każdorazowo organ dozoru technicznego w zależności od okoliczności uzasadniających przeprowadzenie badania.

5. W odniesieniu do doraźnych badań technicznych przepis § 21 ust. 3 stosuje się odpowiednio.

Rozdział 6

KWALIFIKACJE OSÓB PROJEKTUJĄCYCH, WYTWARZAJĄCYCH, OBSŁUGUJĄCYCH, KONSERWUJĄCYCH I NAPRAWIAJĄCYCH URZĄDZENIA TECHNICZNE

§ 23. Osoby projektujące urządzenia techniczne powinny posiadać:

1) wykształcenie wyższe techniczne i co najmniej 1 rok praktyki w projektowaniu lub wykształcenie średnie techniczne i co najmniej 3 lata praktyki w projektowaniu,

2) znajomość norm, przepisów o dozorze technicznym i innych przepisów szczególnych, a także warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie określonym w § 9.

§ 24. 1. Osoby odpowiedzialne za wytwarzanie, naprawianie i kontrolę jakości urządzeń technicznych w zakładzie uprawnionym powinny posiadać wyższe wykształcenie techniczne i co najmniej 2 lata praktyki zawodowej lub wykształcenie średnie techniczne i co najmniej 5 lat praktyki zawodowej oraz znajomość norm, przepisów o dozorze technicznym i warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie nadzorowanej działalności.

2. Osoby wykonujące czynności spawania, zgrzewania, nitowania, lutowania oraz obróbkę plastyczną i cieplną w zakładzie uprawnionym do wytwarzania i naprawiania urządzeń technicznych powinny posiadać kwalifikacje potwierdzone świadectwami ośrodków kształcenia zawodowego lub zakładowych kursów szkolenia zawodowego oraz spełniać wymagania kwalifikacyjne określone w odrębnych przepisach.

§ 25. 1. Osoby obsługujące i konserwujące urządzenia techniczne powinny:

1) posiadać kwalifikacje wymagane dla poszczególnych stanowisk lub zawodów, określone w odrębnych przepisach,

2) odbyć zakładowe przeszkolenie w zakresie obsługi danego urządzenia oraz posiadać znajomość instrukcji eksploatacyjnej.

2. Niezależnie od wymogów określonych w ust. 1 osoby obsługujące lub konserwujące:

1) urządzenia dźwignicowe - powinny posiadać zaświadczenia uprawniające do obsługi lub konserwacji dźwignicy określonej kategorii, grupy, rodzaju lub typu,

2) przenośne wyczołki acetyleny (wyczołki o ładunku karbidu nie większym niż 10 kg) - powinny posiadać udokumentowane podstawowe przeszkolenie w zakresie spawania gazowego,

3) żurawie samojezdne lub cysterny na podwoziu samojezdnym - powinny posiadać prawo jazdy odpowiedniej kategorii.

Rozdział 7

PRZEPISY KOŃCOWE

§ 26. Tracą moc:

1) rozporządzenie Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 27 lipca 1963 r. w sprawie budowy i eksploatacji stałych zbiorników ciśnieniowych oraz wykonywania dozoru technicznego nad tymi zbiornikami (Dz. U. Nr 41, poz. 230).

2) rozporządzenie Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 7 października 1963 r. w sprawie budowy i eksploatacji kotłów parowych i wodnych, przenośnych zbiorników ciśnieniowych i wyczołki acetylenowych oraz wykonywania nad nimi dozoru technicznego (Dz. U. Nr 46, poz. 257),

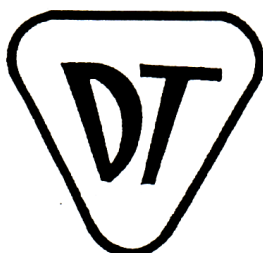
3) rozporządzenie Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 7 października 1963 r. w sprawie budowy i eksploatacji dźwignic oraz wykonywania dozoru technicznego nad tymi dźwignicami (Dz. U. Nr 46, poz. 258).

§ 27. Rozporządzenie wchodzi w życie z dniem 1 stycznia 1989 r.

**SPIS AKTÓW PRAWNYCH
O DOZORZE TECHNICZNYM**

1. Ustawa z dnia 19 listopada 1987 r. o dozorze technicznym (Dz. U. Nr 36, poz. 220).....
2. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 31 grudnia 1988 r. w sprawie dozoru technicznego (Dz. U. z 1989 r. Nr 1, poz. 3) z wprowadzonymi zmianami.....
3. Rozporządzenie Ministra Przemysłu z dnia 29 grudnia 1988 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o dozorze technicznym (Dz. U. Nr 44, poz. 351).....
4. Rozporządzenie Ministra Przemysłu z dnia 22 grudnia 1988 r. w sprawie warunków i trybu udzielania upoważnień pracownikom jednostek gospodarki społecznej do wykonywania niektórych czynności z zakresu dozoru technicznego (Dz. U. Nr 43, poz. 343).....
5. Zarządzenie Ministra Przemysłu z dnia 22 grudnia 1988 r. w sprawie zasad i trybu oznaczania trwałym znakiem urządzeń technicznych dopuszczonych do obrotu (M.P. Nr 36, poz. 332).....
6. Zarządzenie Ministra Przemysłu z dnia 28 lutego 1989 r. w sprawie trybu uzgadniania z organami dozoru technicznego wymagań technicznych lub warunków technicznych dozoru technicznego dla importowanych urządzeń technicznych oraz materiałów i elementów stosowanych do budowy tych urządzeń lub nabycia za granicą licencji na ich produkcję (M.P. Nr 6, poz. 63).....
7. Zarządzenie Ministra Przemysłu z dnia 30 maja 1989 r. w sprawie trybu wykonywania czynności przez pracowników Urzędu Dozoru Technicznego i inspektoratów dozoru technicznego w jednostkach organizacyjnych resortu spraw wewnętrznych (Dz. Urz. Min. Przem. Nr 3, poz. 4).....

**WZÓR TRWAŁEGO ZNAKU URZĄDZENIA TECHNICZNEGO
DOPUSZCZONEGO DO OBROTU**



**WYKAZ
„WARUNKÓW TECHNICZNYCH DOZORU TECHNICZNEGO”
(w dystrybucji)**

1. Dźwignice i przenośniki - Wymagania ogólne.
DT-DE-90/WO
2. Urządzenia ciśnieniowe - Wymagania ogólne.
DT-UC-90/WO
3. Wymagania ogólne - Materiały.
DT-UT-90/WO-M
4. Wymagania ogólne - Wytwarzanie.
DT-UT-90/WO-W
5. Urządzenia ciśnieniowe - Kotły parowe.
DT-UC-90/KP
6. Urządzenia ciśnieniowe - Kotły wodne.
DT-UC-90/KW
7. Urządzenia ciśnieniowe - Kotły parowe i cieczowe z organicznymi nośnikami ciepła.
DT-UC-90/KO
8. Urządzenia ciśnieniowe - Kotły piekarskie.
DT-UC-90/KB
9. Urządzenia ciśnieniowe - Rurociągi parowe łączące kocioł z turbiną.
DT-UC-90/RC
10. Urządzenia ciśnieniowe - Zbiorniki stałe.
DT-UC-90/ZS
11. Urządzenia ciśnieniowe - Zbiorniki przenośne (transportowe).
DT-UC-90/ZP
12. Urządzenia ciśnieniowe - Obliczenia wytrzymałościowe
DT-UC-90/WO-O
13. Urządzenia ciśnieniowe - Stałe zbiorniki ciśnieniowe z tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknem szklanym.
DT-UC-90/ZT
14. Urządzenia ciśnieniowe - Wytwornice acetyleny.
DT-UC-90/WA
15. Ustawa, rozporządzenia o zarządzenia o dozorze technicznym - wydanie II uzupełnione.
16. Dźwignice. Dźwigi osobowe i szpitalne.
DT-DE-91/WP-1
17. Dźwignice. Dźwigi towarowe.
DT-DE-91/WP-2
18. Dźwignice. Dźwigi towarowe małe.
DT-DE-91/WP-3
19. Dźwignice. Dźwigi budowlane towarowo-osobowe i towarowe.
DT-DE-91/WP-4
20. Dźwignice. Podesty ruchome.
DT-DE-91/WP-5
21. Dźwignice. Układnice magazynowe
DT-DE-91/WP-6
22. Dźwignice. Suwnice.
DT-DE-91/WP-7
23. Dźwignice. Żurawie samojezdne.
DT-DE-91/WP-8
24. Dźwignice. Żurawie szynowe.
DT-DE-91/WP-9
25. Dźwignice. Żurawie stałe, przenośne i przewoźne.
DT-DE-91/WP-10
26. Dźwignice. Ciężniki.
DT-DE-91/WP-11
27. Wytyczne 2MS
(dot. spawania urządzeń dozorowych).

4.2. Wybrane dokumenty normatywno-techniczne

A) Polskie Normy

- PN/H-02650 Armatura i rurociągi. Ciśnienie i temperatura
- PN/H-02651 Rurociągi i armatura. Średnice nominalne
- PN/H-74204 Rurociągi. Rury stalowe przewodowe. Średnice zewnętrzne
- PN/H-74219 Rury stalowe bez szwu walcowane na gorąco ogólnego zastosowania
- PN/H-74240 Rury stalowe bez szwu precyzyjne
- PN/H-74242 Rury stalowe bez szwu wysokostopowe ze stali odpornej na korozję i żaroodpornej
- PN/H-74244 Rury stalowe ze szwem przewodowe
- PN/H-74252 Rury stalowe bez szwu kotłowe
- PN/H-74585 Miedź i stopy miedzi. Rury do wymienników ciepła
- PN/H-74301 Rurociągi i armatura. Śruby, nakrętki, tuleje wyrównawcze do połączeń kołnierzowych. Wymagania ogólne
- PN/H-74302 — Śruby dwustronne do połączeń kołnierzowych
- PN/H-74303 — Nakrętki sześciokątne wysokie z podtoczeniem do połączeń kołnierzowych
- PN/H-74304 — Tuleje wyrównawcze do połączeń kołnierzowych
- PN/H-74306 Armatura i rurociągi. Wymiary przyłączeniowe kołnierzy na ciśnienia nominalne do 40 MPa
- PN/H-74307 — Powierzchnie uszczelniające kołnierzy
- PN/H-74374.01 — Połączenia kołnierzowe. Uszczelki. Wymagania ogólne. Poprawki
- PN/H-74374.02 — Połączenia kołnierzowe. Uszczelki płaskie do kołnierzy z przylgami zgrubnymi
- PN/H-74374.03 — Połączenia kołnierzowe. Uszczelki płaskie do kołnierzy z występami i rowkami
- PN/H-74374.04 — Połączenia kołnierzowe. Uszczelki płaskie do kołnierzy z wypustami i wpustami
- PN/H-74374.05 — Połączenia kołnierzowe. Uszczelki faliste do kołnierzy z przylgami zgrubnymi
- PN/H-74374.06 — Połączenia kołnierzowe. Uszczelki płaskie z wewnętrzną wkładką metalową falowaną do kołnierzy z przylgami zgrubnymi
- PN/H-74374.07 — Połączenia kołnierzowe. Uszczelki gumowe o przekroju kołowym do kołnierzy z wypustami i wpustami
- PN/H-74701 — Kołnierze stalowe na ciśnienie nominalne do 40 MPa
- PN/H-74710.01 — Kołnierze do przyspawania okrągłe z szyjką na ciśnienie nominalne do 40 MPa. Postanowienia ogólne
- PN/H-74710.02 — Kołnierze do przyspawania okrągłe z szyjką na ciśnienie nominalne 0,63 MPa
- PN/H-74710.03 — Kołnierze do przyspawania okrągłe z szyjką na ciśnienie nominalne 1 MPa
- PN/H-74710.04 — Kołnierze do przyspawania okrągłe z szyjką na ciśnienie nominalne 1,6 MPa
- PN/H-74710.05 — Kołnierze do przyspawania okrągłe z szyjką na ciśnienie nominalne 2,5 MPa
- PN/H-74710.06 — Kołnierze do przyspawania okrągłe z szyjką na ciśnienie nominalne 4 MPa
- PN/H-74710.07 — Kołnierze do przyspawania okrągłe z szyjką na ciśnienie nominalne 6,3 MPa
- PN/H-74710.08 — Kołnierze do przyspawania okrągłe z szyjką na ciśnienie nominalne 10 MPa
- PN/H-74720 — Kołnierze. Zestawienie typów i wielkości
- PN/H-74728 — Kołnierze stalowe okrągłe zaślepiające na ciśnienie nominalne (0,63÷16) MPa
- PN/H-74731 — Kołnierze okrągłe płaskie do przyspawania na ciśnienie nominalne (0,25÷1,6) MPa
- PN/H-74733 — Kołnierze owalne płaskie do przyspawania na ciśnienie nominalne 0,63 MPa
- PN/H-74734 — Kołnierze okrągłe z szyjką gwintowane na ciśnienie nominalne (1÷4) MPa

- PN/H-74735 — Kołnierze okrągłe płaskie gwintowane na ciśnienie nominalne 0,63 MPa
- PN/H-74736 — Kołnierze owalne płaskie gwintowane na ciśnienie nominalne 0,63 MPa
- PN/H-74737 — Kołnierze luźne z pierścieniami do przyspawania na ciśnienie nominalne (0,25÷1,6) MPa
- PN/H-74738 — Kołnierze luźne z pierścieniami szybkowymi do przyspawania na ciśnienie nominalne (0,25÷10) MPa
- PN/H-74739 — Kołnierze luźne do rur wywijanych na ciśnienie nominalne (0,25÷1,6) MPa
- PN/H-84017 Stal niskostopowa-konstrukcyjna trudno rdzewiejąca
- PN/H-84018 Stal niskostopowa o podwyższonej wytrzymałości
- PN/H-84020 Stal niestopowa konstrukcyjna ogólnego przeznaczenia. Gatunki
- PN/H-84024 Stal do pracy przy podwyższonych temperaturach. Gatunki
- PN/H-84030/01 Stale stopowe konstrukcyjne. Gatunki
- PN/H-86020 Stal odporna na korozję (nierdzewna i kwasoodporna). Gatunki
- PN/H-86022 Stal żaroodporna. Gatunki
- PN/H-92120 Blachy grube i uniwersalne ze stali konstrukcyjnej węglowej zwykłej jakości i niskostopowej
- PN/H-92123 Blachy stalowe kotłowe
- PN/H-92128 Blacha cienka ze stali odpornej na korozję i żaroodpornej
- PN/H-92129 Blacha cienka ze stali węglowej konstrukcyjnej wyższej jakości
- PN/H-92131 Blacha cienka ze stali węglowej konstrukcyjnej zwykłej jakości
- PN/H-92135 Blachy grube ze stali konstrukcyjnej wyższej jakości i stopowej
- PN/H-92138 Stal odporna na korozję i żaroodporna. Blacha gruba
- PN/H-92149 Blachy stalowe cienkie konstrukcyjne trudno rdzewiejące
- PN/H-92201 Stal. Blacha walcowana na zimno. Wymiary
- PN/H-92202 Blachy stalowe cienkie walcowane na gorąco. Wymiary
- PN/H-92203 Blachy stalowe uniwersalne. Wymiary
- PN/H-93000 Stal węglowa niskostopowa. Walcówka i pręty walcowane na gorąco
- PN/H-93001 Walcówka; pręty walcowane na gorąco ze stali węglowej wyższej jakości i stopowej konstrukcyjnej
- PN/H-93004 Stal odporna na korozję i żaroodporna. Walcówka i pręty walcowane na gorąco
- PN/H-93015 Pręty stalowe walcowane na gorąco na wyroby pracujące w podwyższonych temperaturach
- PN/H-94004 Stal konstrukcyjna węglowa i stopowa. Odkuwki i pręty swobodnie kute
- PN/H-94009 Stal. Odkuwki i pręty kute dla urządzeń ciśnieniowych
- PN/H-94012 Odkuwki matrycowane ogólnego przeznaczenia. Wymagania i badania.
- PN/H-94013 Odkuwki matrycowane ze stali 12HMF i 13HMF. Wymagania i badania
- PN/H-94053 Stal. Pręty i odkuwki swobodnie kute na gorąco ze stali odpornej na korozję i żaroodpornej
- PN/H-94101 Odkuwki stalowe swobodnie kute. Naddatki na obróbkę mechaniczną i dopuszczalne odchyłki wymiarowe
- PN/M-34033 Rurociągi pary i wody. Obliczanie grubości ścianek rur
- PN/M-34034 Rurociągi. Zasady obliczeń strat ciśnienia
- PN/M-35410 Dna stalowe tłoczone. Wymagania i badania
- PN/M-35411 Dna elipsoidalne stalowe o średnicy zewnętrznej od 33,5 do 508 mm. Wymiary
- PN/M-35412 Dna elipsoidalne stalowe o średnicy wewnętrznej od 600 do 4000 mm. Wymiary
- PN/M-35413 Dna o małej wypukłości stalowe tłoczone o średnicach wewnętrznych od 600 do 3200 mm. Wymiary
- PN/M-35414 Dna płaskie stalowe tłoczone o średnicach wewnętrznych od 600 do 4000 mm. Wymiary

B) Branżowe Normy

- BN/2200-01 Symbole graficzne aparatów, maszyn i urządzeń przemysłu chemicznego
- BN/2200-02 Wyparki cienkowarstewkowe. Nazwy, określenia i symbole klasyfikacyjne
- BN/2201-01 Aparaty typu zbiornikowego. Średnice
- BN/2201-02 — Szereg objętości nominalnych
- BN/2201-03 Nominalne prędkości obrotowe mieszadeł
- BN/2201-04 Nominalne średnice wałów mieszadeł
- BN/2201-05 Aparaty typu kolumnowego. Średnice i odstęp między półkami
- BN/2201-06 Zbiorniki i aparaty chemiczne. Zakresy i wartości ciśnień nominalnych
- BN/2201-07 Aparatura chemiczna. Stopniowanie temperatury
- BN/2201-08 Zbiorniki kuliste $V_{\text{nom}} = (16 \div 40\ 000) \text{ m}^3$. Główne wymiary
- BN/2201-09 Dławnice czołowe. Wielkości średnic zabudowy
- BN/2201-10 Naczynia wysokociśnieniowe wielowarstwowe kute i kuto-spawane. Średnice wewnętrzne
- BN/2201-11 Aparaty cylindryczne pionowe. Wsporcze konstrukcje cylindryczne. Wytyczne konstrukcyjne
- BN/2202-01 Aparatura chemiczna. Średnice zewnętrzne rur bez szwu
- BN/2203-01 Zbiorniki i aparaty stalowe spawane ciśnieniowe. Wytyczne projektowania i wykonania oraz badania odbiorcze
- BN/2203-02 Aparaty i zbiorniki wygumowane lub ebonitowane. Wytyczne konstrukcyjne
- BN/2203-04 Aparaty żeliwne typu zbiornikowego. Ogólne wymagania i badania
- BN/2205-01 Odchyłki warsztatowe swobodnych wymiarów liniowych do 20000 mm
- BN/2205-03 Połączenia spawane elementów naczyń ciśnieniowych. Wytyczne konstrukcyjne
- BN/2205-04 Połączenia spawane elementów ze stali węglowej, stopowej i blachy platerowanej. Wytyczne konstrukcyjne
- BN/2208-01 Stałe zbiorniki ciśnieniowe. Tabliczki fabryczne
- BN/2211-01 Kołnierze nakładkowe stalowe na ciśnienie nominalne 0,6; 1,6 i 2,5 MPa
- BN/2211-03 Wprowadzenie rur przez ściany aparatów. Połączenia kołnierzowe rur stalowych
- BN/2211-05 Wprowadzenie rur przez ściany aparatów. Połączenia kołnierzowe rur miedzianych
- BN/2211-06 — Uszczelki niemetalowe miękkie
- BN/2211-07 — Uszczelki prasowane
- BN/2211-08 Dołącza gwintowane do przyspawania
- BN/2211-09 Naczynia stalowe cylindryczne beziśnieniowe. Kołnierze płaskie
- BN/2211-10 Włazy do aparatów stalowych niskociśnieniowych
- BN/2211-11 Włazy stalowe. Mechanizm do podnoszenia pokryw
- BN/2211-12 Połączenia szczękowo-śrubowe. Uchwyty szczękowe
- BN/2211-19 Króćce obsługowe $d_z = (133 \div 273) \text{ mm}$ ze śrubami odrzucanymi; $p_{\text{nom}} = 0,6; 1,0$ i 1,6 MPa
- BN/2211-20 Króćce spustowe stalowe z uszczelnieniem dławnicowym na ciśnienie nominalne 1,6 MPa
- BN/2211-21 Otwór wyczystkowy owalny z zamknięciem 120/150 mm
- BN/2211-22 Włazy do aparatów miedzianych na ciśnienie do 1,0 MPa i temperaturę do 200°C
- BN/2211-24/01 Zbiorniki i aparaty ze stali węglowej. Włazy z pokrywą płaską na ciśnienie nominalne 1,0; 1,6; 2,0; 2,5 i 4,0 MPa
- BN/2211-24/02 — Włazy z pokrywą z dnem elipsoidalnym na ciśnienie nominalne 1,0; 1,6; 2,0; 2,5 i 4,0 MPa
- BN/2211-25/01 Zbiorniki i aparaty odporne na korozję. Włazy z pokrywą płaską na ciśnienie nominalne 1,0; 1,6; 2,0; 2,5 i 4,0 MPa

- BN/2211-25/02 — Włazy z pokrywą z dnem elipsoidalnym na ciśnienie nominalne 1,0; 1,6; 2,0; 2,5 i 4,0 MPa
- BN/2211-26 Zamknięcia otworów prostokątnych
- BN/2211-32 Króćce ze stali węglowej z kołnierzami przypawanymi okrągłymi płaskimi. Ciśnienie nominalne 0,25 i 0,6 MPa
- BN/2211-33 — Ciśnienie nominalne 1,0 i 1,6 MPa
- BN/2211-34 Króćce ze stali węglowej do pokrycia wykładziną chemoodporną. Ciśnienie nominalne 0,25; 0,6; 1,0; 1,6 MPa
- BN/2211-35 Króćce do zbiorników i aparatów odpornych na korozję z kołnierzami przypawanymi. Ciśnienie nominalne 0,25 i 0,6 MPa
- BN/2211-36 Króćce do zbiorników i aparatów odpornych na korozję z kołnierzami przypawanymi okrągłymi płaskimi. Ciśnienie nominalne 1,0 i 1,6 MPa
- BN/2211-37 Króćce do zbiorników i aparatów odpornych na korozję z kołnierzami luźnymi ze stali węglowej. Ciśnienie nominalne 0,25 i 0,6 MPa
- BN/2211-38 — Ciśnienie nominalne 1,0 i 1,6 MPa
- BN/2211-39 Króćce z kołnierzami przypawanymi okrągłymi z szyjką. Ciśnienie nominalne 0,6 MPa
- BN/2211-40 — Ciśnienie nominalne 1,0 i 1,6 MPa
- BN/2211-41 Króćce ze stali węglowej z kołnierzami przypawanymi okrągłymi z szyjką. Ciśnienie nominalne 2,5 i 4,0 MPa
- BN/2211-42 Króćce z kołnierzami przypawanymi okrągłymi z szyjką do aparatów ze stali odpornej na korozję. Ciśnienie nominalne 2,5 i 4,0 MPa
- BN/2211-43 Króćce do zbiorników i aparatów. Zestawienie rodzajów, odmian i wielkości
- BN/2212-01 Nogi podporowe aparatów chemicznych. Wytyczne konstrukcyjne
- BN/2212-02 Łapy wspornikowe. Wymiary i wytyczne doboru
- BN/2212-03 Blachy wzmacniające pod łapy wspornikowe
- BN/2212-04 Podpory poziomych aparatów cylindrycznych o średnicach (600÷3000) mm
- BN/2212-05 Dwudzielne pierścienie podporowe aparatów cylindrycznych (600÷3000) mm
- BN/2212-07 Łapy podporowe
- BN/2212-08 Blachy wzmacniające pod łapy podporowe
- BN/2212-09 Aparatura chemiczna. Uchwyty ręczne klamrowe
- BN/2213-01 Wzierniki okrągłe do aparatów
- BN/2213-02 Wzierniki okrągłe do rurociągów
- BN/2213-03 Wzierniki okrągłe do aparatów i rurociągów. Części wspólne. Korpusy, pokrywy i uszczelki
- BN/2213-04 Latarki obserwacyjne ze stali węglowej $D_c = (30 \div 110)$ mm
- BN/2213-05 Latarki obserwacyjne ze stali węglowej z wkładkami ze stali stopowej $D_c = (30 \div 110)$ mm
- BN/2213-06 Latarki obserwacyjne $D_c = (30 \div 110)$ mm ze stali węglowej z wykładziną chemoodporną
- BN/2213-10 Cieczowskazy ze szkłem refleksyjnym
- BN/2213-12 Osłony cieczowskazów rurkowych
- BN/2213-13 Latarki obserwacyjne bezdławikowe $d_{nom} = (20 \div 100)$ mm
- BN/2214-01 Uszczelnienie rur dławicami. Zestawienia
- BN/2214-07 Uszczelnienia dławicowe przejścia rur $d_z = (25 \div 90)$ mm przez ściany aparatów niskociśnieniowych
- BN/2214-08 Uszczelnienia dławicowe przejścia rur $d_z = (25 \div 89)$ mm z okładzinami chemoodpornymi przez ściany aparatów niskociśnieniowych
- BN/2214-09 Uszczelnienia dławicowe. Uszczelki pierścieniowe

- BN/2216-02 Elementy rurociągów. Końcówki wywijane do rur miedzianych $d_z = (20 \div 160)$ mm
- BN/2216-03 — Końcówki wywijane do rur stalowych $d_z = (20 \div 159)$ mm
- BN/2216-07 — Kołnierze luźne do rur miedzianych z końcówkami wywijanymi
- BN/2216-14 Wkładki międzykołnierzowe w układzie rowek-rowek
- BN/2217-01 Zamknięcia hydrauliczne syfonowe, rurowe $D_{nom} = (100 \div 500)$ mm
- BN/2219-01 Tulejki stalowe do przeprowadzenia rur przez ściany aparatów
- BN/2220-01 Aparaty typu zbiornikowego. Typowe naczynia cylindryczne. Kształty i wytyczne stosowania
- BN/2220-02 — Nazwy, określenia i podział
- BN/2220-03 Naczynia wysokociśnieniowe rozciągane. Wymagania i badania
- BN/2221-06 Naczynia cylindryczne stalowe bezciśnieniowe z dnem płaskim
- BN/2221-07 Naczynia cylindryczne stalowe niskociśnieniowe z dnem stożkowym, bez wyoblenia
- BN/2221-08 Zbiorniki cylindryczne poziome i pionowe z dnami elipsoidalnymi. Główne wymiary
- BN/2221-09 Naczynia cylindryczne pionowe z dnem elipsoidalnym. Główne wymiary
- BN/2221-11 Naczynia cylindryczne pionowe z dnem stożkowym z wyobleniem. Główne wymiary
- BN/2221-12 Naczynia cylindryczne pionowe z dnem elipsoidalnym z płaszczem grzewczym nieodejmowanym. Wytyczne konstrukcyjne
- BN/2221-13 Naczynia cylindryczne pionowe z dwoma dnami elipsoidalnymi i płaszczem grzewczym nieodejmowanym. Wytyczne konstrukcyjne
- BN/2221-14 Naczynia cylindryczne stalowe pionowe niskociśnieniowe z dnem płaskim uźebrowanym
- BN/2221-15 Naczynia cylindryczne stalowe poziome niskociśnieniowe z dnami płaskimi uźebrowanymi
- BN/2221-16 Naczynia cylindryczne stalowe bezciśnieniowe pionowe z dnem płaskim tłoczonym. Główne wymiary
- BN/2221-17 Naczynia cylindryczne stalowe bezciśnieniowe z dwoma dnami płaskimi tłoczonymi
- BN/2221-18 Zbiorniki bezciśnieniowe pionowe do magazynowania cieczy. Główne wymiary
- BN/2221-20 Aparaty typu zbiornikowego. Kołnierze okrągłe przyspawane do wypukłych den. Ciśnienie nominalne 1,6 MPa
- BN/2221-21 Zbiorniki cylindryczne poziome i pionowe z dnami o małej wypukłości. Główne wymiary
- BN/2222-01 Aparaty typu zbiornikowego. Dna stożkowe bez wyoblenia. Wymiary
- BN/2222-02 — Dna stożkowe z wyobleniem. Wymiary
- BN/2222-04 Dna stalowe płaskie uźebrowane naczyń niskociśnieniowych $D = (600 \div 3000)$ mm
- BN/2222-07/00 Naczynia wysokociśnieniowe. Połączenia śrubowe
- BN/2222-10 Kołnierze i połączenia kołnierzy dla zbiorników i aparatów. Wymagania i badania
- BN/2222-11 Zbiorniki i aparaty ze stali węglowej. Kołnierze walcowane z szyjką do przypawania na ciśnienia nominalne 2,0 i 2,5 MPa
- BN/2222-12 — Kołnierze z szyjką spawane na ciśnienia nominalne 0,16 i 0,3 MPa
- BN/2222-13 — Kołnierze z szyjką spawane na ciśnienia nominalne 0,4; 0,5 i 0,6 MPa
- BN/2222-14 — Kołnierze z szyjką spawane na ciśnienia nominalne 0,8 i 1,0 MPa
- BN/2222-15 — Kołnierze z szyjką spawane na ciśnienia nominalne 1,25 i 1,6 MPa
- BN/2222-16 Zbiorniki i aparaty. Uszczelki płaskie
- BN/2222-17 Zbiorniki i aparaty ze stali węglowej. Połączenia kołnierzy spawanych szyjkowych na ciśnienia nominalne 0,16 i 0,3 MPa

- BN/2222-18÷22 Zbiorniki i aparaty odporne na korozję.
Połączenia kołnierzy z szyjką ze stali odpornej na korozję na ciśnienia nominalne 0,16; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5 MPa
- BN/2222-23 Zbiorniki i aparaty ze stali węglowej. Kołnierze płaskie na ciśnienia nominalne 0,16 i 0,3 MPa
- BN/2222-24 — Kołnierze płaskie na ciśnienia nominalne 0,4; 0,5; 0,6 MPa
- BN/2222-27 Aparaty typu zbiornikowego i kolumnowego. Pomosty okrężne
- BN/2222-28÷40 Zbiorniki i aparaty ze stali węglowej.
Połączenia kołnierzy spawanych szyjkowych na ciśnienia nominalne 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6 MPa.
Kołnierze płaskie na ciśnienia nominalne 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0 MPa.
Połączenia kołnierzy płaskich na ciśnienia nominalne 0,16; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0 MPa.
Kołnierze z szyjką spawane i ich połączenia na ciśnienia nominalne 2,0 i 2,5 MPa
- BN/2222-41÷44 Zbiorniki i aparaty odporne na korozję.
Kołnierze spawane, z szyjką ze stali odpornej na korozję na ciśnienia nominalne 0,16; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6 MPa
- BN/2222-45 Zbiorniki kuliste ciśnieniowe. Włazy okrągłe ze stali węglowej z pokrywą płaską $D_{nom} = 600$ mm na ciśnienia nominalne 1,0; 1,6; 2,5 MPa
- BN/2222-46 Aparaty typu zbiornikowego i kolumnowego. Drabiny do pomostów
- BN/2222-52 Zbiorniki kuliste. Króćce ze wzmocnieniem na ciśnienie nominalne 2,5 MPa
- BN/2223-01 Filtry próżniowe. Odbieralniki do filtrów
- BN/2225-04 Mieszalniki pionowe. Dławice do wałów
- BN/2225-05 — Kołnierze pod dławice
- BN/2225-06 Mieszadła wirnikowe stalowe otwarte $d = (200 ÷ 800)$ mm
- BN/2225-07 Mieszadła wirnikowe stalowe zamknięte
- BN/2225-08 Mieszadła dwupłatowe z łopatkami nachylonymi pod kątem 45°
- BN/2225-10 Mieszadła kotwicowe stalowe dzielone
- BN/2230-01 Aparaty typu kolumnowego. Wytyczne projektowania, wykonania i badania
- BN/2230-02 — Nazwy, określenia i podział
- BN/2231-01 — Półki kołpakowe jednoprzelawowe. Podstawowe wielkości
- BN/2231-02 — Półki sitowe. Podstawowe wielkości
- BN/2231-03 — Półki zaworkowe jednoprzelawowe. Podstawowe wielkości
- BN/2232-01 — Kołpaki okrągłe stalowe
- BN/2232-02 Elementy wypełnienia kolumn. Pierścienie Bialeckiego. Wymiary podstawowe
- BN/2232-03 Aparaty kolumnowe. Wewnętrzne wyposażenie kolumn. Zaworki okrągłe
- BN/2232-04 Aparaty typu kolumnowego. Zamocowanie obwodowe półek
- BN/2232-05 — Elementy wewnętrznego mocowania i uszczelniania półek
- BN/2232-06 — Przegrody przelewowe
- BN/2232-07 Aparaty kolumnowe. Półki zaworkowe dwuprzelawowe. Podstawowe wielkości
- BN/2232-08 Aparaty typu kolumnowego. Półki sitowe jednoprzelawowe z dużymi otworami. Podstawowe wielkości
- BN/2250-01 Wymienniki ciepła. Podział i oznaczenia klasyfikacyjne
- BN/2250-02 Wymienniki ciepła płaszczowo-rurowe i rurowe. Wytyczne projektowania, wykonania i badania przy odbiorze
- BN/2250-03 — Średnice zewnętrzne, podziałki oraz sposoby mocowania rur z metali kolorowych w ścianach sitowych
- BN/2251-01 Wymienniki ciepła płaszczowo-rurowe. Średnice zewnętrzne, podziałki i rozmieszczenie rur stalowych
- BN/2251-02 Wymienniki ciepła. Wykonawcze długości rur wewnętrznych

- BN/2251-03 Wymienniki ciepła płaszczowo-rurowe. Mocowanie rur w ścianach sitowych
- BN/2251-04 Wymienniki ciepła płaszczowo-rurowe ze stałymi ścianami sitowymi
 $D_z=(159\div 508)$ mm. Jednodrogowe wiązki rur stalowych. Podstawowe wielkości
- BN/2251-05 — Dwudrogowe wiązki rur stalowych. Podstawowe wielkości
- BN/2251-06 — Rozmieszczenie otworów w płytach sitowych i przegrodach
- BN/2251-07 Wymienniki ciepła typu „rura w rurze” z kołnierzami na p_{nom} do 1,6 MPa.
 Wielkości podstawowe
- BN/2251-08 Wymienniki ciepła. Wężownice z rur stalowych. Wymiary podstawowe
- BN/2251-09 Wymienniki ciepła płaszczowo-rurowe z czterema rurami wewnętrznymi
 i stałymi ścianami sitowymi $D_z=(76,1\div 219,1)$ mm. Podstawowe wielkości
- BN/2251-10 Wymienniki ciepła płaszczowo-rurowe ze stałymi ścianami sitowymi
 $D_w=(600\div 1600)$ mm. Jednodrogowe wiązki rur stalowych. Podstawowe wielkości
- BN/2251-11 — Dwudrogowe wiązki rur stalowych. Podstawowe wielkości
- BN/2251-12 — Czterodrogowe wiązki rur stalowych. Podstawowe wielkości
- BN/2251-13 — Sześciodrogowe wiązki rur stalowych. Podstawowe wielkości
- BN/2251-14 Wymienniki ciepła płaszczowo-rurowe ze swobodną głowicą
 $D_w=(600\div 1400)$ mm. Dwudrogowe wiązki rur stalowych. Podstawowe wielkości
- BN/2251-15 — Czterodrogowe wiązki rur stalowych. Podstawowe wielkości
- BN/2251-16 Wymienniki ciepła płaszczowo-rurowe ze stałymi ścianami sitowymi
 $D_w=(600\div 1600)$ mm. Trzydrogowe wiązki rur stalowych. Podstawowe wielkości
- BN/2251-17 Wymienniki ciepła płaszczowo-rurowe z U-rurami $D_w=(600\div 1400)$ mm.
 Dwudrogowe wiązki rur stalowych. Podstawowe wielkości
- BN/2251-18 Wymienniki ciepła płaszczowo-rurowe ze stałymi ścianami sitowymi
 $D_w=(600\div 1600)$ mm. Rozmieszczenie otworów w ścianach sitowych
- BN/2251-19 Wymienniki ciepła płaszczowo-rurowe ze swobodną głowicą
 $D_w=(600\div 1400)$ mm. Rozmieszczenie otworów w płytach sitowych i przegrodach
- BN/2251-20 Wymienniki ciepła płaszczowo-rurowe z U-rurami $D_w=(600\div 1400)$ mm.
 Rozmieszczenie otworów w płytach sitowych i przegrodach
- BN/2252-01 Wymienniki ciepła. Kompensatory dławikowe (57÷508) mm
- BN/2252-02 — Kompensatory soczewkowe $D_w=(600\div 2000)$ mm. Wymiary i wielkości
 charakterystyczne
- BN/2253-01 Wymienniki ciepła płaszczowo-rurowe jednodrogowe ze stałymi płytami
 sitowymi o średnicy wewnętrznej $D_w=(600\div 1600)$ mm. Główne wymiary
- BN/2253-02 Wymienniki ciepła płaszczowo-rurowe wielodrogowe ze stałymi płytami
 sitowymi o średnicy wewnętrznej $D_w=(600\div 1600)$ mm. Główne wymiary
- BN/2256-01 Wymienniki ciepła. Chłodnice ociekowe. Wytyczne konstrukcyjne
- BN/2256-02 Rury stalowe z ożebrowaniem śrubowym
- BN/2257-01 Spiralne wymienniki ciepła. Parametry podstawowe
- BN/2258-01 Chłodnice powietrzne. Ogólne wymagania i badania
- BN/2260-02 Urządzenia grzewczo-suszące. Ogólne wymagania i badania
- BN/2270-01 Multihydrocyklony. Nazwy i określenia
- BN/2272-01 Filtry świecowe. Ceramiczne elementy filtrujące do oddzielania fazy stałej
 od ciekłej. Wymiary
- BN/2302-18 Stal walcowana. Teowniki. Wyciąg
- BN/2302-21 Stal węglowa i niskostopowa. Pręty kwadratowe. Wyciąg
- BN/2302-23 — Pręty płaskie. Wyciąg
- BN/2317-01 Dławnice czołowe. Nazwy i określenia
- BN/2324-01 Agregaty pompowe nurnikowe dozujące. Podział i główne wymiary

- BN/2340-01 Aparatura chemiczna. Zespół mieszający pionowy. Nazwy elementów i symbole głównych wymiarów
- BN/2340-02 Aparaty, maszyny i urządzenia chemiczne. Mieszalniki. Określenia i podział
- BN/2343-03 Mieszarki stożkowo-ślimakowe. Pojemności nominalne
- BN/2343-04 Mieszarki dla przetwórstwa tworzyw sztucznych. Nazwy, określenia i podział
- BN/2351-01 Urządzenia rozdrabniające. Młyny strumieniowo-powietrzne typu odśrodkowego. Wielkości charakterystyczne
- BN/2357-03 Urządzenia do rozdrabniania tworzyw sztucznych. Ogólne wymagania i badania
- BN/2364-01 Wytłaczarki ślimakowe do przetwórstwa tworzyw sztucznych i mieszanek gumowych. Nazwy i określenia
- BN/2364-09 Walcarki do gumy i tworzyw sztucznych. Ogólne wymagania i badania
- BN/2370-03 Przemysłowe urządzenia filtracyjne. Filtry próżniowe ciągłe bębnowe. Nazwy, określenia i podział
- BN/2370-04 Filtry ciśnieniowe o działaniu okresowym. Ogólne wymagania i badania
- BN/2371-17 Filtry próżniowe bębnowe. Szereg wielkości powierzchni filtracyjnych
- BN/2374-04 Filtry próżniowe tarczowe. Wielkości charakterystyczne
- BN/2376-01 Wirówki przemysłowe. Wirówki filtracyjne okresowe, poziome i wiszące. Nazwy zespołów
- BN/2376-02 Wirówki przemysłowe ciągłe i okresowe. Ogólne wymagania i badania
- BN/2376-06 Wirówki przemysłowe okresowe. Typoszereg i podstawowe parametry
- BN/2377-01 Separatory wirówkowe cieczy. Ogólne wymagania i badania
- BN/2379-01 Prasy filtracyjne ramowe. Główne wymiary
- BN/2390-01 Autoklawy. Nazwy i określenia
- BN/2392-01 Grzejniki parowe do autoklawów. Wymiary
- BN/2392-02 Zamknięcia bagnetowe z zewnętrznym pierścieniem obrotowym do autoklawów
- BN/2553-32 Złącza rur miedzianych do lutowania na ciśnienie nominalne 2,5 MPa. Typy i odmiany

C) Przepisy i warunki normatywno-techniczne dozoru technicznego

Ustawa o dozorcze technicznym; Dz. U. nr 36, poz. 202 (1987)

Rozporządzenie RM w sprawie dozoru technicznego; Dz. U. nr 1, poz. 3 (1988)

- DT-UC-90/WO Urządzenia ciśnieniowe. Wymagania ogólne
- DT-UC-90/WO-O — Obliczenia wytrzymałościowe
- DT-UC-90/WO-M Wymagania ogólne. Materiały
- DT-UC-90/WO-W — Wytwarzanie
- DT-UC-90/KB Urządzenia ciśnieniowe. Kotły piekarskie
- DT-UC-90/KO — Kotły parowe i cieczowe z organicznymi nośnikami ciepła
- DT-UC-90/KP — Kotły parowe
- DT-UC-90/KW — Kotły wodne
- DT-UC-90/RC — Rurociągi parowe łączące kocioł z turbiną
- DT-UC-90/WA — Wytwornice acetylenu
- DT-UC-90/ZP — Zbiorniki przenośne (transportowe)
- DT-UC-90/ZS — Zbiorniki stałe
- DT-UC-90/ZT — Stałe zbiorniki ciśnieniowe z tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknem szklanym

Tablica 4.1

Wymienniki ciepła. Podział i oznaczenia klasyfikacyjne^{*)}

Typ		Rodzaj		Odmiana		Ozn. wg rys.
1.	Płaszczowo-rurkowy	1.	ze stałymi płytami sitowymi	1.	bez kompensacji	a
				2.	z kompensatorem soczewkowym	b
				3.	z kompensatorem dławikowym na płaszczu	c
		2.	ze swobodną głowicą	1.	z uszczelnieniem dławikowym na króćcu	d
				2.	otwarty	e
				3.	zamknięty	f
		3.	z U- rurkami	0.	-	g
		4.	z rurkami butelkowymi	0.	-	h
		5.	inny	0.	-	-
		2.	Rurowy	1.	z rurkami prostymi	1.
2.	żebrowanymi					j
2.	„rura w rurze”			1.	bez kompensacji	k
				2.	z kompensatorem soczewkowym	l
				3.	z kompensatorem dławikowym	ł
3.	z węzownicą			1.	śrubową	m
				2.	płaską	n
				3.	spiralną	o
4.	inny			0.	-	-
3.	Szczelinowy			1.	lamelowy	0.
		2.	spiralny	1.	przeciwprądowy	r
				2.	z przepływem krzyżowym	s
		3.	płytowy	0.	-	t
4.	inny	0.	-	-		

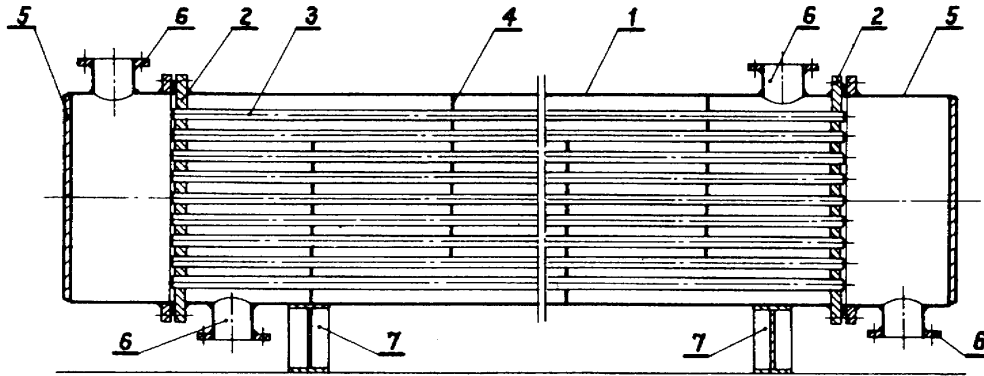
Przykładowe oznaczenie dla wymiennika ciepła płaszczowo-rurkowego (1), ze swobodną głowicą (2), zamkniętego (3), dwudrogowego (2):

Wymiennik ciepła płaszczowo-rurkowy 1.2.3 - 2.00.0 (liczba
 (typ) — $\uparrow \uparrow \uparrow$ (liczba członów)
 (rodzaj) — $\uparrow \uparrow \uparrow$ (liczba zwojów)
 (odmiana) — $\uparrow \uparrow \uparrow$ (liczba dróg)

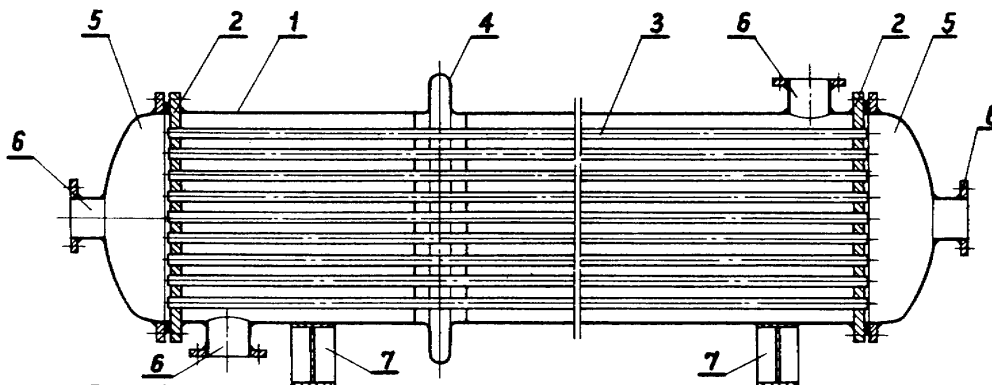
(w przypadku niewystępowania jednej lub więcej cech charakteryzujących wymiennik ciepła wg wyżej podanego wyróżnika cyfrowego, w odpowiedniej jego pozycji umieszcza się liczbę zero - por. rys. a) ÷ t)

*) wg BN/2250-01

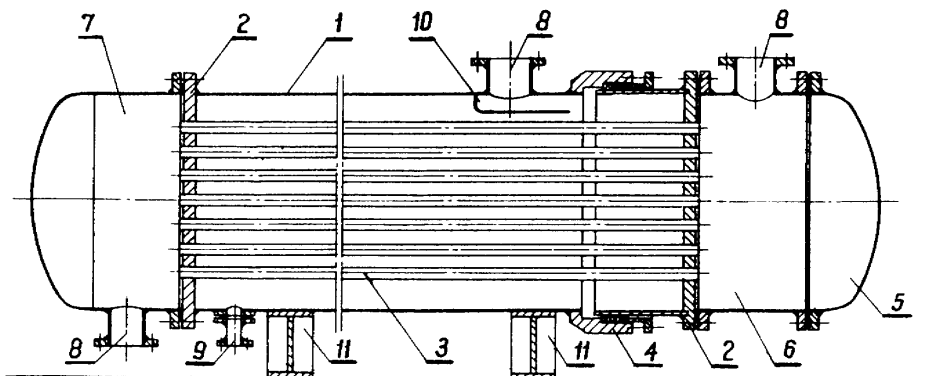
- a) wymiennik ciepła płaszczowo-rurkowy ze stałymi płytami sitowymi bez kompensacji, jednodrogowy (ozn. 1.1.1-1.00.0): 1- płaszcz, 2- płyta sitowa stała, 3- rurka wewnętrzna, 4- przegroda, 5- komora wlotowa lub wylotowa, 6- króciec, 7- podpora



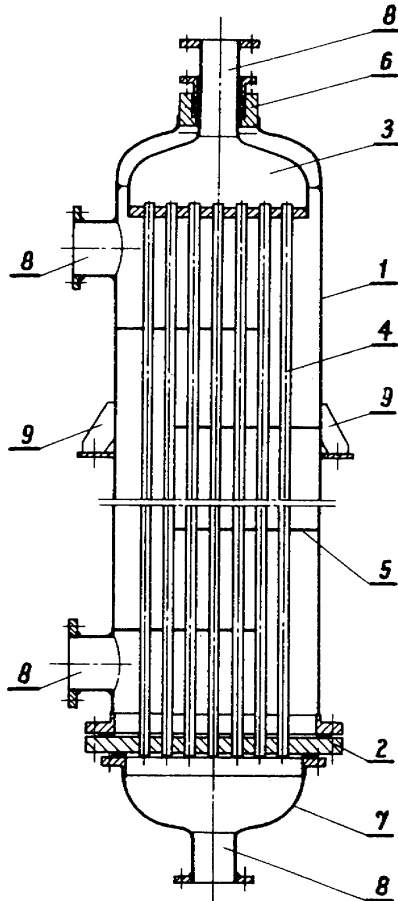
- b) wymiennik ciepła płaszczowo-rurkowy ze stałymi płytami sitowymi z kompensatorem soczewkowym, jednodrogowy (ozn. 1.1.2-1.00.0): 1- płaszcz, 2- płyta sitowa stała, 3- rurka wewnętrzna, 4- kompensator soczewkowy, 5- komora wlotowa lub wylotowa, 6- króciec, 7- podpora



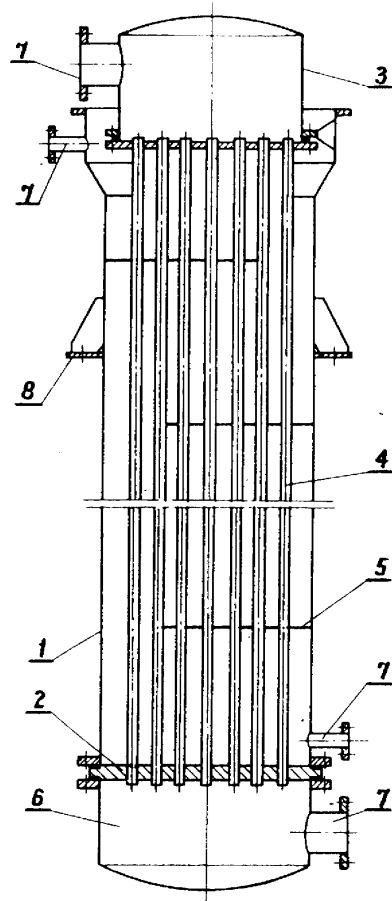
- c) wymiennik ciepła płaszczowo-rurkowy ze stałymi płytami sitowymi z kompensatorem dławikowym w płaszczu, jednodrogowy (ozn. 1.1.3-1.00.0): 1- płaszcz, 2- płyta sitowa stała, 3- rurka wewnętrzna, 4- kompensator dławikowy, 5- pokrywa, 6- komora wlotowa, 7- komora wylotowa, 8- króciec, 9- króciec, 10- blacha kierująca, 11- podpora



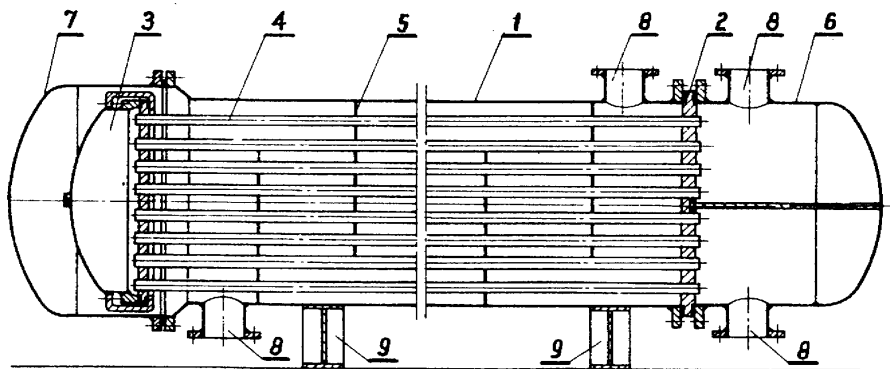
d) wymiennik ciepła płaszczowo-rurkowy ze swobodną głowicą i uszczelnieniem dławikowym w króćcu, jednodrogowy (ozn. 1.2.1-1.00.0): 1- płaszcz, 2- płyta sito-
wa stała, 3- głowica swobodna, 4- rurka wewnętrzna, 5- przegroda, 6- kompensator dławikowy, 7- komora wlotowa lub wylotowa, 8- króciec, 9- łąpa wspornikowa



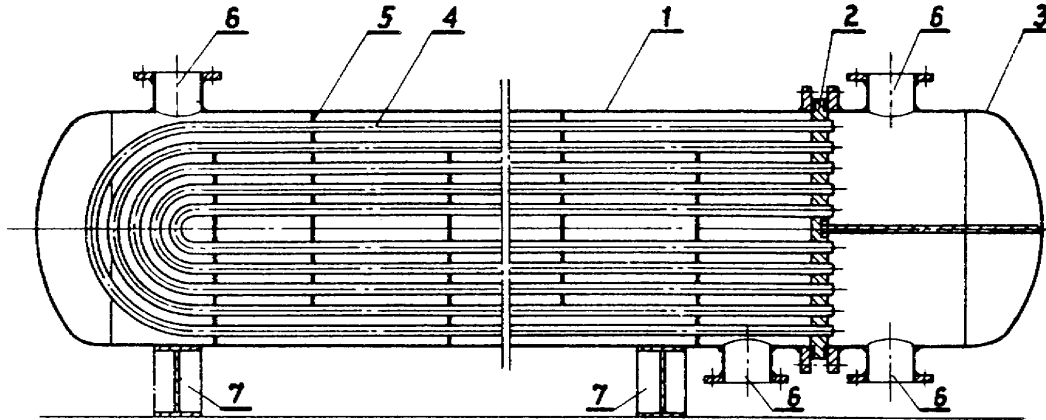
e) wymiennik ciepła płaszczowo-rurkowy ze swobodną głowicą, otwarty, jednodrogowy (ozn. 1.2.2-1.00.0): 1- płaszcz, 2- płyta sito-
wa stała, 3- głowica swobodna, 4- rurka wewnętrzna, 5- przegroda, 6- komora wylotowa, 7- króciec, 8- łąpa wspornikowa



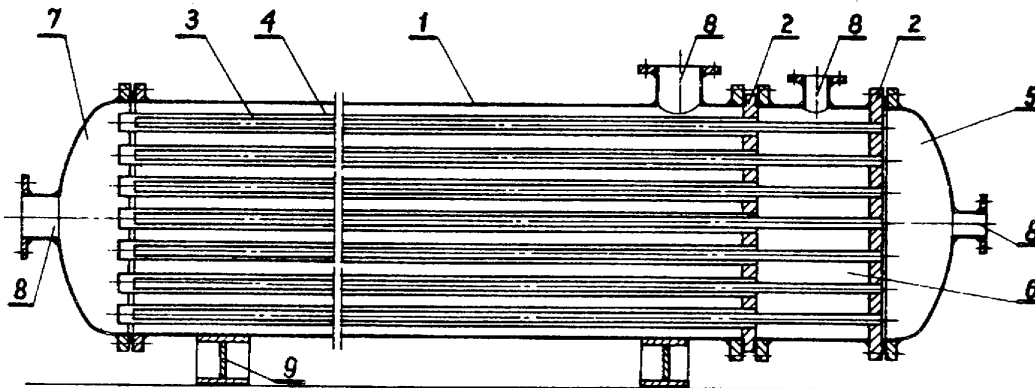
f) wymiennik ciepła płaszczowo-rurkowy ze swobodną głowicą, zamknięty, dwudrogowy (ozn. 1.2.3-2.00.0): 1- płaszcz, 2- płyta sito-
wa stała, 3- głowica swobodna, 4- rurka wewnętrzna, 5- przegroda, 6- komora rozdzielcza, 7- pokrywa, 8- króciec, 9- podpora



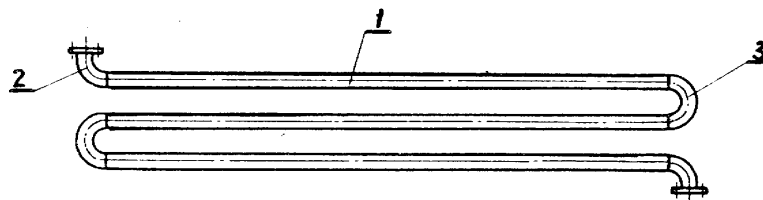
g) wymiennik ciepła płaszczowo-rurkowy z U-rurkami, dwudrogowy (ozn. 1.3.0-2.00.0):
 1- płaszcz, 2- płyta sitowa stała, 3- komora rozdzielcza, 4- U-rurka, 5- przegroda, 6- króciec, 7- podpora



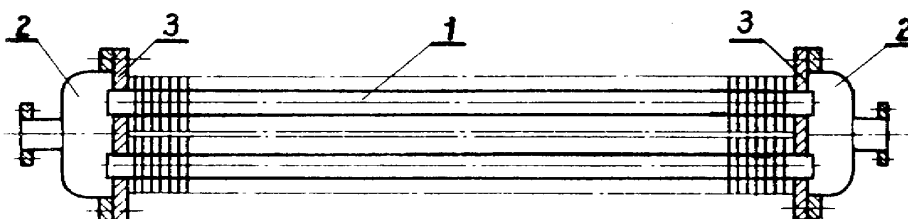
h) wymiennik ciepła płaszczowo-rurkowy z rurkami butelkowymi (ozn. 1.4.0-0.00.0):
 1- płaszcz, 2- płyta sitowa stała, 3- rurka wewnętrzna, 4- rurka zewnętrzna, 5,6,7- komora wlotowa lub wylotowa, 8- króciec, 9- podpora



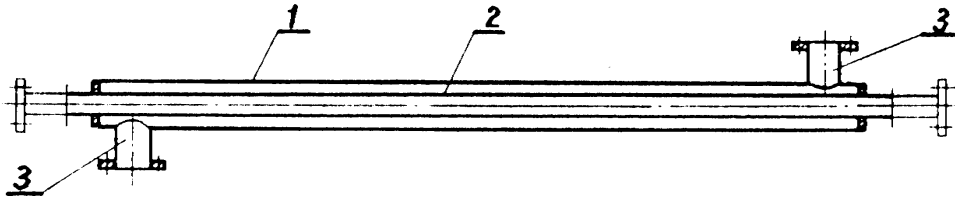
i) wymiennik ciepła rurowy z rurek prostych, gładkich, trójczłonowy (ozn. 2.1.1-0.03.0):
 1- płaszcz, 2- kolano 90°, 3- łuk 180°



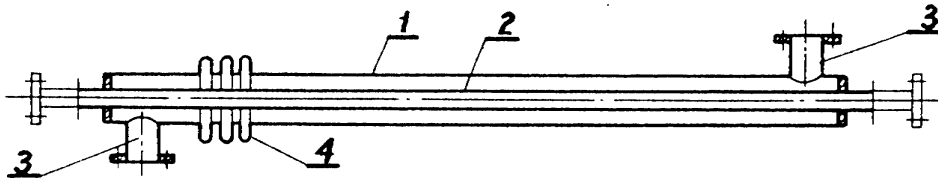
j) wymiennik ciepła rurowy z rurek prostych, żebrzowanych, dwuczłonowy (ozn. 2.1.2-0.02.0):
 1- rurka żebrzana, 2- komora wlotowa lub wylotowa, 3- płyta sitowa



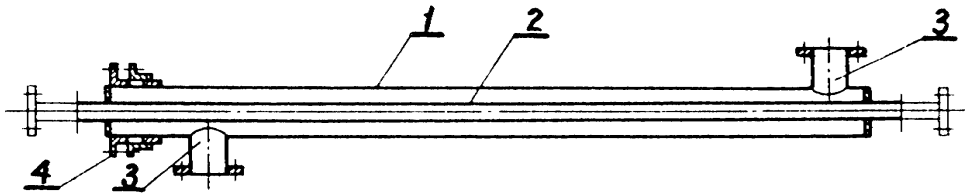
k) wymiennik ciepła "rura w rurze" bez kompensacji, jednoczłonowy (ozn. 2.2.1-0.01.0):
1- rurka zewnętrzna, 2- rurka wewnętrzna, 3- króciec



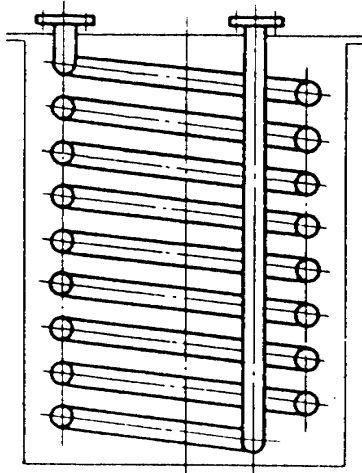
l) wymiennik ciepła "rura w rurze" z kompensatorem soczewkowym, jednoczłonowy (ozn. 2.2.2-0.01.0): 1- rurka zewnętrzna, 2- rurka wewnętrzna, 3- króciec, 4- kompensator soczewkowy



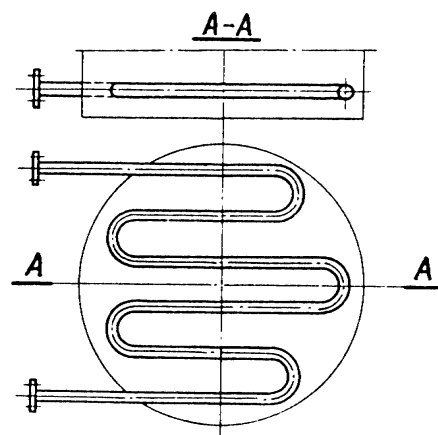
ł) wymiennik ciepła "rura w rurze" z kompensatorem dławikowym, jednoczłonowy (ozn. 2.2.3-0.01.0): 1- rurka zewnętrzna, 2- rurka wewnętrzna, 3- króciec, 4- kompensator dławikowy



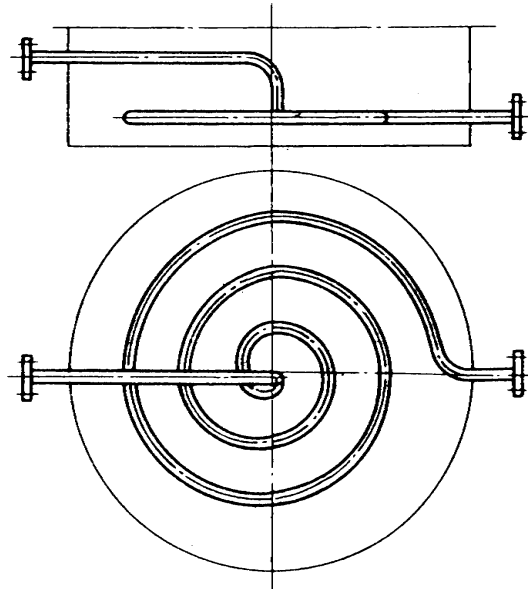
m) wymiennik ciepła rurowy z węzownicą śrubową, jednozwojowy (ozn. 2.3.1-0.00.1)



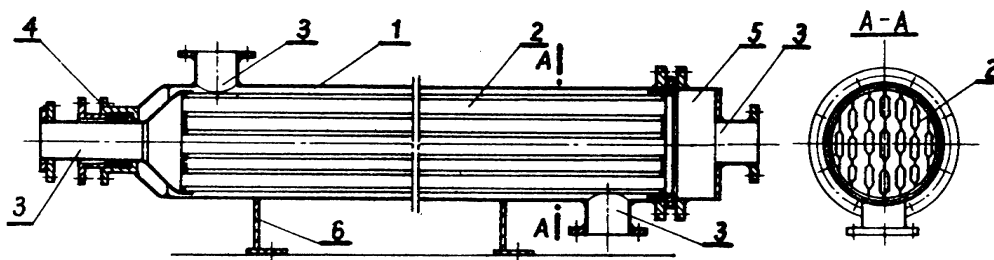
n) wymiennik ciepła rurowy z węzownicą płaską, jednozwojowy (ozn. 2.3.2-0.00.1)



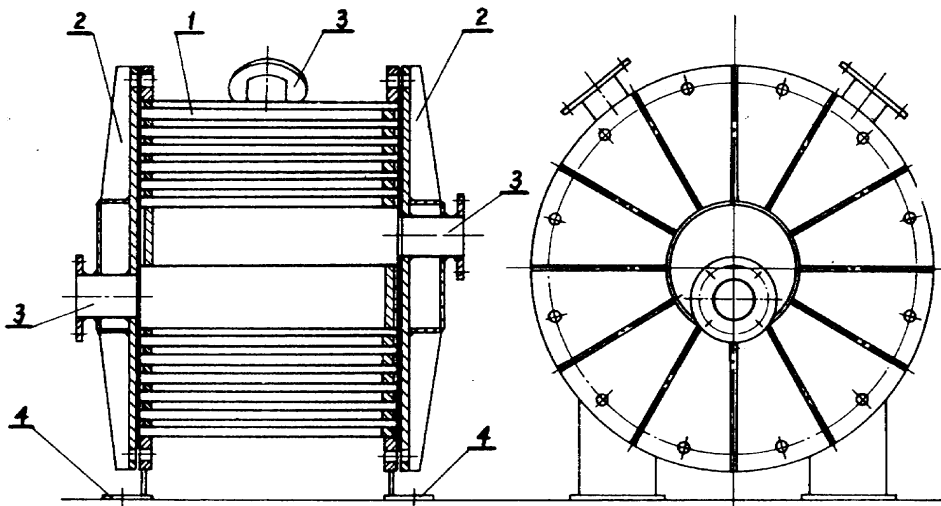
o) wymiennik ciepła rurowy z wężownicą spiralną, jednozwojowy (ozn. 2.3.3-0.00.1)



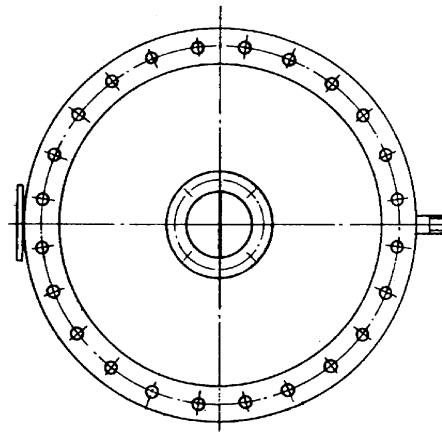
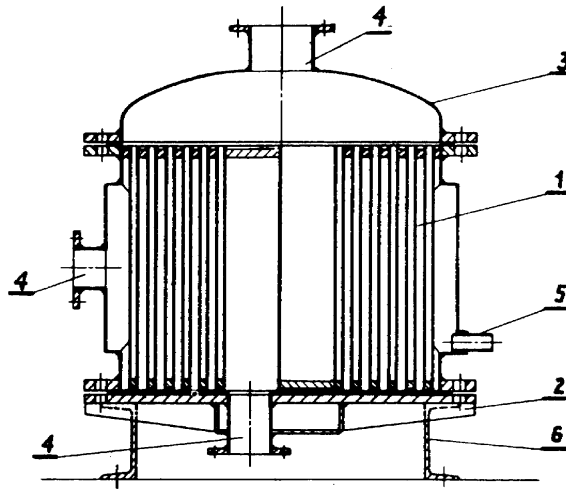
p) wymiennik ciepła lamelowy (ozn. 3.1.0-0.00.0): 1- płaszcz, 2- wkład lamelowy, 3- króciec, 4- dławik, 5- komora wlotowa lub wylotowa, 6- podpora



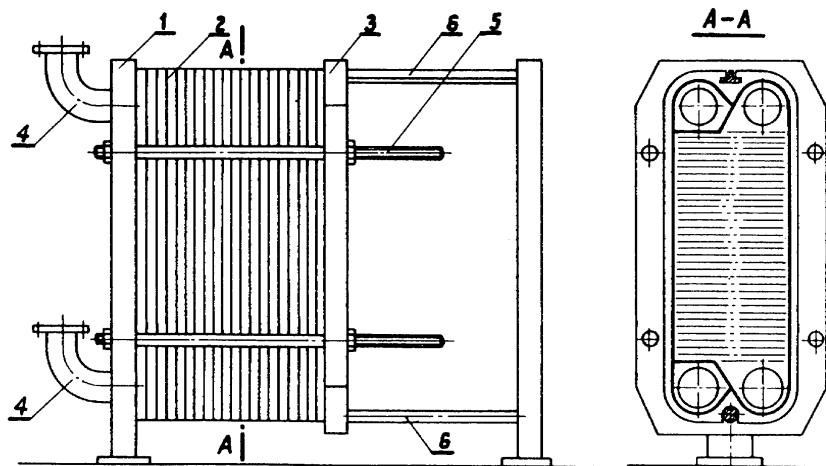
r) wymiennik ciepła spiralny przeciwprądowy (ozn. 3.2.1-0.00.0): 1- korpus, 2- pokrywa płaska, 3-króciec, 4-podpora



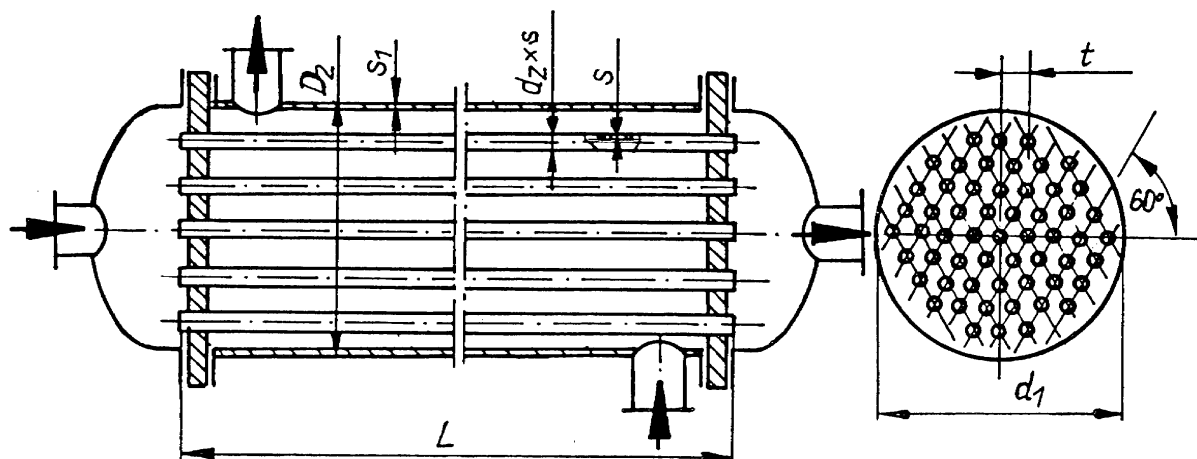
s) wymiennik ciepła spiralny z przepływem krzyżowym (ozn. 3.2.2-0.00.0): 1- korpus, 2- pokrywa płaska, 3- komora wlotowa, 4- króciec, 5- spust kondensatu, 6- podpora



t) wymiennik ciepła płytowy (ozn. 3.3.0-0.00.0): 1- rama, 2- płyta ryflowana, 3- płyta dociskowa, 4- króciec, 5- śruba ściągająca, 6- prowadnica



Jednodrogowe wiązki rur stalowych w wymiennikach ciepła płaszczowo-rurkowych ze stalymi ścianami sitowymi, $D_z = (159 \div 508) \text{ mm}^*$



Średnia powierzchnia wymiany ciepła:

$$F_{sr} = a F_z ,$$

wewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła:

$$F_w = b F_z ,$$

przy:

a	b	Rura, $d_z \times s$ mm
0,900	0,800	16 × 1,6
0,875	0,750	16 × 2,0
0,900	0,800	20 × 2,0
0,870	0,740	20 × 2,6
0,920	0,840	25 × 2,0
0,896	0,792	25 × 2,6
0,924	0,847	38 × 2,9
0,905	0,811	38 × 3,6

*) wg BN/2251-04

a) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 16 \times 1,6$ mm i $d_z \times s = \varnothing 16 \times 2$ mm, o podziałce $t = 21$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0040	0,0078	0,0140	0,0194	0,0255	0,0325	0,0433	0,0541								
	f_{w2}	0,0035	0,0069	0,0123	0,0171	0,0225	0,0286	0,0381	0,0476								
Liczba rurek	n , szt.	31	61	109	151	199	253	337	421								
Zewnętrzna średnica i grubość płaszcza	$D_z \times s_1$, mm	159 × 4,5	219,1 × 6,3	273 × 7,1	323,9 × 8	355,6 × 8	406,4 × 8,8	457 × 10	508 × 11								
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	130	187	240	288	320	368	417	466								
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,0114	0,0212	0,0307	0,0441	0,0505	0,0678	0,0822	0,1008								
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)															
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2
1		1,56	17,6 21,5	3,06	34,7 42,2	5,48	62 75,4	7,59	85,9 104	10	113 138	12,7	144 175	16,9	192 233	24,2	240 291
1,5		2,34	26,5 32,2	4,60	52,1 63,3	8,21	93 113	11,4	129 157	15	170 207	19,1	216 263	25,4	288 350	31,7	359 437
2		3,11	35,3 42,9	6,13	69,4 84,4	11,0	124 151	15,2	172 209	20	226 275	25,4	288 350	33,9	384 466	42,3	479 583
(2,5)				7,66	86,8 106	13,7	155 189	19,0	215 261	25	283 344	31,8	360 438	42,3	479 583	52,9	599 728
3				9,19	104 127	16,4	186 226	22,8	258 313	30	340 413	38,1	432 525	50,8	575 700	63,5	719 874
4						21,9	248 302	30,3	344 418	40	453 551	50,8	576 700	67,7	767 933	84,6	958 1156
(5)								37,9	430 522	50	566 689	63,5	720 875	84,7	959 1166	106	1198 1457
6												76,3	864 1050	102	1151 1399	127	1437 1748

1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 16 \times 1,6$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 16 \times 2$ mm

b) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 20 \times 2$ mm i $d_z \times s = \varnothing 20 \times 2,6$ mm, o podziałce $t = 26$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0038	0,0074	0,0123	0,0183	0,0243	0,0328	0,0424	0,0533								
	f_{w2}	0,0033	0,0064	0,0105	0,0156	0,0208	0,0280	0,0363	0,0456								
Liczba rurek	n , szt.	19	37	61	91	121	163	211	265								
Zewnętrzna średnica i grubość płaszcza	$D_z \times s_1$, mm	159 × 4,5	219,1 × 6,3	273 × 7,1	323,9 × 8	355,6 × 8	406,4 × 8,8	457 × 10	508 × 11								
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	130	187	240	288	320	368	417	466								
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,0117	0,0219	0,0334	0,0458	0,0525	0,0673	0,0837	0,1022								
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)															
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2
1		1,19	16,9 21,3	2,32	32,9 41,4	3,83	54,2 68,3	5,71	89 102	7,6	107 136	10,2	145 183	13,3	187 236	16,6	235 297
1,5		1,79	25,4 31,9	3,49	49,4 62,2	5,75	81,3 102	8,57	121 153	11,4	161 203	15,4	218 274	19,9	281 354	25,0	353 445
2		2,39	33,8 42,6	4,65	65,8 82,9	7,66	108 137	11,4	162 204	15,2	214 271	20,5	290 365	26,5	374 473	33,3	470 594
(2,5)				5,81	82,3 104	9,58	136 171	14,3	202 255	19,0	268 339	25,5	363 456	33,1	468 591	41,5	588 742
3				6,97	98,7 124	11,5	163 205	17,1	242 306	22,8	321 407	30,7	435 548	39,8	561 709	49,9	705 890
4						15,3	217 273	22,9	323 408	30,4	428 542	40,9	580 730	53,0	748 945	66,6	940 1187
(5)								28,6	404 510	38,0	535 678	51,1	725 913	66,3	935 1182	83,2	1175 1484
6												61,4	870 1095	79,5	1122 1418	99,8	1410 1781

1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 20 \times 2$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 20 \times 2,6$ mm

c) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 25 \times 2$ mm i $d_z \times s = \varnothing 25 \times 2,6$ mm, o podziałce $t = 32$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0024	0,0066	0,0128	0,0211	0,0294	0,0377	0,0481	0,0564									
	f_{w2}	0,0022	0,0058	0,0114	0,0188	0,0262	0,0335	0,0428	0,0502									
Liczba rurek	n , szt.	7	19	37	61	85	109	139	163									
Zewnętrzna średnica i grubość płaszcza	$D_z \times s_1$, mm	159 × 4,5	219,1 × 6,3	273 × 7,1	323,9 × 8	355,6 × 8	406,4 × 8,8	457 × 10	508 × 11									
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	130	187	240	288	320	368	417	466									
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,0142	0,0242	0,0344	0,0445	0,0488	0,0652	0,0817	0,1054									
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)																
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	
	1	0,55	7,91 10,1	1,49	21,5 27,4	2,90	41,8 53,3	4,79	68,9 87,8	6,7	96,1 122	8,6	123 157	10,9	157 200	12,8	184 235	
	1,5	0,82	11,9 15,1	2,24	32,2 41,2	4,36	62,7 79,9	7,18	103 132	10,0	144 184	12,8	185 235	16,4	236 300	19,2	276 352	
	2	1,10	15,8 20,2	2,98	42,9 54,7	5,81	83,6 107	9,58	138 176	13,3	192 245	17,1	246 314	21,8	314 400	25,6	368 469	
	(2,5)			3,73	53,7 68,4	7,26	105 133	12,0	172 220	16,7	240 306	21,4	308 392	27,3	393 500	32,0	461 587	
	3			4,47	64,4 81,1	8,71	125 160	14,4	207 264	20,0	288 367	25,7	370 471	32,7	471 600	38,4	553 704	
	4					11,60	167 213	19,2	276 351	26,7	384 490	34,2	493 628	43,6	628 801	51,2	737 939	
	(5)							23,9	345 439	33,4	480 612	42,8	616 785	54,6	785 1001	64,0	921 1174	
	6											51,3	739 942	65,4	942 1201	76,8	1105 1408	
1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 25 \times 2$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 25 \times 2,6$ mm																		

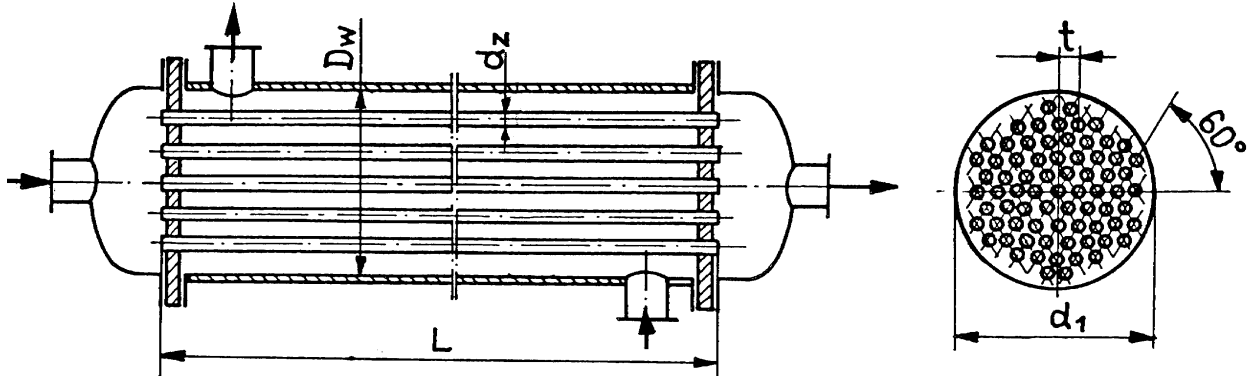
d) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 38 \times 2,9$ mm i $d_z \times s = \varnothing 38 \times 3,6$ mm, o podziałce $t = 48$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0057	0,0155	0,0155	0,0252	0,0301	0,0448	0,0594									
	f_{w2}	0,0052	0,0141	0,0141	0,0231	0,0276	0,0410	0,0544									
Liczba rurek	n , szt.	7	19	19	31	37	55	73									
Zewnętrzna średnica i grubość płaszcza	$D_z \times s_1$, mm	159 × 4,5	219,1 × 6,3	273 × 7,1	323,9 × 8	355,6 × 8	406,4 × 8,8	457 × 10	508 × 11								
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	187	240	288	320	368	417	466									
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,0255	0,0310	0,0529	0,0554	0,0767	0,0876	0,1027									
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)															
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2
1		0,84	17,7 21,6	2,27	48,1 58,5	2,27	48,1 58,5	3,70	78,4 95,5	4,41	93,6 114	6,56	139 169	8,71	185 225		
1,5		1,25	26,6 32,3	3,40	72,1 87,8	3,40	72,1 87,9	5,55	118 143	6,62	140 171	9,84	209 254	13,1	277 337		
2		1,67	35,4 43,1	4,53	96,1 117	4,53	96,1 117	7,40	157 191	8,83	187 228	13,1	278 339	17,4	369 450		
(2,5)				5,67	120 146	5,67	120 146	9,25	196 239	11,0	234 285	16,4	348 424	21,8	462 562		
3				6,80	144 176	6,80	144 176	11,1	235 286	13,2	281 342	19,7	417 508	26,1	554 675		
4						9,07	192 234	14,8	314 382	17,7	374 456	26,3	557 678	34,8	739 899		
(5)								18,5	392 477	22,1	468 570	32,8	696 847	43,6	923 1124		
6												39,4	835 1016	52,3	1108 1349		

1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 38 \times 2,9$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 38 \times 3,6$ mm

Tablica 4.3

**Jednodrogowe wiązki rur stalowych w wymiennikach ciepła
płaszczowo-rurkowych ze stałymi ścianami sitowymi, $D_w = (600 \div 1600) \text{ mm}^*$)**



Średnia powierzchnia wymiany ciepła:

$$F_{sr} = a F_z ,$$

wewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła:

$$F_w = b F_z ,$$

przy:

a	b	Rura, $d_z \times s$ mm
0,900	0,800	16 × 1,6
0,875	0,750	16 × 2,0
0,900	0,800	20 × 2,0
0,870	0,740	20 × 2,6
0,920	0,840	25 × 2,0
0,896	0,792	25 × 2,6
0,924	0,847	38 × 2,9
0,905	0,811	38 × 3,6
0,949	0,898	57 × 2,9
0,937	0,874	57 × 3,6

*) wg BN/2251-10

a) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 16 \times 1,6$ mm i $d_z \times s = \varnothing 16 \times 2$ mm, o podziałce $t = 21$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0835	0,1174	0,1329	0,1969	0,2463	0,3574	0,4925	0,6437								
	f_{w2}	0,0734	0,1032	0,1344	0,1731	0,2165	0,3141	0,4328	0,5638								
Liczba rurek	n , szt.	649	913	1189	1531	1915	2779	3829	5005								
Wewnętrzna średnica płaszczka	D_w , mm	600	(700)	800	(900)	1000	1200	1400	1600								
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	580	680	780	800	980	1180	1380	1580								
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,1522	0,2012	0,2635	0,3282	0,4002	0,5719	0,7690	1,004								
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)															
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2
	1	32,6	369 449	45,9	519 632	59,7	677 823										
	1,5	48,9	554 674	68,9	779 948	89,6	1015 1234	115	1307 1589	144	1634 1988						
	2	65,2	739 898	91,7	1039 1264	119	1353 1646	154	1742 2119	192	2179 2650	279	3163 3846				
	(2,5)	81,5	923 1123	115	1299 1379	149	1691 2057	192	2178 2649	241	2724 3313	349	3953 4808	481	5447 6624	629	7120 8659
	3	97,8	1108 1347	138	1559 1895	179	2030 2468	231	2613 3178	299	3269 3976	419	4744 5769	577	6536 7949	754	8544 10390
	4	130	1477 1796	183	2078 2527	239	2705 3291	308	3485 4238	385	4359 5301	538	6325 7692	769	8715 10599	1006	11391 13854
	(5)	163	1946 2246	229	2597 3159	299	3383 4114	385	4356 5297	481	5448 6626	698	7906 9615	962	10894 13248	1257	14239 17317
	6	196	2216 2695	275	3117 3791	358	4059 4937	462	5227 6357	577	6538 7951	838	9488 11538	1154	13072 15898	1509	17067 20781
	(7)	228	2585 3144	321	3636 4423	418	4736 5760	539	60998 7416	673	7627 9276	977	11069 13461	1347	15251 18548	1760	19935 24244
	(8)	261	2954 3593	367	4156 5054	478	5412 6532	615	3969 8476	770	9717 10601	1117	12650 15385	1539	17430 21197	2012	22753 27700
1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 16 \times 1,6$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 16 \times 2$ mm																	

b) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 20 \times 2$ mm i $d_z \times s = \varnothing 20 \times 2,6$ mm, o podziałce $t = 26$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0846	0,1172	0,1545	0,2016	0,2486	0,3619	0,5006	0,6549									
	f_{w2}	0,0724	0,1002	0,1322	0,1725	0,2127	0,3097	0,4283	0,5604									
Liczba rurek	n , szt.	421	583	769	1003	237	1801	2491	3259									
Wewnętrzna średnica płaszczka	D_w , mm	600	(700)	800	(900)	1000	1200	1400	1600									
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	580	680	780	880	980	1180	1380	1580									
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,1504	0,2016	0,2609	0,3209	0,3966	0,5649	0,7564	0,9863									
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)																
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	
	1	26,4	374 472	36,6	510 653	48,3	683 861											
	1,5	39,7	561 707	54,9	777 979	72,4	1024 1292	94,5	1336 1685	117	1648 2078							
	2	52,9	748 943	73,2	1035 1306	96,6	1366 1723	126	1781 2247	155	2197 2771	226	3199 4034					
	(2,5)	66,1	935 1179	91,5	1294 1632	121	1707 2153	157	2227 2808	194	2746 3464	283	3998 5043	391	5530 6975	512	7235 9125	
	3	79,3	1121 1415	110	1553 1959	145	2048 2584	189	2672 3370	233	3296 4156	339	4798 6051	469	6636 8370	614	8682 10950	
	4	106	1495 1886	146	2071 2612	193	2731 3445	252	3563 4493	311	4394 5542	453	6397 8068	626	8848 11160	819	11576 14600	
	(5)	132	1869 2358	183	2589 3265	241	3414 4306	315	4454 5617	388	5493 6927	565	7997 10086	782	11060 13950	1023	14470 18250	
	6	159	2243 2829	220	3106 3918	290	4097 5168	378	5344 6740	466	6591 8313	679	9596 12103	939	13272 16740	1228	17364 21900	
	(7)	185	2623 3301	256	3632 4571	338	4791 6029	441	6249 7864	544	7707 9698	792	11220 14120	1095	15519 19524	1433	20304 25551	
	(8)	212	2998 3772	293	4151 5224	386	5475 6890	504	7141 8987	621	8807 11084	904	12823 16137	1251	17736 22319	1637	23204 29201	
1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 20 \times 2$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 20 \times 2,6$ mm																		

c) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 25 \times 2$ mm i $d_z \times s = \varnothing 25 \times 2,6$ mm, o podziałce $t = 32$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0918	0,1313	0,2073	0,2248	0,2788	0,4035	0,5635	0,7298									
	f_{w2}	0,0816	0,1167	0,1536	0,1998	0,2479	0,3567	0,5010	0,6488									
Liczba rurek	n , szt.	265	379	499	649	805	1165	1627	2107									
Wewnętrzna średnica płaszczka	D_w , mm	600	(700)	800	(900)	1000	1200	1400	1600									
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	580	680	780	880	980	1180	1380	1580									
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,1526	0,1987	0,2576	0,3174	0,3900	0,5588	0,7404	0,9759									
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)																
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	
1		20,8	299 382	29,8	428 546	39,2	564 719											
1,5		31,2	449 572	44,6	642 819	58,8	846 1078	76,4	1100 1402	94,8	1364 1739							
2		41,6	599 763	59,5	857 1092	78,3	1128 1437	102	1467 1769	126	1819 2318	183	2633 3355					
(2,5)		52,0	749 954	74,4	1071 1364	97,9	1410 1796	127	1833 2336	158	2274 2898	229	3291 4194	319	4596 5857	413	5952 7585	
3		62,4	899 1145	89,3	1285 1637	118	1692 2156	153	2200 2804	190	2729 3478	274	3949 5033	383	5516 7029	497	7143 9102	
4		83,2	1198 1526	119	1713 2183	157	2255 2874	204	2933 3738	253	3639 4637	366	5266 6710	511	7354 9372	662	9524 12136	
(5)		104	1497 1908	149	2141 2729	196	2819 3593	255	3667 4673	316	4548 5796	457	6582 8388	639	9193 11714	827	11905 15170	
6		125	1797 2290	179	2570 3275	235	3383 4311	306	4400 5607	379	5458 6955	649	7899 10066	766	11031 14057	992	14285 18204	
(7)		146	2096 2671	208	2998 3829	274	3947 5030	357	5134 6542	442	6368 8114	640	9215 11743	894	12870 16400	1158	16666 21239	
(8)		166	2396 3053	238	3426 4366	313	4511 5748	408	5867 7476	506	7277 9274	732	10532 13421	1022	14708 18743	1323	19047 24273	
1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 25 \times 2$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 25 \times 2,6$ mm																		

d) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 38 \times 2,9$ mm i $d_z \times s = \varnothing 38 \times 3,6$ mm, o podziałce $t = 48$ mm¹⁾

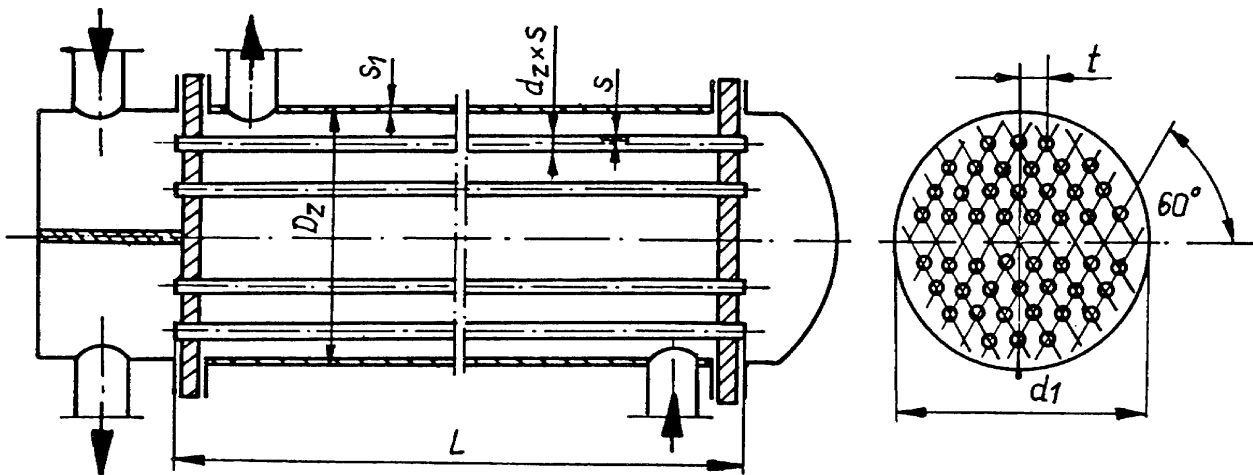
Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0985	0,1337	0,1717	0,2303	0,2841	0,4159	0,5722	0,7578									
	f_{w2}	0,0901	0,1214	0,1571	0,2107	0,2599	0,3805	0,5235	0,6933									
Liczba rurek	n , szt.	121	163	211	283	349	511	703	931									
Wewnętrzna średnica płaszczka	D_w , mm	600	(700)	880	(900)	1000	1200	1400	1600									
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	580	680	780	880	980	1180	1380	1580									
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,1454	0,1999	0,2632	0,3151	0,3894	0,5512	0,7417	0,9543									
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)																
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	
	1	14,4	306 373	19,4	412 502	25,2	534 650											
	1,5	21,7	459 559	29,2	619 753	37,8	801 975	50,7	1074 1307	62,5	1324 1612							
	2	28,9	612 745	38,9	825 1004	50,4	1068 1300	67,5	1432 1743	83,3	1766 2150	122	2586 3148					
	(2,5)	36,1	765 932	48,6	1031 1255	62,9	1335 1625	84,4	1790 2129	104	2207 2687	152	3232 3935	210	4446 5413	278	5889 7169	
	3	43,3	918 1118	58,3	1237 1506	75,5	1601 1950	101	2148 2615	125	2649 3225	183	3878 4722	252	5336 6496	333	7066 8602	
	4	57,8	1225 1491	77,8	1650 2008	101	2135 2600	135	2864 3487	167	3532 4300	244	5171 6296	336	7114 8661	444	9422 11470	
	(5)	72,2	1531 1863	97,2	2062 2510	126	2669 3249	169	3580 4358	208	4415 5375	305	6464 7869	419	8893 10826	555	11777 14337	
	6	86,6	1837 2236	117	2474 3012	151	3203 3899	203	4296 5230	250	5298 6450	366	7757 9443	503	10672 12991	667	14133 17205	
	(7)	101	2143 2609	136	2987 3514	176	3737 4549	236	5012 6101	291	6181 7524	427	9050 11017	567	12450 15157	778	16488 20072	
	(8)	116	2449 2981	156	3299 4016	201	4271 5199	270	5728 6973	333	7064 8599	488	10343 12591	671	14229 17322	889	18843 22940	
1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 38 \times 2,9$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 38 \times 3,6$ mm																		

e) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 57 \times 2,9$ mm i $d_z \times s = \varnothing 57 \times 3,6$ mm, o podziałce $t = 70$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,1132	0,1502	0,1873	0,2490	0,3354	0,4959	0,6441	0,8910									
	f_{w2}	0,1071	0,1421	0,1772	0,2356	0,3173	0,4692	0,6094	0,8430									
Liczba rurek	n , szt.	55	73	91	121	163	241	313	433									
Wewnętrzna średnica płaszczka	D_w , mm	600	(700)	880	(900)	1000	1200	1400	1600									
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	580	680	780	880	980	1180	1380	1580									
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,1423	0,1985	0,2703	0,3272	0,3693	0,5157	0,7403	0,9052									
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)																
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	
1		9,8	215 263	13,1	285 349	16,3	355 435											
1,5		14,8	322 394	19,6	427 523	24,4	532 652	32,5	709 868	43,8	954 1169							
2		19,7	429 526	26,1	569 698	32,6	710 870	43,3	944 1157	58,3	1271 1558	86,3	1880 2304					
(2,5)		24,6	536 657	32,7	712 872	40,7	967 1087	54,1	1180 1446	72,9	1589 1948	108	2350 2880	140	3052 3740	194	4222 5174	
3		29,5	644 789	39,2	854 1047	48,9	1055 1305	65,0	1416 1735	87,5	1907 2337	129	2820 3456	168	3662 4488	232	5086 6209	
4		39,4	858 1052	52,3	1139 1396	65,1	1420 1740	86,6	1889 2314	117	2343 3117	173	3750 4608	224	4883 5985	310	6755 8279	
(5)		49,2	1073 1315	65,3	1424 1745	81,4	1775 2175	108	2360 2892	146	3179 3896	216	4700 5760	280	6104 7481	387	8444 10349	
6		59,1	1287 1577	78,4	1709 2094	97,7	2129 2610	130	2831 3470	175	3814 4675	259	5639 6912	336	7324 8977	465	10132 12419	
(7)		68,9	1502 1840	91,5	1993 2443	114	2484 3045	152	3303 4049	204	4450 5454	302	6579 8064	392	8545 10473	542	11821 14489	
(8)		78,7	1716 2103	105	2278 2792	130	2939 3480	173	3775 4627	233	5086 6233	345	7519 9216	448	9766 11969	620	13510 16558	
1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 57 \times 2,9$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 57 \times 3,6$ mm																		

Tablica 4.4

**Dwudrogowe wiązki rur stalowych w wymiennikach ciepła
płaszczowo-rurkowych ze stalymi ścianami sitowymi, $D_z = (159 \div 508) \text{ mm}^*$**



Średnia powierzchnia wymiany ciepła:

$$F_{sr} = a F_z ,$$

wewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła:

$$F_w = b F_z ,$$

przy:

a	b	Rura, $d_z \times s$ mm
0,900	0,800	16 × 1,6
0,875	0,750	16 × 2,0
0,900	0,800	20 × 2,0
0,870	0,740	20 × 2,6
0,920	0,840	25 × 2,0
0,896	0,792	25 × 2,6
0,924	0,847	38 × 2,9
0,905	0,811	38 × 3,6

*) wg BN/2251-05

a) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 16 \times 1,6$ mm i $d_z \times s = \varnothing 16 \times 2$ mm, o podziałce $t = 21$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0017	0,0033	0,0063	0,0089	0,0118	0,0152	0,0204	0,0257								
	f_{w2}	0,0015	0,0029	0,0055	0,0078	0,0104	0,0133	0,0180	0,0226								
Liczba rurek jednej drogi	n , szt.	13	26	49	69	92	118	159	200								
Sumaryczna liczba rurek	$2n$, szt.	26	52	98	138	184	236	318	400								
Zewnętrzna średnica i grubość płaszcza	$D_z \times s_1$, mm	159 × 4,5	219,1 × 6,3	273 × 7,1	323,9 × 8	355,6 × 8	406,4 × 8,8	457 × 10	508 × 11								
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	130	187	240	288	320	368	417	466								
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,0124	0,0230	0,0329	0,0467	0,0536	0,0712	0,0860	0,1050								
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)															
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2
1		1,31	14,8 18,0	2,61	30,0 36,0	4,92	55,8 67,8	6,93	78,5 95,5	9,24	105 127	11,9	134 163	16,0	181 220	20,1	228 277
1,5		1,96	16,3 27,0	3,92	44,4 54,0	7,39	83,6 102	10,4	118 143	13,9	157 191	17,8	201 245	24,0	271 330	30,1	341 415
2		2,61	29,6 36,0	5,22	59,2 72,0	9,85	112 136	13,9	157 191	18,5	209 255	23,7	269 327	32,0	362 440	40,2	455 830
(2,5)				6,53	74,0 90,0	12,3	139 170	17,3	196 239	23,1	262 318	29,6	336 408	39,9	452 550	50,2	569 1038
3				7,84	88,8 108	14,8	167 203	20,8	236 286	27,7	314 382	35,6	403 490	47,9	543 660	60,3	683 1246
4						19,7	223 271	27,7	314 382	37,0	419 509	47,4	537 553	63,9	724 880	80,4	910 1661
(5)								34,7	393 487	46,2	523 637	59,3	671 817	79,9	905 1100	100	1138 2076
6												71,2	806 980	95,9	1086 1320	121	1366 2491

1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 16 \times 1,6$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 16 \times 2$ mm

b) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 20 \times 2$ mm i $d_z \times s = \varnothing 20 \times 2,6$ mm, o podziałce $t = 26$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0014	0,0030	0,0052	0,0080	0,0111	0,0151	0,0197	0,0249									
	f_{w2}	0,0012	0,0026	0,0045	0,0069	0,0095	0,0129	0,0169	0,0213									
Liczba rurek jednej drogi	n , szt.	7	15	26	40	55	75	98	124									
Sumaryczna liczba rurek	$2n$, szt.	14	30	52	80	110	150	196	248									
Zewnętrzna średnica i grubość płaszcza	$D_z \times s_1$, mm	159 × 4,5	219,1 × 6,3	273 × 7,1	323,9 × 8	355,6 × 8	406,4 × 8,8	457 × 10	508 × 11									
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	130	187	240	288	320	368	417	466									
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,0133	0,0241	0,0362	0,0493	0,0560	0,0716	0,0884	0,1075									
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)																
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	
	1	0,88	12,5 15,7	1,88	26,7 33,6	3,27	46,3 58,2	5,02	71,2 89,6	6,91	97,9 123	9,42	134 168	12,3	174 220	15,6	221 278	
	1,5	1,32	18,7 23,5	2,83	40,1 50,4	4,90	69,4 87,4	7,54	107 134	10,4	147 185	14,1	200 252	18,5	262 329	23,4	331 417	
	2	1,76	24,9 31,4	3,77	53,4 67,2	6,53	92,6 116	10,0	142 179	13,8	196 246	18,8	267 336	24,6	349 439	31,1	441 556	
	(2,5)			4,71	66,8 84,0	8,16	116 146	12,6	178 224	17,3	245 308	23,6	334 420	30,8	436 549	38,9	552 694	
	3			5,65	80,1 101	9,80	139 175	15,1	214 269	20,7	294 370	28,3	401 504	36,9	523 659	46,7	662 833	
	4					13,1	185 233	20,1	285 358	27,6	392 493	37,7	534 672	49,2	698 878	62,3	883 1111	
	(5)							25,1	356 448	34,5	490 616	47,1	668 840	61,5	872 1098	77,9	1104 1389	
	6											56,5	801 1008	73,9	1047 1317	93,4	1324 1667	
1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 20 \times 2$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 20 \times 2,6$ mm																		

c) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 25 \times 2$ mm i $d_z \times s = \varnothing 25 \times 2,6$ mm, o podziałce $t = 32$ mm¹⁾

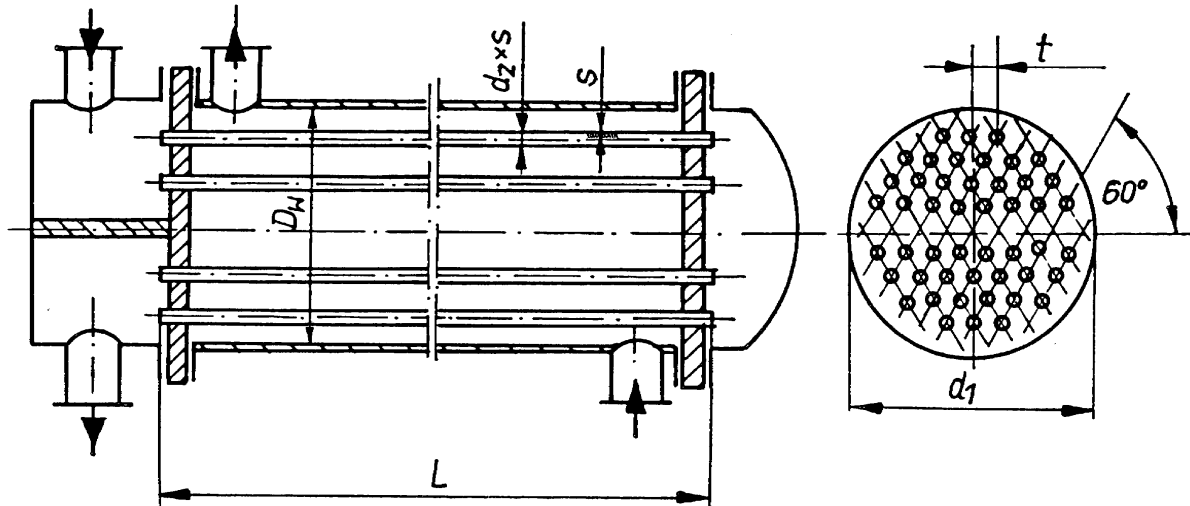
Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0007	0,0024	0,0052	0,0090	0,0132	0,0170	0,0218	0,0250									
	f_{w2}	0,0006	0,0022	0,0046	0,0080	0,0117	0,0151	0,0194	0,0231									
Liczba rurek jednej drogi	n , szt.	2	7	15	26	38	49	63	75									
Sumaryczna liczba rurek	$2n$, szt.	4	14	30	52	76	98	126	150									
Zewnętrzna średnica i grubość płaszcza	$D_z \times s_1$, mm	159 × 4,5	219,1 × 6,3	273 × 7,1	323,9 × 8	355,6 × 8	406,4 × 8,8	457 × 10	508 × 11									
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	130	187	240	288	320	368	417	466									
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,0157	0,0266	0,0379	0,0489	0,0532	0,0706	0,0881	0,1118									
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)																
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	
	1	0,31	4,52 4,76	1,10	15,8 20,2	2,36	33,9 43,2	4,08	58,8 74,9	5,97	85,9 109	7,69	111 141	9,89	142 181	11,8	170 216	
	1,5	0,47	6,78 8,64	1,65	23,7 30,2	3,53	50,9 64,8	6,12	88,1 112	8,95	129 164	11,5	166 212	14,8	214 272	17,7	254 324	
	2	0,63	9,04 11,5	2,20	31,6 40,3	4,71	67,8 86,4	8,16	118 150	11,9	172 219	15,4	221 282	19,8	285 363	23,6	339 432	
	(2,5)			2,75	39,6 50,4	5,89	84,8 108	10,2	147 187	14,9	215 274	19,2	277 353	24,7	356 454	29,4	424 540	
	3			3,30	47,5 60,5	7,07	102 130	12,2	176 225	17,9	248 328	23,1	332 423	29,7	427 544	35,3	509 648	
	4					9,02	136 173	16,3	235 300	23,9	344 438	30,9	443 564	39,6	570 726	47,1	678 864	
	(5)							20,4	294 374	29,8	429 547	38,5	554 706	49,5	712 907	58,9	848 1080	
	6											46,2	664 847	59,3	854 1089	70,7	1017 1296	
1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 25 \times 2$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 25 \times 2,6$ mm																		

d) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 38 \times 2,9$ mm i $d_z \times s = \varnothing 38 \times 3,6$ mm, o podziałce $t = 48$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0016	0,0057	0,0057	0,0106	0,0122	0,0195	0,0260									
	f_{w2}	0,0015	0,0052	0,0052	0,0097	0,0112	0,0179	0,0238									
Liczba rurek jednej drogi	n , szt.	2	7	7	13	15	24	32									
Sumaryczna liczba rurek	$2n$, szt.	4	14	14	26	30	48	64									
Zewnętrzna średnica i grubość płaszcza	$D_z \times s_1$, mm	159 × 4,5	219,1 × 6,3	273 × 7,1	323,9 × 8	355,6 × 8	406,4 × 8,8	457 × 10	508 × 11								
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	187	240	288	320	368	417	466									
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,0289	0,0367	0,0585	0,0610	0,0847	0,0955	0,1129									
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)															
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2
1			0,48 10,1 12,3	1,67 35,4 43,1	1,67 35,4 43,1	3,10 65,8 60,1	3,58 75,9 92,4	5,73 121 148	7,64 162 197								
1,5			0,72 15,2 18,5	2,51 53,1 64,7	2,51 53,1 64,7	4,65 98,7 120	5,37 114 139	8,59 182 222	11,5 243 296								
2			0,95 20,2 24,6	3,34 70,8 86,2	3,34 70,8 86,2	6,20 132 160	7,16 152 185	11,5 243 296	15,3 324 394								
(2,5)				4,18 88,6 108	4,18 88,6 108	7,76 164 200	8,95 190 231	14,3 304 370	19,1 405 493								
3				5,01 106 129	5,01 106 129	9,31 197 240	10,7 228 277	17,2 364 444	22,9 486 591								
4					6,69 142 172	12,4 263 320	14,3 304 370	22,9 486 591	30,5 648 788								
(5)						15,5 329 400	17,9 380 462	28,6 607 739	38,2 810 986								
6								34,4 729 887	45,8 972 1183								

1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 38 \times 2,9$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 38 \times 3,6$ mm

Dwudrogowe wiązki rur stalowych w wymiennikach ciepła płaszczowo-rurkowych ze stalowymi ścianami sitowymi, $D_w = (600 \div 1600) \text{ mm}^*$



Średnia powierzchnia wymiany ciepła:

$$F_{sr} = a F_z ,$$

wewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła:

$$F_w = b F_z ,$$

przy:

a	b	Rura, $d_z \times s$ mm
0,900	0,800	16 × 1,6
0,875	0,750	16 × 2,0
0,900	0,800	20 × 2,0
0,870	0,740	20 × 2,6
0,920	0,840	25 × 2,0
0,896	0,792	25 × 2,6
0,924	0,847	38 × 2,9
0,905	0,811	38 × 3,6

*) wg BN/2251-11

a) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 16 \times 1,6$ mm i $d_z \times s = \varnothing 16 \times 2$ mm, o podziałce $t = 21$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0400	0,0567	0,0741	0,0958	0,1203	0,1752	0,2421	0,3170								
	f_{w2}	0,0352	0,0499	0,0651	0,0842	0,1057	0,1540	0,2127	0,2786								
Liczba rurek jednej drogi	n , szt.	311	441	576	745	935	1362	1882	2465								
Sumaryczna liczba rurek	$2n$, szt.	622	882	1152	1490	1870	2724	3764	4930								
Wewnętrzna średnica płaszczka	D_w , mm	600	(700)	800	(900)	1000	1200	1400	1600								
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	580	680	780	880	980	1180	1380	1580								
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,1576	0,2074	0,2709	0,3364	0,4092	0,5830	0,7882	1,0189								
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)															
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2
	1	31,2	354 430	44,3	502 610	57,9	655 796										
	1,5	46,9	631 645	66,5	753 914	86,8	983 1194	112	1272 1544	141	1596 1938						
	2	62,5	708 860	88,6	1004 1219	116	1311 1592	150	1696 2059	188	2128 2584	274	3100 3765				
	(2,5)	78,1	885 1075	111	1255 1524	145	1639 1990	187	2120 2574	235	2660 3231	342	3875 4706	473	5354 6503	619	7013 8517
	3	93,7	1062 1289	133	1506 1829	174	1966 2388	225	2543 3089	282	3192 3877	411	4650 5647	567	6425 7803	743	8416 10220
	4	125	1416 1719	177	2007 2438	232	2622 3184	299	3391 4118	376	4256 5169	547	6200 7529	756	8567 10404	991	11221 13626
	(5)	156	1790 2149	222	2509 3048	289	3277 3980	374	4239 5148	470	5320 6461	684	7750 9412	946	10709 13005	1238	14026 17033
	6	187	2124 2579	266	3011 3657	347	3933 4776	449	5087 6178	564	6384 7753	821	9300 11294	1135	12850 15606	1486	16831 20440
	(7)	219	2477 3013	310	3513 4272	405	4588 5580	524	5935 7218	657	7448 9058	958	10850 13195	1323	14992 18223	1733	19636 23881

1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 16 \times 1,6$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 16 \times 2$ mm

b) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 20 \times 2$ mm i $d_z \times s = \varnothing 20 \times 2,6$ mm, o podziałce $t = 26$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0402	0,0561	0,0744	0,0975	0,1206	0,1764	0,2450	0,3214									
	f_{w2}	0,0344	0,0480	0,0636	0,0834	0,1031	0,1510	0,2096	0,2749									
Liczba rurek jednej drogi	n , szt.	200	279	370	485	600	878	1219	1599									
Sumaryczna liczba rurek	$2n$, szt.	400	558	740	970	1200	1756	2438	3198									
Wewnętrzna średnica płaszczka	D_w , mm	600	(700)	800	(900)	1000	1200	1400	1600									
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	580	680	780	880	980	1180	1380	1580									
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,1570	0,2094	0,2700	0,3313	0,4082	0,5790	0,7731	1,0054									
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)																
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	
	1	25,1	355 448	35,0	496 625	46,5	657 829											
	1,5	37,7	533 672	52,6	743 937	69,7	986 1263	91,3	1292 1630	113	1598 2016							
	2	50,2	710 896	70,0	991 1250	92,9	1314 1658	122	1723 2173	151	2131 2698	221	3119 3933					
	(2,5)	62,8	888 1120	87,6	1239 1562	116	1643 2072	152	2154 2716	188	2664 3360	276	3898 4917	383	5413 6826	502	7100 8954	
	3	75,4	1066 1344	105	1487 1875	139	1971 2486	183	2584 3259	226	3197 4032	331	4678 5900	459	6495 8192	603	8520 10745	
	4	100	1421 1792	140	1982 2500	186	2628 3315	244	3446 4346	301	4262 5376	441	6237 7867	612	8660 10922	803	11360 14327	
	(5)	126	1776 2240	175	2478 3125	232	3285 4144	305	4307 5432	377	5328 6720	551	7797 9834	766	10825 13653	1004	14200 17909	
	6	151	2131 2688	210	2973 3750	279	3942 4973	365	5168 6618	452	6394 8064	662	9356 11800	919	12990 16383	1205	17040 21491	
	(7)	176	2492 3136	245	3476 4375	325	4610 5802	426	6043 7605	528	7476 9408	772	10940 13767	1072	15189 19144	1406	19924 25072	
1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 20 \times 2$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 20 \times 2,6$ mm																		

c) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 25 \times 2$ mm i $d_z \times s = \varnothing 25 \times 2,6$ mm, o podziałce $t = 32$ mm¹⁾

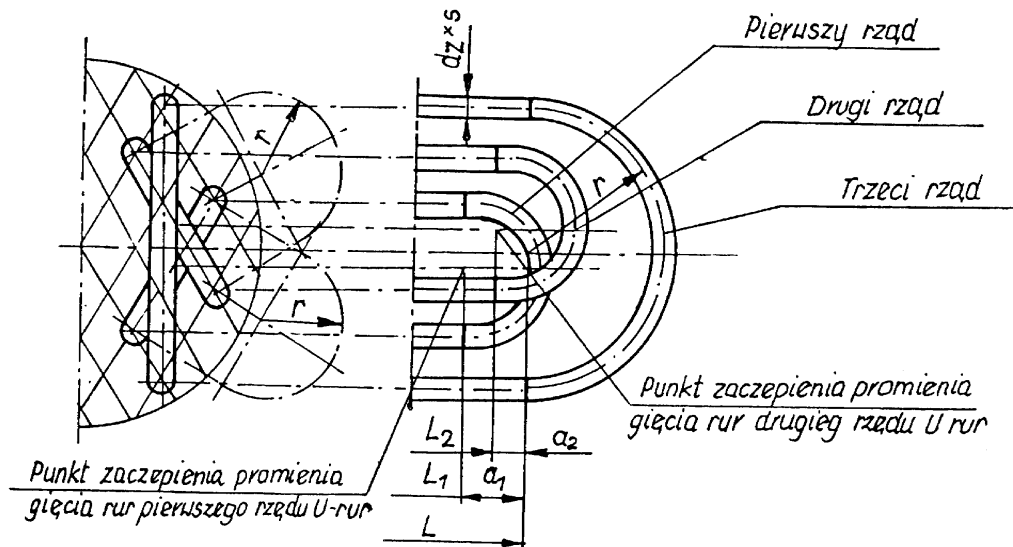
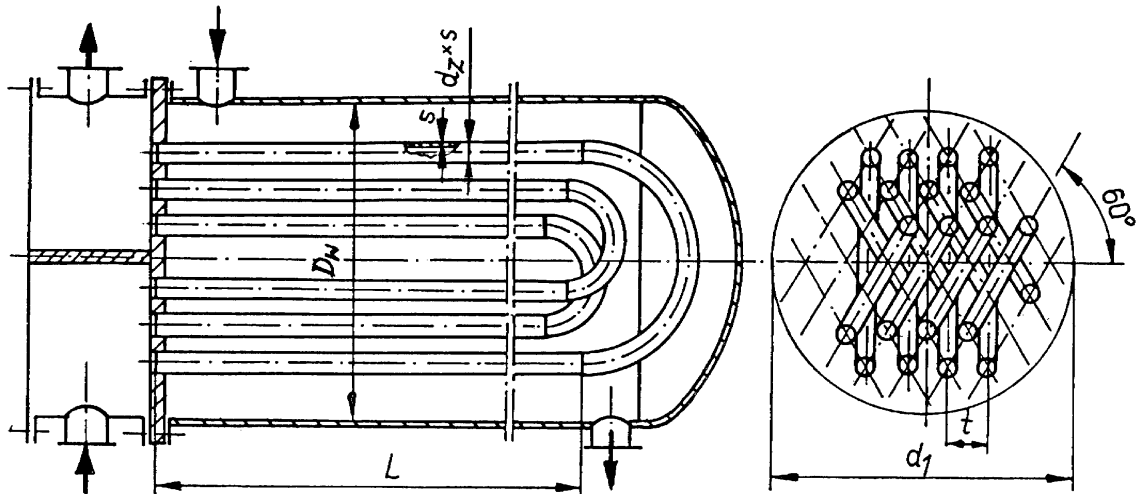
Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0429	0,0620	0,0824	0,1077	0,1343	0,1952	0,2742	0,3562									
	f_{w2}	0,0382	0,0551	0,0732	0,0957	0,1194	0,1736	0,2437	0,3167									
Liczba rurek jednej drogi	n , szt.	124	179	238	311	388	564	792	1029									
Sumaryczna liczba rurek	$2n$, szt.	248	358	476	622	776	1128	1584	2058									
Wewnętrzna średnica płaszczka	D_w , mm	600	(700)	800	(900)	1000	1200	1400	1600									
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	580	680	780	880	980	1180	1380	1580									
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,1609	0,2090	0,2689	0,3307	0,4043	0,5770	0,7615	0,9999									
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)																
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	
	1	19,5	280 357	28,1	405 516	37,4	530 685											
	1,5	29,2	420 536	42,2	607 773	56,0	807 1028	73,2	1054 1334	91,4	1315 1676							
	2	39,0	560 714	56,2	809 1031	74,7	1076 1371	97,7	1406 1791	122	1759 2235	177	2549 3249					
	(2,5)	48,7	701 893	70,3	1011 1289	93,4	1345 1714	122	1757 2239	152	2149 2794	221	3187 4061	311	4475 5702	404	5814 7409	
	3	58,4	841 1071	84,3	1214 1547	112	1614 2056	146	2109 2687	183	2639 3352	266	4824 4873	373	5370 6843	485	6977 8891	
	4	77,9	1121 1428	112	1618 2062	149	2152 2742	195	2811 3583	244	3519 4470	354	5099 6497	497	7160 9124	646	9302 11854	
	(5)	97,3	1401 1786	141	2023 2578	187	2689 3427	244	3514 4488	305	4399 5585	443	6393 8122	622	8950 11405	808	11628 14818	
	6	117	1681 2143	169	2427 3093	224	3227 4113	293	4217 5374	365	5178 6705	531	7628 9726	746	10740 13686	969	13953 17791	
	(7)	136	1962 2500	197	2832 3609	262	3765 4798	342	4920 6270	426	6138 7822	620	8922 11370	870	12529 15967	1131	16279 20745	
1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 25 \times 2$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 25 \times 2,6$ mm																		

d) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 38 \times 2,9$ mm i $d_z \times s = \varnothing 38 \times 3,6$ mm, o podziałce $t = 48$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0448	0,0610	0,0798	0,1083	0,1343	0,1986	0,2751	0,3654									
	f_{w2}	0,0410	0,0559	0,0730	0,0990	0,1229	0,1817	0,2517	0,3344									
Liczba rurek jednej drogi	n , szt.	55	75	98	133	165	244	338	449									
Sumaryczna liczba rurek	$2n$, szt.	110	150	196	266	330	488	676	898									
Wewnętrzna średnica płaszczka	D_w , mm	600	(700)	800	(900)	1000	1200	1400	1600									
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	580	680	780	880	980	1180	1380	1580									
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,1579	0,2146	0,2802	0,3343	0,4109	0,5772	0,7723	0,9917									
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)																
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	
	1	13,1	278 339	17,9	380 462	23,4	496 604											
	1,5	19,7	417 508	26,8	569 693	35,1	744 906	47,6	1009 1229	59,1	1252 1525							
	2	26,3	557 678	35,8	759 924	46,8	992 1207	63,5	1346 1649	78,8	1670 2033	116	2459 3006					
	(2,5)	32,8	696 847	44,7	949 1155	58,5	1240 1509	79,3	1582 2048	98,4	2087 2541	146	3087 3758	202	4276 5205	268	5680 6915	
	3	39,4	835 1016	53,7	1139 1386	70,2	1488 1811	95,2	2019 2459	118	2503 3049	175	3704 4509	242	5131 6246	321	5816 8298	
	4	52,5	1113 1355	71,6	1518 1848	93,5	1984 2415	127	2692 3277	158	3340 4066	233	4939 6012	323	6841 8328	429	9088 10063	
	(5)	65,6	1392 1694	89,5	1898 2310	117	2479 3018	159	3365 4096	197	4175 5082	291	6173 7515	403	8551 10410	536	11360 13829	
	6	78,8	1670 2033	107	2277 2772	140	2975 3622	190	4038 4916	236	5000 6098	349	7408 9018	484	10262 12492	643	13632 16595	
	(7)	91,9	1948 2372	125	2657 3234	164	3471 4226	222	4711 5735	276	5834 7115	408	8542 10521	565	11972 14515	750	15904 19361	
1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 38 \times 2,9$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 38 \times 3,6$ mm																		

Tablica 4.6

Dwudrogowe wiązki rur stalowych w wymiennikach ciepła płaszczowo-rurkowych z U-rurkami, $D_w = (600 \div 1400) \text{ mm}^*$



a_1	a_2	Rura, d_z
	mm	
35	15	20
45	20	25

*) wg BN/2251-17

a) wiązki U-rurek $d_z \times s = \varnothing 20 \times 2$ mm i $d_z \times s = \varnothing 20 \times 2,6$ mm, o podziałce $t = 26$ mm¹⁾

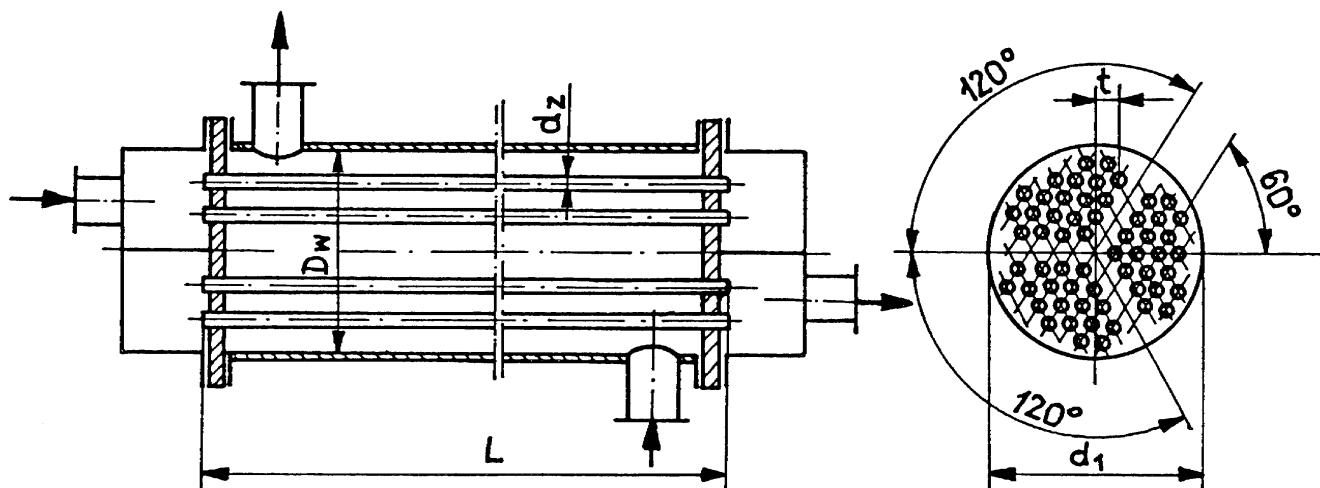
Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0396	0,0738	0,1200	0,1759	0,2445											
	f_{w2}	0,0339	0,0631	0,1027	0,1505	0,2092											
Liczba U-rurek	n , szt.	197	367	597	875	1216											
Wewnętrzna średnica płaszczka	D_w , mm	600	800	1000	1200	1400											
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	580	780	980	1180	1380											
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,1590	0,2721	0,4103	0,5812	0,7753											
Długość odcinków prostych rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki U-rurek m (kg)															
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2
	1,5	42,0	595 749	81,3	1152 1449	137	1941 2442										
	2	54,4	771 970	104	1473 1854	175	2479 3119	264	3740 4706								
	(2,5)	66,8	946 1191	127	1799 2264	212	3003 3779	319	4519 5686	453	6417 8075						
	3	79,2	1122 1412	151	2139 2692	250	3541 4456	374	5298 6667	529	7493 9430						
	4	104	1473 1854	197	2790 3512	325	4604 5793	483	6842 8610	682	9660 12157						
	(5)	129	1827 2299	243	3442 4332	400	5666 7130	593	8400 10570	835	11828 14884						
	6	153	2167 2727	289	4094 5152	475	6728 8467	703	9958 12531	987	13981 17594						
1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 20 \times 2$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 20 \times 2,6$ mm; wartość nominalna F_z jest obliczona z zewnętrznej średnicy d_z rurki i całkowitej długości U-rurek (bez uwzględnienia grubości ściany sitowej)																	

b) wiązki U-rurek $d_z \times s = \varnothing 25 \times 2$ mm i $d_z \times s = \varnothing 25 \times 2,6$ mm, o podziałce $t = 32$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0419	0,0814	0,1333	0,1943	0,2733											
	f_{w2}	0,0373	0,0724	0,1185	0,1727	0,2429											
Liczba U-rurek n , szt.		121	235	385	561	789											
Wewnętrzna średnica płaszczka D_w , mm		600	800	1000	1200	1400											
Średnica koła ograniczającego otwory d_1 , mm		580	780	980	1180	1380											
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej f_m , m ²		0,1640	0,2719	0,4074	0,5802	0,7648											
Długość odcinków prostych rurek wewnętrznych L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki U-rurek m (kg)																
	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z
1,5	32,2	463 590	65,1	937 1194	111	1597 2035											
2	41,7	600 765	83,5	1201 1531	141	2029 2585	211	3036 3869									
(2,5)	51,2	737 939	102	1468 1870	171	2460 3135	255	3669 4675	368	5295 6747							
3	60,7	873 1113	121	1741 2218	201	2692 3685	299	4302 5482	429	6172 7866							
4	79,7	1147 1461	157	2259 2879	262	3770 4804	387	5568 7096	553	7956 10139							
(5)	98,7	1420 1810	194	2791 3557	322	4633 5904	476	6849 8727	677	9740 12413							
6	118	1698 2163	231	3324 4235	383	5510 7022	564	8115 10341	801	11524 14686							

1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 25 \times 2$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 25 \times 2,6$ mm; wartość nominalna F_z jest obliczona z zewnętrznej średnicy d_z rurki i całkowitej długości U-rurek (bez uwzględnienia grubości ściany sitowej)

Trzydrogowe wiązki rur stalowych w wymiennikach ciepła płaszczowo-rurkowych ze stalowymi ścianami sitowymi, $D_w = (600 \div 1600) \text{ mm}^*$



Średnia powierzchnia wymiany ciepła:

$$F_{sr} = a F_z ,$$

wewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła:

$$F_w = b F_z ,$$

przy:

a	b	Rura, $d_z \times s$ mm
0,900	0,800	16 × 1,6
0,875	0,750	16 × 2,0
0,900	0,800	20 × 2,0
0,870	0,740	20 × 2,6
0,920	0,840	25 × 2,0
0,896	0,792	25 × 2,6

*) wg BN/2251-16

a) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 16 \times 1,6$ mm i $d_z \times s = \varnothing 16 \times 2$ mm, o podziałce $t = 21$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0261	0,0372	0,0486	0,0630	0,0792	0,1156	0,1600	0,2098								
	f_{w2}	0,0229	0,0327	0,0427	0,0554	0,0696	0,1016	0,1406	0,1834								
Liczba rurek jednej drogi	n , szt.	203	289	378	490	616	899	1244	1631								
Sumaryczna liczba rurek	$3n$, szt.	609	867	1134	1470	1848	2697	3732	4893								
Wewnętrzna średnica płaszczka	D_w , mm	600	(700)	800	(900)	1000	1200	1400	1600								
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	580	680	780	880	980	1180	1380	1580								
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,1602	0,2104	0,2745	0,3404	0,4136	0,5884	0,7886	1,0263								
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)															
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2
	1	30,6	347 421	43,6	493 600	57,0	645 785	73,9	836 1017								
	1,5	45,9	520 632	65,4	796 900	85,5	968 1177	111	1255 1526	139	1577 1918						
	2	61,2	693 843	87,2	987 1200	114	1290 1569	148	1673 2034	186	2103 2558	271	3069 3733				
	(2,5)	76,5	866 1054	109	1233 1500	143	1613 1962	185	2091 2543	232	2629 3197	339	3836 4666	469	5309 6456	615	6960 8465
	3	91,8	1040 1264	131	1480 1800	171	1936 2354	222	2509 3052	279	3155 3836	407	4604 5600	563	6371 7748	738	8332 10158
	4	122	1386 1686	174	1793 2400	228	2581 3139	296	3346 4069	372	4206 5115	542	6138 7465	750	8494 10330	984	11136 13534
	(5)	153	1733 2107	218	2467 3000	285	3226 3924	369	4182 5086	464	5258 6394	678	7673 9332	938	10618 12913	1230	13921 16930
	6	184	2079 2529	261	2960 3600	342	3871 4708	443	5019 6103	557	6309 7673	813	9208 11198	1126	12741 15495	1476	16705 20316
	(7)	214	2426 2950	305	3453 4200	389	4517 5393	517	5855 7121	650	7361 8952	948	10742 13044	1312	14865 18078	1721	19489 23702
1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 16 \times 1,6$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 16 \times 2$ mm																	

b) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 20 \times 2$ mm i $d_z \times s = \varnothing 20 \times 2,6$ mm, o podziałce $t = 26$ mm¹⁾

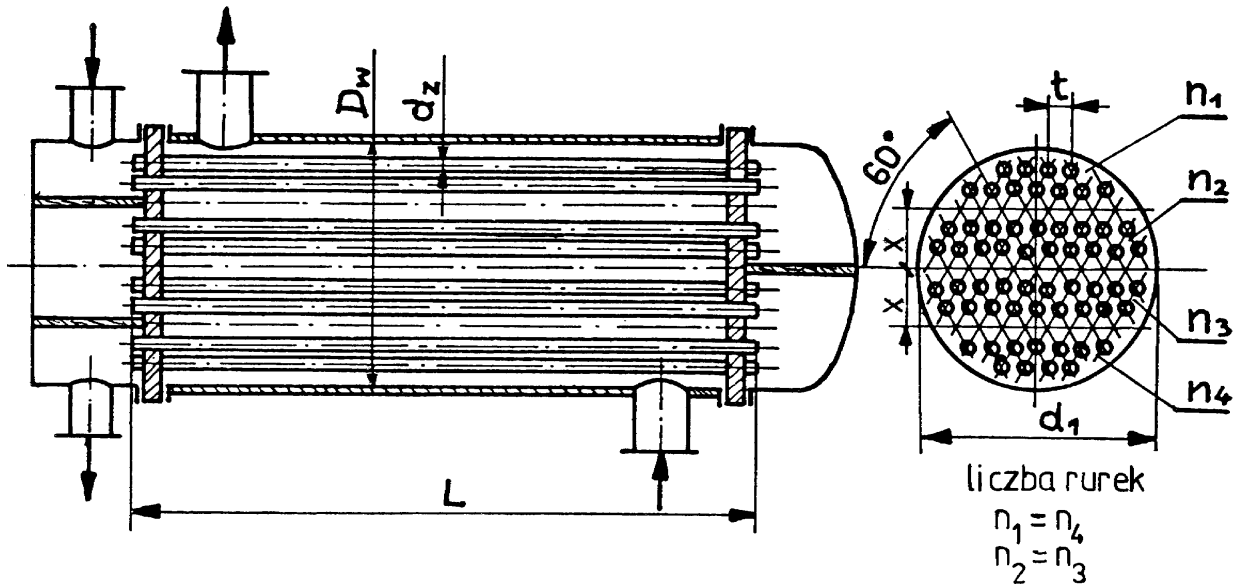
Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0261	0,0366	0,0486	0,0639	0,0792	0,1162	0,1616	0,2122									
	f_{w2}	0,0224	0,0313	0,0416	0,0547	0,0677	0,0994	0,1382	0,1816									
Liczba rurek jednej drogi	n , szt.	130	182	242	318	394	578	804	1056									
Sumaryczna liczba rurek	$3n$, szt.	390	546	726	954	1182	1734	2412	3168									
Wewnętrzna średnica płaszczka	D_w , mm	600	(700)	800	(900)	1000	1200	1400	1600									
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	580	680	780	880	980	1180	1380	1580									
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,1601	0,2132	0,2744	0,3363	0,4139	0,5859	0,7812	1,0148									
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)																
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	
	1	24,5	347 437	34,3	486 612	45,6	646 813	59,9	849 1068									
	1,5	36,8	521 655	51,5	729 917	68,4	969 1220	89,9	1274 1603	111	1578 1986							
	2	49,0	694 874	68,6	972 1213	91,2	1292 1626	120	1698 2137	149	2104 2648	218	3087 3884					
	(2,5)	61,3	868 1092	85,6	1215 1529	114	1615 2033	150	2123 2671	186	2630 3310	272	3858 4855	379	5367 6754	498	7049 8870	
	3	73,5	1041 1310	103	1458 1635	137	1938 2439	180	2547 3205	223	3156 3972	327	4630 5826	455	6440 8104	597	8459 10644	
	4	98,0	1388 1747	137	1944 2445	182	2585 3252	240	3396 4274	297	4208 5295	436	6173 7768	606	8587 10806	796	11278 14193	
	(5)	123	1736 2184	172	2430 3058	228	3231 4066	300	4245 5342	371	5260 6619	545	7716 9710	758	10733 13527	995	14098 17741	
	6	147	2083 2621	206	2916 3669	274	3877 4879	360	5094 6411	446	6312 7973	654	9260 11652	909	12880 16209	1194	16917 21289	
	(7)	171	2429 3058	240	3402 4281	319	4523 5692	419	5943 7479	520	7364 9267	762	10803 13595	1060	15027 18910	1393	19737 24837	
1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 20 \times 2$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 20 \times 2,6$ mm																		

c) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 25 \times 2$ mm i $d_z \times s = \varnothing 25 \times 2,6$ mm, o podziałce $t = 32$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0277	0,0402	0,0537	0,0703	0,0879	0,1277	0,1804	0,2347								
	f_{w2}	0,0246	0,0357	0,0477	0,0625	0,0782	0,1136	0,1603	0,2087								
Liczba rurek jednej drogi	n , szt.	80	116	155	203	254	369	521	678								
Sumaryczna liczba rurek	$3n$, szt.	240	348	465	609	762	1107	1563	2034								
Wewnętrzna średnica płaszczka	D_w , mm	600	(700)	800	(900)	1000	1200	1400	1600								
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	580	680	780	880	980	1180	1380	1580								
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,1649	0,2139	0,2743	0,3371	0,4111	0,5873	0,7718	1,0117								
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)															
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2
	1	18,8	271 346	27,3	393 501	36,5	525 670	47,8	688 877								
	1,5	28,2	407 518	41	590 752	54,8	788 1004	71,7	1032 1315	89,7	1292 1646						
	2	37,7	542 691	54,6	786 1002	73	1051 1339	95,6	1376 1754	120	1722 2195	174	2502 3188				
	(2,5)	47,1	678 864	68,3	983 1253	91,3	1314 1674	120	1720 2192	150	2153 2743	217	3127 3985	307	4416 5627	399	5746 7322
	3	56,5	814 1037	82	1180 1503	110	1576 2009	143	2065 2631	179	2583 3292	261	3753 4782	368	5299 6752	479	6895 8787
	4	75,4	1085 1383	109	1573 2004	146	2102 2678	191	2753 3508	239	3444 4389	348	5004 6376	491	7065 9003	639	9194 11716
	(5)	94,2	1356 1728	137	1966 2506	183	2627 3348	239	3441 4385	299	4305 5486	434	6255 7970	613	8831 11254	798	11492 14645
	6	113	1627 2074	164	2359 3007	219	3153 4018	287	4129 5262	359	5166 6584	521	7505 9564	736	10597 13504	958	13791 17574
	(7)	132	1998 2419	191	2753 3508	256	3678 4687	335	4817 6139	419	6027 7681	608	8756 11159	859	12363 15755	1118	16089 20503
1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 25 \times 2$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 25 \times 2,6$ mm																	

Tablica 4.8

Czterodrogowe wiązki rur stalowych w wymiennikach ciepła płaszczowo-rurkowych ze stałymi ścianami sitowymi, $D_w = (600 \div 1600) \text{ mm}^*$)



Średnia powierzchnia wymiany ciepła:

$$F_{\text{sr}} = a F_z ,$$

wewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła:

$$F_w = b F_z ,$$

przy:

a	b	Rura, $d_z \times s$ mm
0,900	0,800	16 × 1,6
0,875	0,750	16 × 2,0
0,900	0,800	20 × 2,0
0,870	0,740	20 × 2,6
0,920	0,840	25 × 2,0
0,896	0,792	25 × 2,6

*) wg BN/2251-12

a) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 16 \times 1,6$ mm i $d_z \times s = \varnothing 16 \times 2$ mm, o podziałce $t = 21$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek jednej drogi, m ²	$\varnothing 16 \times 1,6; f_{w1}$	0,0170	0,0253	0,0337	0,0448	0,0574	0,0857	0,1205	0,1505							
	f_{w2}	0,0199	0,0276	0,0363	0,0463	0,0575	0,0831	0,1138	0,1579							
	$\varnothing 16 \times 2; f_{w1}$	0,0149	0,0223	0,0296	0,0393	0,0504	0,0753	0,1059	0,1323							
	f_{w2}	0,0175	0,0243	0,0319	0,0407	0,0505	0,0730	0,1000	0,1388							
Liczba rurek jednej drogi, szt.	$n_1 (n_4)$	132	197	262	348	446	666	937	1170							
	$n_2 (n_3)$	155	215	282	360	447	646	885	1228							
Sumaryczna liczba rurek, szt.		574	824	1088	1416	1786	2624	3644	4796							
Wewnętrzna średnica płaszcza D_w , mm		600	(700)	800	(900)	1000	1200	1400	1600							
Średnica koła ograniczającego otwory d_1 , mm		580	680	780	880	980	1180	1380	1580							
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej f_m , m ²		0,1672	0,2191	0,2838	0,3513	0,4261	0,6031	0,8063	1,0458							
Odległość przegród bocznych od osi x , mm		127	146	164	182	200	236	273	327							
Długość rurek wewnętrznych L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)															
	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2
1	28,9	327 397	41,4	469 570	54,7	619 753	71,2	806 980								
1,5	43,3	490 596	62,1	703 855	82,0	929 1129	107	1209 1470	135	1524 1854						
2	57,7	653 794	82,8	938 1140	109	1238 1506	142	1611 1960	180	2032 2472	264	2986 3632				
(2,5)	72,1	817 993	104	1172 1426	137	1548 1882	178	2014 2450	224	2541 3090	330	3733 4540	458	5184 6304	603	6822 8297
3	86,6	980 1192	124	1407 1711	164	1857 2259	214	2417 2940	269	3049 3708	396	4479 5447	549	6220 7565	723	8187 9956
4	115	1306 1589	166	1875 2281	219	2476 3012	285	3223 3919	359	4065 4944	528	5972 7263	733	8293 10087	964	10916 13275
(5)	144	1633 1986	207	2344 2851	273	3095 3764	356	4029 4899	449	5081 6180	659	7465 9079	916	10367 12608	1205	13645 16594
6	173	1960 2383	249	2813 3421	328	3714 4517	427	4834 5879	539	6097 7415	791	8958 10895	1099	12441 15130	1446	16374 19913
1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} , f_{w2} dotyczą odpowiednio rurek $n_1 (n_4)$ i $n_2 (n_3)$, m_1 dotyczy rurek $\varnothing 16 \times 1,6$ mm, m_2 - rurek $\varnothing 16 \times 2$ mm																

b) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 20 \times 2$ mm i $d_z \times s = \varnothing 20 \times 2,6$ mm, o podziałce $t = 26$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny	$\varnothing 16 \times 1,6$; f_{w1}	0,0193	0,0265	0,0348	0,0460	0,0563	0,0814	0,1131	0,1580							
		f_{w2}	0,0169	0,0249	0,0344	0,0452	0,0575	0,0870	0,1222	0,1523						
rurek jednej drogi, m ²	$\varnothing 16 \times 2$; f_{w1}	0,0165	0,0227	0,0297	0,0394	0,0481	0,0696	0,0968	0,1351							
		f_{w2}	0,0144	0,0213	0,0294	0,0387	0,0492	0,0745	0,1045	0,1303						
Liczba rurek jednej drogi, szt.	$n_1 (n_4)$	96	132	173	229	280	405	563	786							
	$n_2 (n_3)$	84	124	171	225	286	433	608	758							
Sumaryczna liczba rurek, szt.		360	512	688	908	1132	1675	2342	3088							
Wewnętrzna średnica płaszczki D_w , mm		600	(700)	800	(900)	1000	1200	1400	1600							
Średnica koła ograniczającego otwory d_1 , mm		530	680	780	880	980	1180	1380	1580							
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej f_m , m ²		0,1696	0,2239	0,2864	0,3507	0,4296	0,6041	0,8032	1,0405							
Odległość przegród bocznych od osi x , mm		113	135	158	180	203	248	293	315							
Długość rurek wewnętrznych L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)															
	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2
1	22,6	320 403	32,2	456 573	43,2	612 771	57,1	808 1017								
1,5	33,9	481 605	48,3	684 860	54,8	918 1156	85,7	1212 1525	107	1511 1902						
2	45,2	641 806	64,4	911 1147	86,4	1225 1541	114	1616 2034	142	2015 2536	210	2983 3754				
(2,5)	56,5	801 1008	80,5	1139 1434	108	1531 1926	143	2020 2542	178	2519 3170	263	3729 4693	368	5211 6558	485	6871 8646
3	67,8	961 1210	96,6	1367 1720	130	1837 2312	171	2424 3051	213	3022 3804	315	4475 5631	441	6253 7869	582	8245 10376
4	90,4	11282 1613	129	1823 2294	173	2449 3082	228	3232 4068	284	4040 5071	420	5967 7508	588	8338 10492	776	10993 13824
(5)	113	1602 2016	161	2278 2867	216	3062 3853	286	4041 5085	356	5037 6339	525	7458 9386	735	10422 13115	970	13742 17293
6	136	1922 2419	193	2734 3441	259	3674 4623	343	4849 6102	427	6045 7607	630	8950 11263	882	12506 15738	1164	16490 20751

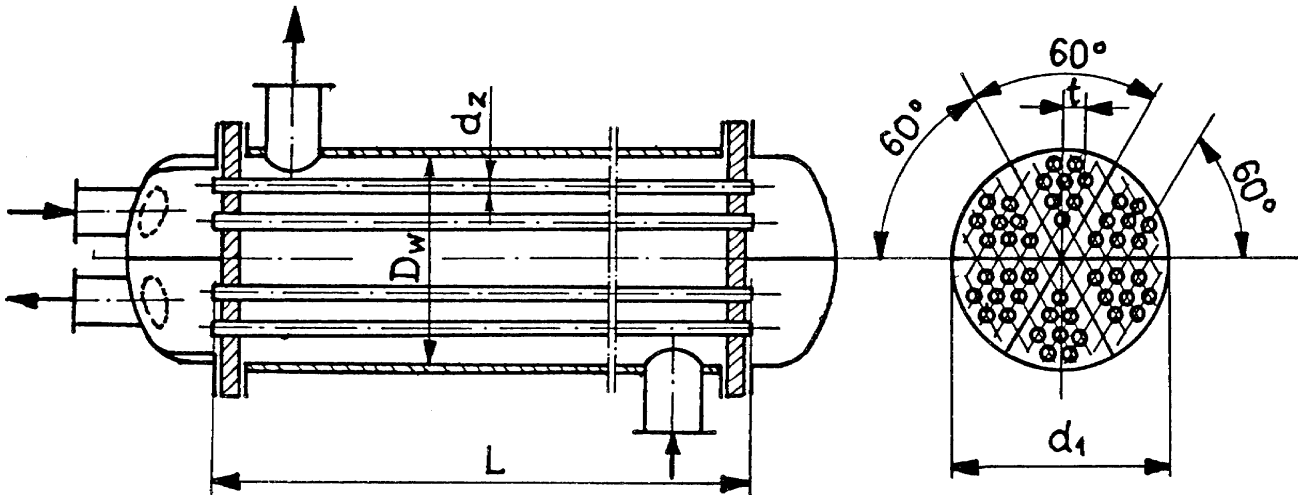
1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} , f_{w2} dotyczą odpowiednio rurek $n_1 (n_4)$ i $n_2 (n_3)$, m_1 dotyczy rurek $\varnothing 20 \times 2$ mm, m_2 - rurek $\varnothing 20 \times 2,6$ mm

c) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 25 \times 2$ mm i $d_z \times s = \varnothing 25 \times 2,6$ mm, o podziałce $t = 32$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek jednej drogi, m ²	$\varnothing 16 \times 1,6; f_{w1}$	0,0201	0,0280	0,0357	0,0457	0,0647	0,0879	0,1326	0,1631							
	f_{w2}	0,0177	0,0277	0,0395	0,0537	0,0599	0,0962	0,1281	0,1783							
	$\varnothing 16 \times 2; f_{w1}$	0,0178	0,0249	0,0317	0,0406	0,0575	0,0782	0,1179	0,1450							
	f_{w2}	0,0157	0,0246	0,0351	0,0477	0,0532	0,0856	0,1139	0,1585							
Liczba rurek jednej drogi, szt.	$n_1 (n_4)$	58	81	103	132	187	254	383	471							
	$n_2 (n_3)$	51	80	114	155	173	278	370	515							
Sumaryczna liczba rurek, szt.		218	322	434	574	720	1064	1506	1972							
Wewnętrzna średnica płaszczka D_w , mm		600	(700)	800	(900)	1000	1200	1400	1600							
Średnica koła ograniczającego otwory d_1 , mm		580	680	780	880	980	1180	1380	1580							
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej f_m , m ²		0,1756	0,2267	0,2895	0,3542	0,4318	0,6084	0,7997	1,0421							
Odległość przegród bocznych od osi x , mm		111	139	166	194	194	249	277	333							
Długość rurek wewnętrznych L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)															
	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2
1	17,1	246 314	25,3	364 464	34,1	490 625	45,7	649 827								
1,5	25,7	370 471	37,9	546 696	51,1	736 937	67,5	973 1240	84,8	1220 1555						
2	34,2	493 628	50,6	728 927	68,2	981 1250	90,2	1297 1650	113	1627 2074	167	2405 3064				
(2,5)	42,8	616 755	63,2	910 1159	85,2	1226 1562	113	1622 2066	141	2034 2592	209	3006 3830	296	4254 5422	387	5571 7099
3	51,4	739 942	75,9	1092 1391	102	1471 1875	135	1946 2480	170	2441 3110	251	3607 4596	355	5105 6506	465	6685 8519
4	68,5	985 1256	101	1455 1855	136	1962 2500	180	2594 3306	226	3254 4147	334	4809 6129	473	6807 8675	620	8913 11359
(5)	85,6	1232 1570	126	1819 2318	171	2452 3125	225	3243 4133	283	4068 5184	418	6012 7661	591	8509 10843	774	11142 14198
6	103	1678 1884	152	2183 2782	205	2943 3750	270	3892 4959	339	4882 6221	501	7214 9193	710	10211 13012	929	13370 17038
1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} , f_{w2} dotyczą odpowiednio rurek $n_1 (n_4)$ i $n_2 (n_3)$ m_1 dotyczy rurek $\varnothing 25 \times 2$ mm, m_2 - rurek $\varnothing 25 \times 2,6$ mm																

Tablica 4.9

Sześciodorogowe wiązki rur stalowych w wymiennikach ciepła płaszczowo-rurkowych ze stałymi ścianami sitowymi, $D_w = (600 \div 1600) \text{ mm}^*$



Średnia powierzchnia wymiany ciepła:

$$F_{sr} = a F_Z ,$$

wewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła:

$$F_w = b F_Z ,$$

przy:

a	b	Rura, $d_z \times s$ mm
0,900	0,800	16 × 1,6
0,875	0,750	16 × 2,0
0,900	0,800	20 × 2,0
0,870	0,740	20 × 2,6
0,920	0,840	25 × 2,0
0,896	0,792	25 × 2,6

*) wg BN/2251-13

a) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 16 \times 1,6$ mm i $d_z \times s = \varnothing 16 \times 2$ mm, o podziałce $t = 21$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0122	0,0176	0,0232	0,0302	0,0382	0,0561	0,0780	0,1026								
	f_{w2}	0,0107	0,0155	0,0204	0,0266	0,0336	0,0493	0,0685	0,0901								
Liczba rurek jednej drogi	n , szt.	95	137	180	235	297	436	606	797								
Sumaryczna liczba rurek	$6n$, szt.	570	822	1080	1410	1782	2616	3636	4782								
Wewnętrzna średnica płaszczka	D_w , mm	600	(700)	800	(900)	1000	1200	1400	1600								
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	580	680	780	880	980	1180	1380	1580								
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,1681	0,2196	0,2855	0,3527	0,4271	0,6050	0,8083	1,0491								
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)															
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2
	1	28,6	324 394	41,3	468 569	54,3	615 747	70,8									
	1,5	43,0	486 592	61,9	702 893	81,3	922 1121	106	1203 1464	134	1521 1850						
	2	57,3	649 789	82,6	935 1138	109	1229 1495	142	1605 1951	179	2028 2466	263	2977 3621				
	(2,5)	71,6	811 986	103	1169 1422	134	1536 1868	177	2006 2439	224	2535 3083	329	3721 4526	457	5172 6290	601	6802 8273
	3	85,9	973 1183	124	1403 1706	163	1834 2242	213	2407 2927	269	3042 3699	394	4466 5431	548	6207 7548	721	8163 9927
	4	115	1297 1578	165	1871 2275	217	2458 2989	283	3209 3903	358	4056 4953	526	5954 7241	731	8276 10064	961	10884 13237
	(5)	143	1622 1972	206	2339 2844	271	3073 3737	354	4011 4879	448	5070 6167	657	7443 9051	913	10344 12581	1201	13605 16546
	6	172	1946 2367	248	2806 3413	326	3687 4484	425	4814 5854	537	6084 7379	789	8931 10862	1096	12413 15097	1441	16326 19855
	(7)	200	2270 2761	289	3274 3982	380	4302 5232	496	5616 6830	627	7098 8632	920	10420 12672	1279	14482 17613	1682	19047 23164

1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 16 \times 1,6$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 16 \times 2$ mm

b) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 20 \times 2$ mm i $d_z \times s = \varnothing 20 \times 2,6$ mm, o podziałce $t = 26$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0121	0,0171	0,0229	0,0304	0,0378	0,0559	0,0782	0,1031								
	f_{w2}	0,0103	0,0146	0,0196	0,0260	0,0323	0,0478	0,0669	0,0883								
Liczba rurek jednej drogi	n , szt.	60	85	114	151	188	278	389	513								
Sumaryczna liczba rurek	$6n$, szt.	360	510	684	906	1128	1668	2334	3078								
Wewnętrzna średnica płaszczka	D_w , mm	600	(700)	800	(900)	1000	1200	1400	1600								
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	580	680	780	880	980	1180	1380	1580								
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,1696	0,2246	0,2878	0,3515	0,4310	0,6069	0,8061	1,0436								
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)															
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2
	1	22,6	320 403	32,0	454 571	43,0	609 766	56,9									
	1,5	33,9	481 605	48,0	681 857	64,4	913 1149	85,3	1210 1522	106	1506 1895						
	2	45,2	641 806	64,1	908 1142	85,9	1218 1532	114	1613 2029	142	2028 2527	210	2969 3736				
	(2,5)	56,5	801 1008	80,1	1135 1428	107	1522 1915	142	2016 2537	177	2510 3158	262	3711 4670	366	5193 6535	483	6849 8618
	3	67,8	961 1210	96,1	1362 1714	129	1826 2298	171	2419 3034	213	3012 3790	314	4454 5604	440	6232 7842	580	8218 10342
	4	90,4	1282 1613	128	1816 2285	172	2435 3064	228	3225 4059	283	4016 5053	419	5938 7473	586	8309 10456	773	10958 13789
	(5)	113	1602 2016	160	2270 2856	215	3044 3830	284	4032 5074	354	5020 6317	524	7423 9341	733	10386 13070	966	13697 17237
	6	136	1922 2419	192	2723 3427	258	3653 4596	341	4838 6088	425	6024 7580	629	8907 11209	879	12464 15684	1160	16437 20684
	(7)	158	2243 2822	224	3177 3997	301	4261 5363	398	5644 7103	496	7027 8844	733	10392 13077	1026	14541 18299	1353	19176 24132
1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 20 \times 2$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 20 \times 2,6$ mm																	

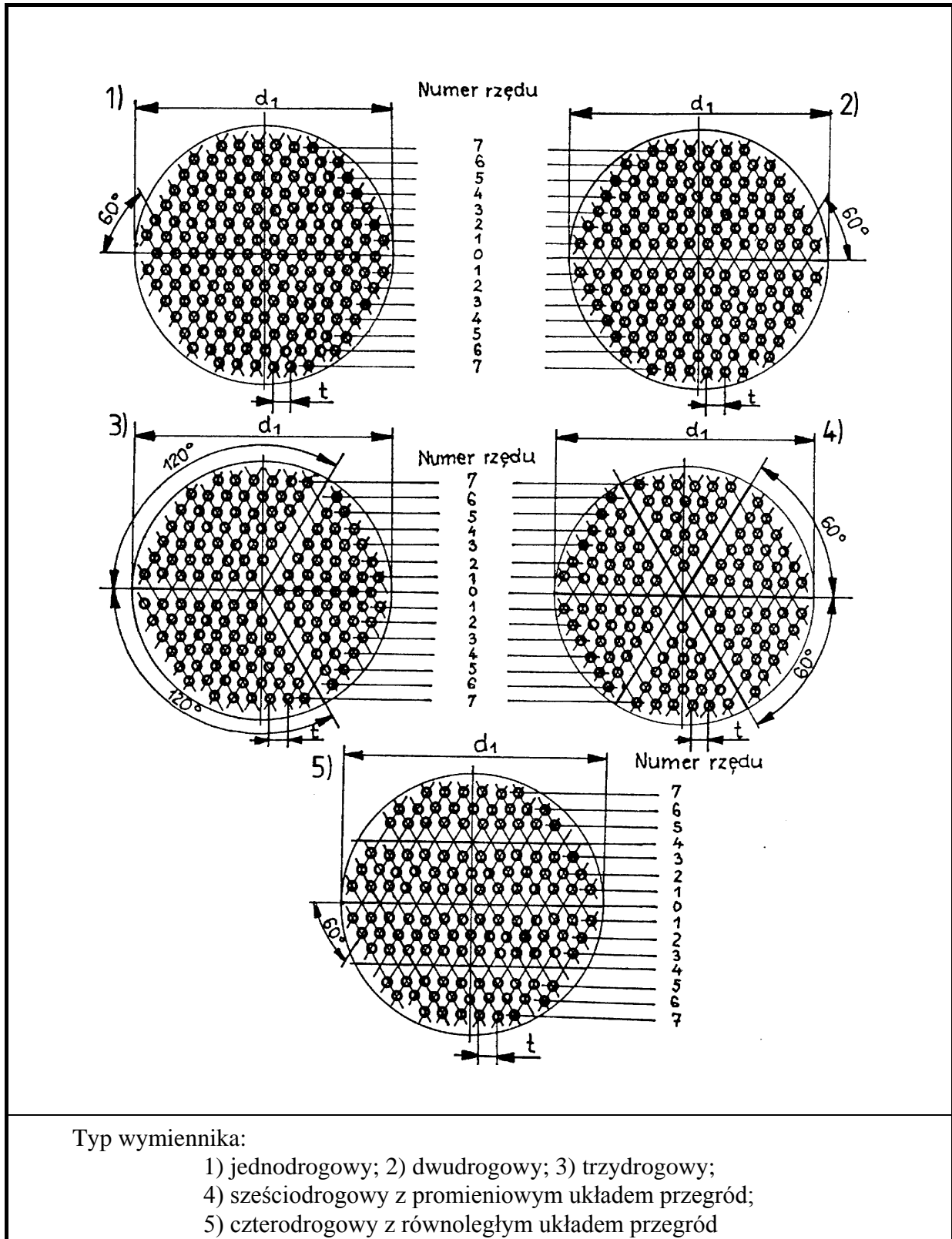
c) wiązki rurek $d_z \times s = \varnothing 25 \times 2$ mm i $d_z \times s = \varnothing 25 \times 2,6$ mm, o podziałce $t = 32$ mm¹⁾

Przekrój wewnętrzny rurek, m ²	f_{w1}	0,0126	0,0183	0,0249	0,0329	0,0415	0,0609	0,0865	0,1132								
	f_{w2}	0,0111	0,0163	0,0222	0,0292	0,0369	0,0543	0,0769	0,1006								
Liczba rurek jednej drogi	n , szt.	36	53	72	95	120	176	250	327								
Sumaryczna liczba rurek	$6n$, szt.	216	318	432	570	720	1056	1500	1962								
Wewnętrzna średnica płaszczka	D_w , mm	600	(700)	800	(900)	1000	1200	1400	1600								
Średnica koła ograniczającego otwory	d_1 , mm	580	680	780	880	980	1180	1380	1580								
Przekrój przestrzeni międzyrurkowej	f_m , m ²	0,1767	0,2287	0,2906	0,3564	0,4320	0,6123	0,8030	1,0475								
Długość rurek wewnętrznych	L , m	Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła F_z (m ²) i masa wiązki rurek m (kg)															
		F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2	F_z	m_1 m_2
	1	17,0	244 311	25,0	359 458	33,9	488 622										
	1,5	25,4	366 467	37,4	539 687	50,9	732 933	67,1	966 1231	84,8	1220 1555						
	2	35,9	488 622	49,9	719 916	67,8	976 1244	89,5	1288 1643	113	1627 2074	166	2387 3041				
	(2,5)	42,4	610 778	62,4	898 1145	84,8	1220 1555	112	1611 2052	141	2034 2592	207	2983 3802	294	4238 5400	385	5543 7063
	3	50,9	732 933	74,9	1078 1374	102	1464 1866	134	1932 2462	170	2241 3110	249	3580 4562	353	5085 6480	462	6651 8476
	4	67,8	976 1244	100	1437 1832	136	1953 2486	179	2576 3283	226	3254 4147	332	4773 6083	471	6780 8640	616	8868 11301
	(5)	84,8	1320 1555	125	1797 2290	170	2441 3110	224	3221 4104	283	4068 5184	414	5966 7603	589	8475 10800	770	11085 14126
	6	102	1464 1866	150	2156 2748	203	2929 3217	268	3865 4925	339	4882 6221	497	7160 9124	707	10170 12960	924	13302 16952
	(7)	119	1709 2177	175	2515 3205	237	3412 4355	313	4509 5746	396	5695 7254	580	8353 10644	824	11865 15120	1078	15519 19777

1) wymiary podane w nawiasach są niezalecane; wartości f_{w1} i m_1 dotyczą rurek $\varnothing 25 \times 2$ mm; wartości f_{w2} i m_2 dotyczą rurek $\varnothing 25 \times 2,6$ mm

Rozmieszczenie i liczba otworów (rurek) w ścianach sitowych w układzie heksagonalnym. Wymienniki ciepła płaszczowo-rurkowe, $D_n = (150 \div 1600)$ mm^{*)}

a) sposób rozmieszczenia otworów (rurek)



*) wg BN/2251-06 i BN/2251-18

b) wymienniki ciepła o średnicy $D_z = (159 \div 508) \text{ mm}^*)$

Zewnętrzna średnica płaszczka D_z , mm	159		219		273		324		356		406		457		508	
Średnica okręgu ograniczającego otwory d_1 , mm	130		187		240		288		320		368		417		466	
Wiązki rurek o średnicy $d_z=16 \text{ mm}$ ($t=21 \text{ mm}$)																
Liczba dróg	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Sumaryczna liczba otworów	31	26	61	52	109	98	151	138	199	184	253	236	337	318	421	400
Nr rzędu	Liczba otworów w poszczególnych rzędach															
0	5	0	9	0	11	0	13	0	15	0	17	0	19	0	21	0
1	6	6	8	8	10	10	12	12	14	14	16	16	20	20	22	22
2	5	5	7	7	11	11	13	13	15	15	17	17	19	19	21	21
3	2	2	6	6	10	10	12	12	14	14	16	16	18	18	20	20
4			5	5	9	9	11	11	13	13	15	15	17	17	21	21
5					6	6	10	10	12	12	14	14	18	18	20	20
6					3	3	7	7	11	11	13	13	17	17	19	19
7							4	4	8	8	12	12	14	14	18	18
8									5	5	9	9	13	13	17	17
9											6	6	12	12	14	14
10													9	9	13	13
11/12													2/0	2/0	10/5	10/5
Wiązki rurek o średnicy $d_z=20 \text{ mm}$ ($t=26 \text{ mm}$)																
Liczba dróg	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Sumaryczna liczba otworów	19	14	37	30	61	52	91	80	121	110	163	150	211	196	265	248
Nr rzędu	Liczba otworów w poszczególnych rzędach															
0	5	0	7	0	9	0	11	0	11	0	13	0	15	0	17	0
1	4	4	6	6	8	8	10	10	12	12	14	14	16	16	18	18
2	3	3	5	5	7	7	9	9	11	11	13	13	15	15	17	17
3			4	4	6	6	8	8	10	10	12	12	14	14	16	16
4					5	5	7	7	9	9	11	11	13	13	15	15
5							6	6	8	8	10	10	12	12	14	14
6									5	5	9	9	11	11	13	13
7											6	6	10	10	12	12
8/9													7/0	7/0	11/8	11/8
Wiązki rurek o średnicy $d_z=25 \text{ mm}$ ($t=32 \text{ mm}$)																
Liczba dróg	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Sumaryczna liczba otworów	7	4	19	14	37	30	61	52	85	76	109	98	139	126	163	150
Nr rzędu	Liczba otworów w poszczególnych rzędach															
0	3	0	5	0	7	0	9	0	9	0	11	0	13	0	13	0
1	2	2	4	4	6	6	8	8	10	10	10	10	12	12	14	14
2			3	3	5	5	7	7	9	9	11	11	11	11	13	13
3					4	4	6	6	8	8	10	10	12	12	12	12
4							5	5	7	7	9	9	11	11	11	11
5									4	4	6	6	8	8	10	10
6/7											3/0	3/0	7/2	7/2	9/6	9/6
Wiązki rurek o średnicy $d_z=38 \text{ mm}$ ($t=48 \text{ mm}$)																
Liczba dróg	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Sumaryczna liczba otworów			7	4	19	14	19	14	31	26	37	30	55	48	73	64
Nr rzędu	Liczba otworów w poszczególnych rzędach															
0			3	0	5	0	5	0	5	0	7	0	7	0	9	0
1			2	2	4	4	4	4	6	6	6	6	8	8	8	8
2					3	3	3	3	5	5	5	5	7	7	9	9
3									2	2	4	4	6	6	8	8
4/5													3/0	3/0	5/2	5/2

*) wg BN/2251-06

c) wymienniki ciepła o średnicy $D_w = (600 \div 1600) \text{ mm}^*)$

Wewnętrzna średnica płaszcza D_w , mm	600					700					800					900				
Średnica okręgu ograniczającego otwory d_l , mm	580					680					780					880				
Wiązki rurek o średnicy $d_z=16 \text{ mm}$ ($t=21 \text{ mm}$)																				
Liczba dróg	1	2	3	4	6	1	2	3	4	6	1	2	3	4	6	1	2	3	4	6
Sumaryczna liczba otworów	649	622	609	574	570	913	882	867	834	822	1189	1152	1134	1088	1080	1531	1490	1470	1416	1410
Nr rzędu	Liczba otworów w poszczególnych rzędach																			
0	27	0	13	0	0	31	0	15	0	0	37	0	18	0	0	41	0	20	0	0
1	26	26	25	26	24	32	32	31	32	30	36	36	35	36	34	42	42	41	42	40
2	27	27	26	27	25	31	31	30	31	29	37	37	36	37	35	41	41	40	41	39
3	26	26	25	26	24	32	32	31	32	30	36	36	35	36	34	40	40	39	40	38
4	25	25	24	25	23	31	31	30	31	29	35	35	34	35	33	41	41	40	41	39
5	26	26	25	26	24	30	30	29	30	28	36	36	35	36	34	40	40	39	40	38
6	25	25	24	25	23	29	29	28	29	27	35	35	34	35	33	39	39	38	39	37
7	24	24	23	0	22	30	30	29	30	28	34	34	33	34	32	40	40	39	40	38
8	23	23	22	23	21	29	29	28	0	27	33	33	32	33	31	39	39	38	39	37
9	22	22	21	22	20	28	28	27	28	26	32	32	31	0	30	38	38	37	38	36
10	21	21	20	21	19	27	27	26	27	25	31	31	30	31	29	37	37	36	0	35
11	18	18	17	18	16	26	26	25	26	24	30	30	29	30	28	36	36	35	36	34
12	17	17	16	17	15	23	23	22	23	21	29	29	28	29	27	35	35	34	35	33
13	14	14	13	14	12	22	22	21	22	20	28	28	27	28	26	34	34	33	34	32
14	11	11	11	11	11	21	21	20	21	19	27	27	26	27	25	33	33	32	33	31
15	6	6	6	6	6	18	18	17	18	16	26	26	25	26	24	32	32	31	32	30
16						15	15	15	15	15	23	23	22	23	21	31	31	30	31	29
17						12	12	12	12	12	22	22	21	22	20	28	28	27	28	26
18						5	5	5	5	5	19	19	18	19	17	27	27	26	27	25
19											16	16	16	16	16	24	24	23	24	22
20											11	11	11	11	11	23	23	22	23	21
21																20	20	20	20	20
22/23																15/10	15/10	15/10	15/10	15/10
Wiązki rurek o średnicy $d_z=20 \text{ mm}$ ($t=26 \text{ mm}$)																				
Liczba dróg	1	2	3	4	6	1	2	3	4	6	1	2	3	4	6	1	2	3	4	6
Sumaryczna liczba otworów	421	400	390	360	360	583	558	546	512	510	769	740	726	688	684	1003	970	954	908	906
Nr rzędu	Liczba otworów w poszczególnych rzędach																			
0	21	0	10	0	0	25	0	12	0	0	29	0	14	0	0	33	0	16	0	0
1	22	22	21	22	20	26	26	25	26	24	30	30	29	30	28	34	34	33	34	32
2	21	21	20	21	19	25	25	24	25	23	29	29	28	29	27	33	33	32	33	31
3	20	20	19	20	18	24	24	23	24	22	28	28	27	28	26	32	32	31	32	30
4	21	21	20	21	19	25	25	24	25	23	29	29	28	29	27	33	33	32	33	31
5	20	20	19	0	18	24	24	23	24	22	28	28	27	28	26	32	32	31	32	30
6	19	19	18	19	17	23	23	22	0	21	27	27	26	27	25	31	31	30	31	29
7	18	18	17	18	16	22	22	21	22	20	26	26	25	0	24	30	30	29	30	28
8	17	17	16	17	15	21	21	20	21	19	25	25	24	25	23	31	31	30	0	29
9	14	14	13	14	12	20	20	19	20	18	24	24	23	24	22	30	30	29	30	28
10	13	13	12	13	11	19	19	18	19	17	23	23	22	23	21	29	29	28	29	27
11	10	10	10	10	10	16	16	15	16	14	22	22	21	22	20	28	28	27	28	26
12	5	5	5	5	5	15	15	14	15	13	21	21	20	21	19	25	25	24	25	23
13						12	12	12	12	12	18	18	17	18	16	24	24	23	24	22
14						7	7	7	7	7	17	17	16	17	15	23	23	22	23	21
15											14	14	14	14	14	20	20	19	20	18
16/17											9/0	9/0	9/0	9/0	9/0	19/16	19/16	18/16	19/16	17/16
18/19																11/4	11/4	11/4	11/4	11/4
Wiązki rurek o średnicy $d_z=25 \text{ mm}$ ($t=32 \text{ mm}$)																				
Liczba dróg	1	2	3	4	6	1	2	3	4	6	1	2	3	4	6	1	2	3	4	6
Sumaryczna liczba otworów	265	248	240	218	216	379	358	348	322	318	499	476	465	434	432	649	622	609	574	570
Nr rzędu	Liczba otworów w poszczególnych rzędach																			
0	17	0	8	0	0	21	0	10	0	0	23	0	11	0	0	27	0	13	0	0
1	18	18	17	18	16	20	20	19	20	18	24	24	23	24	22	26	26	25	26	24
2	17	17	16	17	15	21	21	20	21	19	23	23	22	23	21	27	27	26	27	25
3	16	16	15	16	14	20	20	19	20	18	22	22	21	22	20	26	26	25	26	24
4	15	15	14	0	13	19	19	18	19	17	23	23	22	23	21	25	25	24	25	23
5	14	14	13	14	12	18	18	17	0	16	22	22	21	22	20	26	26	25	26	24
6	13	13	12	13	11	17	17	16	17	15	21	21	20	0	19	25	25	24	25	23
7	12	12	11	12	10	16	16	15	16	14	20	20	19	20	18	24	24	23	0	22
8	11	11	10	11	9	15	15	14	15	13	19	19	18	19	17	23	23	22	23	21
9	8	8	8	8	8	14	14	13	14	12	18	18	17	18	16	22	22	21	22	20
10						11	11	10	11	9	15	15	14	15	13	21	21	20	21	19
11						8	8	8	8	8	14	14	13	14	12	18	18	17	18	16
12/13											11/6	11/6	11/6	11/6	11/6	17/14	17/14	16/13	17/14	15/12
14/15																11/6	11/6	11/6	11/6	11/6

*) wg BN/2251-18

Wewnętrzna średnica płaszczka D_w , mm	1000					1200					1400					1600				
Średnica okręgu ograniczającego otwory d_1 , mm	980					1180					1380					1580				
Wiązki rurek o średnicy $d_z=16$ mm ($t=21$ mm)																				
Liczba dróg	1	2	3	4	6	1	2	3	4	6	1	2	3	4	6	1	2	3	4	6
Sumaryczna liczba otworów	1915	1870	1848	1786	1782	2779	1724	2697	2624	2616	3829	3764	3732	3644	3636	5005	4930	4893	4796	4782
Nr rzędu	Liczba otworów w poszczególnych rzędach																			
0	45	0	22	0	0	55	0	27	0	0	65	0	32	0	0	75	0	37	0	0
1	46	46	45	46	44	56	56	55	56	54	64	64	63	64	62	74	74	73	74	72
2	45	45	44	45	43	55	55	54	55	53	65	65	64	65	63	75	75	74	75	73
3	46	46	45	46	44	54	54	53	54	52	64	64	63	64	62	74	74	73	74	72
4	45	45	44	45	43	55	55	54	55	53	65	65	64	65	63	75	75	74	75	73
5	46	46	45	46	44	54	54	53	54	52	64	64	63	64	62	74	74	73	74	72
6	45	45	44	45	43	55	55	54	55	53	65	65	64	65	63	73	73	72	73	71
7	44	44	43	44	42	54	54	53	54	52	64	64	63	64	62	74	74	73	74	72
8	43	43	42	43	41	53	53	52	53	51	63	63	62	63	61	73	73	72	73	71
9	44	44	43	44	42	54	54	53	54	52	64	64	63	64	62	72	72	71	72	70
10	43	43	42	43	41	53	53	52	53	51	63	63	62	63	61	73	73	72	73	71
11	42	42	41	0	40	52	52	51	52	50	62	62	61	62	60	72	72	71	72	70
12	41	41	40	41	39	51	51	50	51	49	61	61	60	61	59	71	71	70	71	69
13	40	40	39	40	38	50	50	49	0	48	60	60	59	60	58	70	70	69	70	68
14	39	39	38	39	37	49	49	48	49	47	61	61	60	61	59	71	71	70	71	69
15	38	38	37	38	36	50	50	49	50	48	60	60	59	0	58	70	70	69	70	68
16	37	37	36	37	35	49	49	48	49	47	59	59	58	59	57	69	69	68	69	67
17	36	36	35	36	34	48	48	47	48	46	58	58	57	58	56	68	68	67	68	66
18	33	33	32	33	31	45	45	44	45	43	57	57	56	57	55	67	67	66	0	65
19	32	32	31	32	30	44	44	43	44	42	56	56	55	56	54	66	66	65	66	64
20	31	31	30	31	29	43	43	42	43	41	55	55	54	55	53	65	65	64	65	63
21	28	28	27	28	26	42	42	41	42	40	54	54	53	54	52	64	64	63	64	62
22	25	25	24	25	23	41	41	40	41	39	53	53	52	53	51	63	63	62	63	61
23	22	22	22	22	22	38	38	37	38	36	52	52	51	52	50	62	62	61	62	60
24	19	19	19	19	19	37	37	36	37	35	49	49	48	49	47	61	61	60	61	59
25	16	16	16	16	16	34	34	33	34	32	48	48	47	48	46	60	60	59	60	58
26	9	9	9	9	9	31	31	30	31	29	47	47	46	47	45	59	59	58	59	57
27						30	30	29	30	28	46	46	45	46	44	58	58	57	58	56
28						27	27	27	27	27	43	43	42	43	41	57	57	56	57	55
29						22	22	22	22	22	42	42	41	42	40	54	54	53	54	52
30						19	19	19	19	19	39	39	38	39	37	53	53	52	53	51
31						14	14	14	14	14	36	36	35	36	34	52	52	51	52	50
32						3	3	3	3	3	33	33	32	33	31	49	49	48	49	47
33											30	30	30	30	30	48	48	47	48	46
34											27	27	27	27	27	45	45	44	45	43
35											24	24	24	24	24	44	44	43	44	42
36											19	19	19	19	19	41	41	40	41	39
37											10	10	10	10	10	38	38	37	38	36
38																35	35	35	35	35
39																32	32	32	32	32
40																27	27	27	27	27
41/42																22/15	22/15	22/15	22/15	22/15
Wiązki rurek o średnicy $d_z=20$ mm ($t=26$ mm)																				
Liczba dróg	1	2	3	4	6	1	2	3	4	6	1	2	3	4	6	1	2	3	4	6
Sumaryczna liczba otworów	1237	1200	1182	1132	1128	1801	1756	1734	1676	1668	2491	2438	2412	2342	2334	3259	3198	3168	3088	3078
Nr rzędu	Liczba otworów w poszczególnych rzędach																			
0	37	0	18	0	0	45	0	22	0	0	53	0	26	0	0	61	0	30	0	0
1	36	36	35	36	34	44	44	43	44	42	52	52	51	52	50	60	60	59	60	58
2	37	37	36	37	35	45	45	44	45	43	53	53	52	53	51	59	59	58	59	57
3	36	36	35	36	34	44	44	43	44	42	52	52	51	52	50	60	60	59	60	58
4	37	37	36	37	35	45	45	44	45	43	51	51	50	51	49	59	59	58	59	57
5	36	36	35	36	34	44	44	43	44	42	52	52	51	52	50	60	60	59	60	58
6	35	35	34	35	33	43	43	42	43	41	51	51	50	51	49	59	59	58	59	57
7	34	34	33	34	32	42	42	41	42	40	50	50	49	50	48	58	58	57	58	56
8	35	35	34	35	33	43	43	42	43	41	51	51	50	51	49	59	59	58	59	57
9	34	34	33	0	32	42	42	41	42	40	50	50	49	50	48	58	58	57	58	56
10	33	33	32	33	31	41	41	40	41	39	49	49	48	49	47	57	57	56	57	55
11	32	32	31	32	30	40	40	39	0	38	48	48	47	48	46	56	56	55	56	54
12	31	31	30	31	29	39	39	38	39	37	49	49	48	49	47	57	57	56	57	55
13	30	30	29	30	28	38	38	37	38	36	48	48	47	0	46	56	56	55	56	54
14	27	27	26	27	25	37	37	36	37	35	47	47	46	47	45	55	55	54	0	53
15	26	26	25	26	24	36	36	35	36	34	46	46	45	46	44	54	54	53	54	52
16	25	25	24	25	23	35	35	34	35	33	45	45	44	45	43	53	53	52	53	51
17	22	22	21	22	20	34	34	33	34	32	44	44	43	44	42	52	52	51	52	50
18	19	19	18	19	17	31	31	30	31	29	43	43	42	43	41	51	51	50	51	49

Tabela 4.11

Rury stalowe bez szwu przewodowe i konstrukcyjne *)

Średnica nominalna D_n , mm	Średnica zewnętrzna d_z , mm	Grubość ścianki g_n , mm																									d_z mm	
		1,6	1,8	2,0	2,3	2,6	2,9	3,2	3,6	4,0	4,5	5,0	5,6	6,3	7,1	8,0	8,8	10,0	11,0	12,5	14,2	16,0	17,5	20,0	22,2	25,0		
		Masa jednostkowa, kg/m																										
10	10,2	0,344	0,378	0,410	0,454	0,493																						10,2
	12	0,411	0,453	0,494	0,551	0,603																						12
	13,5		0,522	0,571	0,639	0,703	0,762																					13,5
	16		0,632	0,692	0,778	0,860	0,938	1,01																				16
	17,2			0,754	0,850	0,942	1,03	1,11	1,21																			17,2
15	20				1,01	1,12	1,22	1,33	1,46	1,38																	20	
	21,3				1,09	1,21	1,33	1,44	1,59	1,72																	21,3	
20	25				1,29	1,44	1,58	1,72	1,90	2,07																	25	
	26,9				1,41	1,57	1,73	1,89	2,09	2,28																	26,9	
25	30					1,77	1,96	2,14	2,37	2,59	2,83																30	
	31,8								2,08	2,27	2,52	2,76	3,02														31,8	
	33,7								2,22	2,42	2,69	2,95	3,23														33,7	
32	38								2,53	2,77	3,08	3,38	3,71														38	
	42,4								2,84	3,11	3,47	3,81	4,19	4,61	5,07												42,4	
40	44,5								2,99	3,28	3,65	4,02	4,42	4,87	5,35	5,95											44,5	
	48,3								3,27	3,59	4,00	4,41	4,85	5,34	5,89	6,55											48,3	
	51								3,46	3,79	4,23	4,65	5,13	5,67	6,24	6,95											51	
50	54								3,68	4,04	4,50	4,97	5,47	6,04	6,66	7,43	8,23	9,04									54	
	57								3,90	4,28	4,78	5,28	5,81	6,41	7,08	7,91	8,77	9,65	10,4	11,6							57	
65	60,3								4,54	5,07	5,59	6,17	6,82	7,53	8,42	9,34	10,3	11,1	12,4								60,3	
	70								5,30	5,93	6,55	7,24	8,01	8,85	9,92	11,0	12,2	13,2	14,8								70	
80	76,1								5,80	6,49	7,17	7,92	8,77	9,71	10,9	12,1	13,4	14,6	16,3	17,7							76,1	
	88,9								7,73	8,43	9,33	10,3	11,5	12,9	14,4	15,9	17,3	19,5	21,2	23,7							88,9	
100	101,6								8,76	9,7	10,7	11,9	13,2	14,9	16,6	18,4	20,1	22,6	24,7	27,6	30,7						101,6	
	108									10,3	11,4	12,7	14,1	15,8	17,7	19,6	21,4	24,2	26,4	29,6	32,9						108	
	114,3									11,0	12,1	13,5	15,0	16,8	18,8	20,9	22,8	25,7	28,1	31,6	35,1						114,3	
125	133									12,8	14,2	15,8	17,6	19,8	22,1	24,6	26,9	30,3	33,3	37,4	41,8	46,1					133	
	139,7									14,9	16,6	18,5	20,8	23,3	25,9	28,3	32,0	35,1	39,5	44,0	48,6						139,7	
150	159									17,1	19,0	21,1	23,8	26,6	29,6	32,4	36,7	40,43	45,4	50,8	56,2	60,9					159	
	168,3									21,0	22,4	25,3	28,3	31,5	34,5	39,0	42,9	48,4	54,1	59,9	65,0	73,1					168,3	
175	193,7									25,9	29,2	32,8	36,5	40,0	45,3	49,8	56,2	63,0	69,8	75,9	85,7						193,7	
200	219													33,2	37,2	41,5	45,4	51,6	56,7	64,1	71,9	79,8	86,9	98,2	108		219	
225	244,5														41,7	46,5	50,9	57,8	63,6	72,0	80,8	89,8	97,8	111	122		244,5	
250	273														46,7	52,1	57,1	64,8	74,1	80,9	90,9	101	110	125	137	154	273	
300	323,9															62,1	68,1	77,4	85,3	96,7	109	121	132	150	165	186	323,9	
350	355,6															68,3	74,9	85,2	93,9	107	120	133	146	166	183	205	355,6	
400	406,4																85,9	97,8	108	122	138	153	168	191	210	237	406,4	
450	457																	110,0	122	138	156	173	189	216	238	268	457	
500	508																		135	154	173	193	211	241	266	300	508	

☐ - średnica i grubość zalecana;

Przykładowe oznaczenie dla rury kotłowej K18 (wg PN/H-74252)

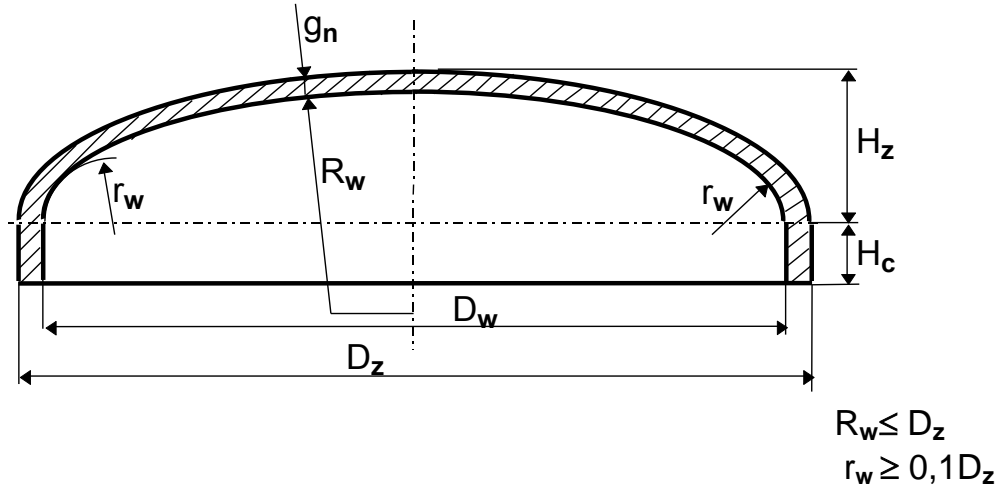
przy $d_z \times g_n = 406,4 \times 8,8$ mm:

rura 406,4×8,8 - K18 - PN/H-74252

*) wymiary wg PN/H-74204

Tablica 4.12

Dna elipsoidalne stalowe



a) dna o średnicy zewnętrznej $D_z = (33,5 \div 508) \text{ mm}^*)$

D_z	H_z	g_n , mm									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	
		H_c , mm									
		20			25			40			
mm		masa dna, kg									
33,5	8,5	0,07									
38	9,5	0,08									
44,5	11	0,11									
57	14		0,25								
76	19		0,32								
89	22		0,41								
108	27		0,70								
133	33		0,82								
159	40		1,2	1,5							
194	49		1,8	2,2	2,8						
219	55		2,1	2,5	3,2	3,5					
273	69		2,7	3,8	4,7	5,5	6,3				
324	81		4,1	5,1	6,4	7,4	8,5	10,6			
356	89		4,9	6,1	7,7	8,7	10,0	12,5			
406	102		6,5	7,8	9,7	11,4	12,8	15,8	17,7		
457	115		7,9	9,9	12,2	14,3	16,3	19,8	22,0	26,3	
508	137		9,7	12,0	14,9	17,3	19,8	24,0	26,6	33,1	

Przykładowe oznaczenie przy $D_z = 356 \text{ mm}$, $g_n = 6 \text{ mm}$:
dno elipsoidalne 356×6 - PN/M-35411 (mat. St41K)

*) wg PN/M-35411

b) dna o średnicy wewnętrznej $D_w = (600 \div 4000) \text{ mm}^*$

D_w	H_w	Pojemność dna ¹⁾	$g_n, \text{ mm}$																					
			4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	40	44	45	50	
			$H_c, \text{ mm}$																					
			25					40										50		60			70	
mm		dm ³	masa dna, kg																					
600	150	28	13	20	27	37	45	53	61	69	77	85	93											
700	175	45	18	27	36	48	58	68	79	90	101	112	123	134										
800	200	67	23	35	47	62	75	88	101	114	128	142	156	170	184	198								
900	225	95		41	59	79	94	110	126	142	158	175	192	209	227	251	270							
1000	250	131		54	72	94	113	133	153	173	193	213	233	262	283	304	325							
1100	275	174		65	86	113	135	157	179	201	223	245	284	308	332	356	388							
1200	300	226		77	105	132	159	186	213	240	267	307	335	363	391	419	447	492	525					
1300	325	288		90	123	153	183	213	245	282	321	353	385	417	449	481	545	580	614	682				
1400	350	359		103	142	177	212	247	282	317	366	402	438	474	510	569	607	645	683	721	870	895	995	
1500	375	442			162	202	242	282	322	378	420	460	505	550	628	650	672	694	716	888	976	1020	1140	
1600	400	536			207	230	253	276	300	426	474	522	570	630	687	737	787	837	887	1010	1110	1140	1300	
1700	425	643				258	310	362	423	476	529	582	665	720	775	830	885	940	1010	1120	1240	1275	1430	
1800	450	763				266	319	372	468	526	585	645	730	790	850	910	970	1170	1240	1310	1400	1430	1610	
1900	475	898				320	385	460	525	590	670	740	805	870	935	1000	1100	1210	1280	1350	1560	1590	1770	
2000	500	1047				352	423	505	578	650	722	810	885	960	1035	1135	1210	1285	1360	1470	1620	1660	1850	
2100	525	1212					465	580	660	745	810	890	970	1050	1190	1275	1360	1445	1530	1700	1870	1910	2160	
2200	550	1394						520	605	690	780	885	970	1060	1150	1260	1350	440	1530	1660	1850	2030	2080	2350
2400	600	1810						615	715	815	925	1025	1125	1230	1380	1485	1590	1700	1840	1950	2060			
2600	650	2301						715	834	970	1090	1210	1330	1480	1600	1725	1850	2000	2130					
2800	700	2873							960	1110	1250	1390	1560	1700	1840	1980	2150	2290						
3000	750	3534								1270	1430	1630	1790	1950	2110	2290	2450	2610						
3200	800	4289									1620	1830	2010	2190	2410	2590	2780	2990						
3400	850	5145										1860	2060	2270	2490	2700	2910	3120	3360					
3600	900	6107											2290	2790	2900	3010	3120	3500	3730					
3800	950	7183												2540	2820	3080	3340	3630	3890	4150				
4000	1000	8377													2840	3130	3442	3730	4010	4290	4580			

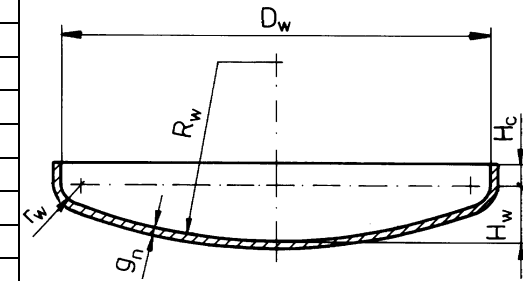
Przykładowe oznaczenie
przy $D_w=2200 \text{ mm}$, $g_n=14 \text{ mm}$:
dno elipsoidalne 2200×14 - PN/M-35412
(mat. 15HM)

*) wg PN/M-35412	$H_c, \text{ mm}$									
	25	40	50	60	70	80	90			

Tablica 4.13

Dna tłoczone o małej wypukłości^{*)}

D _w	H _w	R _w	r _w	Pojemność dna ¹⁾	g _n , mm																				
					4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	40			
					H _c , mm																				
					40			60			80			90			100			110			120		
mm				dm ³	masa dna, kg																				
600	86	800	40	16	19	26	32	39	49	57	69														
700	98	900		24	23	32	40	49	62	72	86														
800	110	1000		35	27	38	49	60	76	88	107														
900	115	1200		45	32	45	59	73	92	106	128														
1000	134	1300	50	66	39	55	72	88	111	128	154	174	198												
1100	146	1400		86		64	84	103	130	150	181	203	231												
1200	151	1600		105		74	97	120	150	174	209	235	267												
1300	163	1700		131		85	111	138	172	200	239	269	306												
1400	175	1800	60	161		96	127	156	196	228	272	306	345												
1500	194	1900		208		110	144	179	223	259	308	345	395	435	485										
1600	207	2000		249		123	162	201	250	291	345	390	440	485	540										
1700	211	2200		286		136	180	223	278	324	385	430	490	540	600										
1800	216	2400	328		150	199	248	307	360	425	475	540	595	660											
1900	236		395		166	220	274	340	395	470	525	595	655	730											
2000	257		470		183	242	302	375	435	515	580	655	720	800											
2000	270		80	510																					
2100	261	2600	60	525		199	264	329	405	475	560	630	715	785	870										
2100	274		80	570																					
2200	265	2800	60	585		217	288	360	445	515	610	685	775	850	945										
2200	279		80	635																					
2400	274	3200	60	715		254	355	420	520	605	710	800	905	995	1100										
2400	288		80	775																					
2600	298	3600	80	940			395	490	605	705	830	930	1050	1155	1280	1390	1515	1625	1740						
2600	312		100	1015																	1880	2000	2280		
2800	337		80	1210				455	565	695	815	950	1070	1205	1330	1470	1595	1740	1870	1990					
2800	350		100	1290																		2160	2290	2610	
3000	379	4000	80	1535				650	795	930	1085	1225	1375	1515	1675	1820	1980	2130	2270						
3000	392		100	1625																		2460	2600	2960	
3200	387	4000	80	1780	*) wg PN/M-35413;																				
3200	400		100	1890	1) bez części walcowej				895	1035	1220	1375	1545	1700	1880	2040	2220	2390	2550						
																					2750	2920	3320		

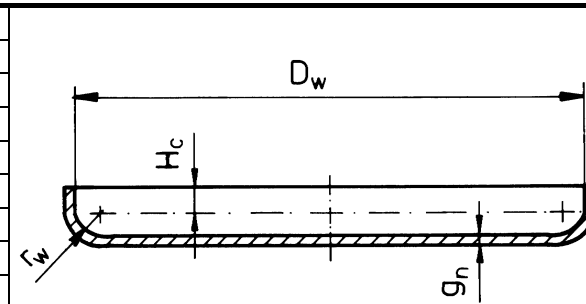


Przykładowe oznaczenie
przy D_w=2000 mm, g_n= 14 mm:
dno wypukłe tłoczone 2000×14 - PN/M-35413
(mat. 15HM)

Tablica 4.14

Dna płaskie z wyobleniem *)

D _w	r _w	Pojemność dna ¹⁾	g _n , mm																					
			4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	40				
			H _c , mm																					
			40				60				80				90			100			110			120
mm		dm ³	masa dna, kg																					
600	40	10	14	19	26	33	44	51	64															
700		15	19	25	34	42	56	66	81															
800		19	24	32	42	54	70	82	100															
900		25	29	39	52	66	85	99	122															
1000	50	38		48	64	81	103	121	147	166	191													
1100		45		56	76	96	122	142	172	195	223													
1200		55		66	88	112	142	165	200	226	258													
1300		64		76	102	128	163	191	229	259	296													
1400		75		88	118	148	187	218	261	295	335													
1500		86		100	133	167	210	246	294	332	378													
1600	60	117		114	151	190	239	279	333	376	425	470	525											
1700		132		126	170	213	266	311	370	420	475	525	585											
1800		149		141	188	236	295	345	410	465	525	580	645											
1900		166		156	208	261	326	380	450	510	580	640	710											
2000		184		171	229	287	360	420	495	560	630	695	775											
		80	243												855	940	1010	1080						
2100	60	203		188	251	314	390	455	540	610	690	760	845											
	80	268												935	1020	1095	1175							
2200	60	223		205	274	345	425	500	590	665	750	825	915					przy r _w =100 mm						
	80	295												1010	1110	1190	1270	1395	1480	1695				
2400	60	266		241	322	405	500	585	690	775	875	965	1017											
	80	350												1180	1290	1385	1480	1620	1720	1970				
2600		415			380	475	590	690	810	910	1030	1135	1255	1360	1490	1600	1710	1870	1980	2260				
2800		480			435	550	675	790	925	1045	1175	1295	1435	1555	1700	1820	1950	2130	2260	2570				
3000		555				625	770	900	1050	1185	1335	1470	1625	1760	1920	2070	2210	2400	2550	2900				
3200	80	630								1335	1500	1655	1830	1980	2160	2320	2480	2700	2860	3250				
3400		710										1850	2040	2220	2420	2590	2770							
3600		800										2060	2270	2460	2680	2880	3070	Pojemność wg PN/M-35414						
3800		890											2510	2720	2960	3180	3390							
4000		990											2760	2990	3260	3490	3730							
				*) wg PN/M-35414;																				
				1) bez części walcowej																				



Przykładowe oznaczenie
przy $D_w=1800$ mm, $g_n=24$ mm:
dno płaskie tłoczone 1800×24 - PN/M-35414
(mat. St44K)

Tablica 4.15

Kołnierze okrągłe płaskie do przyspawania

a) ciśnienie nominalne 0,25 MPa^{*)}

Element przyłączeniowy (walcowy, dno, rura itp.) ¹⁾															
Średnica nominalna	D_n	50	65	80	100										
Średnica zewnętrzna	d_z	57	76,1	88,9	108										
Kołnierz															
Średnica zewnętrzna	D_k	140	160	190	210										
Grubość	h	13	14	14	14										
Średnica wewnętrzna	D_w	58	77,5	90,5	109										
Średnica przyłgi	D_1	90	110	128	148										
Wysokość przyłgi	f	3	3	3	3										
Masa, kg ²⁾	m	1,04	1,39	1,84	2,14										
Przyłączenie															
Średnica podziałowa	D_o	110	130	150	170										
Średnica otworów	d_o	14	14	18	18										
Liczba otworów	i	4	4	4	4										
Rozmiar śruby	M_i	M12	M12	M16	M16										
Średnica rowka	d_1	67	84	98	122										
	d_2	75	92	107	130										
	d_3	83	100	117	138										
Szerokość rowka	b	1,0	1,0	1,0	1,0										
Element przyłączeniowy (walcowy, dno, rura itp.)															
D_n	150	200	250	300	350	400	450	500	600	800	1000	1200	1400	1600	2000
d_z	159	219,1	273	323,9	355,6	406,4	457	508	610	813	1016	1220	1420	1620	2020
Kołnierz															
D_k	265	320	375	440	490	540	595	645	755	975	1175	1375	1575	1790	2190
h	16	18	21	22	22	22	24	24	25	26	30	30	32	32	34
D_w	161	221,5	276,3	327,5	359	411	462	513,5	616,5	820	1023	1226	1426	1626	2026
D_1	202	258	312	365	415	465	520	570	670	880	1080	1295	1510	1710	2125
f	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5
m	3,41	4,75	6,77	9,17	12,3	13,6	17,4	19,0	22,7	36,7	51,3	60,8	75,6	92,8	127,0
Przyłączenie															
D_o	225	280	335	395	445	495	550	600	705	920	1120	1320	1520	1730	2130
d_o	18	18	18	22	22	22	22	22	26	30	30	30	30	30	30
i	8	8	12	12	12	16	16	20	20	24	28	32	36	40	48
M_i	M16	M16	M16	M20	M20	M20	M20	M20	M24	M27	M27	M27	M27	M27	M27
d_1	176	228	282	334	371	421	474	524							
d_2	184	237	291	344	384	434	488	538	1) wymiary liniowe podano w mm 2) orientacyjna dla kołnierza z przyłgą						
d_3	190	247	301	354	398	448	502	552							
b	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5							
Przykładowe oznaczenie przy $D_n=1200$ mm, $d_z=1220$ mm: kołnierz okrągły płaski z-rt-0,25/1200/1220 - St3S - PN/H-74731															

*) w zakresie średnic 1200÷2000 mm wg PN/H-74731

b) ciśnienie nominalne 0,63 MPa^{*)}

Element przyłączeniowy (walcowy, dno, rura itp.) ¹⁾															
Średnica nominalna	D _n	50	65	80	100										
Średnica zewnętrzna	d _z	57	76,1	88,9	108										
Kołnierz															
Średnica zewnętrzna	D _k	140	160	190	210										
Grubość	h	14	14	16	16										
Średnica wewnętrzna	D _w	58	77,5	90,5	109										
Średnica przyłgi	D ₁	90	110	128	148										
Wysokość przyłgi	f	3	3	3	3										
Masa, kg ²⁾	m	1,14	1,39	2,14	2,50										
Przyłączenie															
Średnica podziałowa	D _o	110	130	150	170										
Średnica otworów	d _o	14	14	18	18										
Liczba otworów	i	4	4	4	4										
Rozmiar śruby	M _i	M12	M12	M16	M16										
Średnica rowka	d ₁	67	84	98	122										
	d ₂	75	92	107	130										
	d ₃	83	100	117	138										
Szerokość rowka	b	1,0	1,0	1,0	1,0										
g _n - wg typoszeregu grubości elementu walcowego, rury, dna itp.; ozn. przyłgi: z - zgrubna; g - gładka; rt - z rowkiem trójkątnym															
Element walcowy (rura)															
D _n	125	150	200	250	300	350	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600	2000
d _z	133	159	219,1	273	323,9	355,6	406,4	508	610	813	1016	1220	1420	1620	2020
Kołnierz															
D _k	240	265	320	375	440	490	540	645	755	975	1175	1405	1630	1830	2265
h	18	20	22	24	24	26	28	30	30	34	36	40	44	48	54
D _w	135	161	221,5	276,3	327,5	359	411	513,5	616,5	820	1023	1226	1426	1626	2026
D ₁	178	202	268	312	365	415	465	570	670	880	1080	1295	1510	1710	2125
f	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5
m	3,4	4,8	5,9	7,8	10,1	14,7	17,7	24,2	27,9	48,3	62,7	98,3	149	184	299
Przyłączenie															
D _o	200	225	280	335	395	445	495	600	705	920	1120	1340	1560	1760	2180
d _o	18	18	18	18	23	23	23	23	26	30	30	33	36	36	42
i	8	8	12	12	12	16	16	20	20	24	28	32	36	40	48
M _i	M16	M16	M16	M16	M20	M20	M20	M20	M24	M27	M27	M30	M33	M33	M39
d ₁	149	176	228	277	334	367	417	520							
d ₂	158	184	237	289	344	384	434	538	1) wymiary liniowe podano w mm 2) orientacyjna dla kołnierza z przyłgą						
d ₃	167	193	247	301	354	398	448	552							
b	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5							
Przykładowe oznaczenie przy D _n = 800 mm, d _z = 813 mm: kołnierz okrągły płaski g-0,63/800/813 - St41K - PN/H-74731															

*) wg PN/H-74731

c) ciśnienie nominalne 1,0 MPa

Element przyłączeniowy (walcowy, dno, rura itp.) ¹⁾					
Średnica nominalna	D_n	25	32	50	80
Średnica zewnętrzna	d_z	30	38	57	88,9
Kołnierz					
Średnica zewnętrzna	D_k	115	140	165	200
Grubość	h	16	16	20	22
Średnica wewnętrzna	D_w	31	39	58	90,5
Średnica przyłgi	D_1	68	78	102	133
Wysokość przyłgi	f	2	2	3	3
Masa, kg ²⁾	m	1,1	1,4	2,3	3,5
Przyłączenie					
Średnica podziałowa	D_o	85	100	125	160
Średnica otworów	d_o	14	18	18	18
Liczba otworów	i	4	4	4	8
Rozmiar śruby	M_i	M16	M16	M16	M16
Średnica rowka	d_1	42	50	70	101
	d_2	50	59	80	112
	d_3	58	68	90	124
Szerokość rowka	b	1,0	1,0	1,0	1,0
g _n - wg typoszeregu grubości elementu walcowego rury, dna itp.; ozn. przyłgi: z - zgrubna; g - gładka; rt - z rowkiem trójkątnym					

Element przyłączeniowy (walcowy, dno, rura itp.)															
D_n	100	150	200	250	300	350	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600	2000
d_z	108	159	219,1	273	323,9	355,6	406,4	508	610	813	1016	1220	1420	1620	2020
Kołnierz															
D_k	220	285	340	395	445	505	565	670	780	1015	1230	1455	1675	1915	2325
h	24	26	26	28	28	30	32	34	36	44	60	75	85	100	120
D_w	109	161	221,5	276,3	327,5	359,5	411	513,5	616,5	820	1023	1226	1426	1626	2026
D_1	158	212	268	320	370	430	482	585	685	905	1110	1330	1530	1750	2150
f	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5
m	4,3	7,1	8,8	11,3	12,7	19,6	26,0	34,3	41,4	81,0	161	261	371	574	880
Przyłączenie															
D_o	180	240	295	350	400	460	515	620	725	950	1160	1380	1590	1820	2230
d_o	18	22	22	22	22	22	26	26	30	33	36	39	42	48	48
i	8	8	8	12	12	16	16	20	20	24	28	32	36	40	48
M_i	M16	M20	M20	M20	M20	M20	M24	M24	M27	M30	M33	M36	M39	M45	M45
d_1	126	179	229	281	335	368	420	523							
d_2	137	189	242	296	348	390	442	546	1) wymiary liniowe podano w mm 2) orientacyjna dla kołnierza z przyłgą						
d_3	148	199	254	307	360	408	460	563							
b	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5							
Przykładowe oznaczenie przy $D_n=400$ mm, $d_z=406,4$ mm: kołnierz okrągły płaski z-rt-1,0/400/406,4 -1H18N9T - PN/H-74731															

*) w zakresie średnic 200÷2000 mm wg PN/H-74731

d) ciśnienie nominalne 1,6 MPa

		Element przyłączeniowy (walcowy, dno, rura itp.) ¹⁾													
		Średnica nominalna	D _n	15	25	40	50								
Średnica zewnętrzna		d _z	21,3	30,0	44,5	57,0									
Kołnierz															
Średnica zewnętrzna		D _k	95	115	150	165									
Grubość		h	14	16	18	20									
Średnica wewnętrzna		D _w	22	31	45,5	58									
Średnica przyłgi		D ₁	47	68	88	102									
Wysokość przyłgi		f	2	2	3	3									
Masa, kg ²⁾		m	0,6	1,1	1,7	2,3									
Przyłączenie															
Średnica podziałowa		D _o	65	85	110	125									
Średnica otworów		d _o	14	14	18	18									
Liczba otworów		i	4	4	4	4									
Rozmiar śruby		M _i	M12	M12	M16	M16									
Średnica rowka		d ₁	29	42	57	70									
		d ₂	37	50	67	80									
		d ₃	-	58	77	90									
Szerokość rowka		b	1,0	1,0	1,0	1,0									
Element walcowy (rura)															
D _n	80	100	200	250	300	350	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600	2000
d _z	88,9	108	219,1	273	323,9	355,6	406,4	508	610	813	1016	1220	1420	1620	2020
Kołnierz															
D _k	200	220	340	405	460	520	580	715	840	1025	1255	1485	1685	1930	2345
h	22	24	30	30	32	36	38	40	44	60	80	95	110	125	150
D _w	90,5	109	221,5	276,3	327,5	359	411	513,5	616,5	820	1023	1226	1426	1626	2026
D ₁	133	158	268	320	370	430	482	585	685	905	1110	1330	1530	1750	2150
f	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5
m	3,6	4,4	9,9	13,8	17,6	27,3	34,4	52,1	74,5	126	236	368	490	735	1040
Przyłączenie															
D _o	160	180	295	355	410	470	525	650	770	950	1170	1390	1590	1820	2230
d _o	18	18	22	26	26	26	30	33	36	39	42	48	48	56	62
i	8	8	12	12	12	16	16	20	20	24	28	32	36	40	48
M _i	M16	M16	M20	M24	M24	M24	M27	M30	M33	M36	M39	M45	M45	M52	M56
d ₁	101	126	229	281	335	368	420	523							
d ₂	112	137	242	296	348	390	442	546	1) wymiary liniowe podano w mm 2) orientacyjna dla kołnierza z przyłgą						
d ₃	124	148	254	307	360	408	460	563							
b	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5							
Przykładowe oznaczenie przy D _n = 1400 mm, d _z =1420 mm: kołnierz okrągły płaski z-rt-1,6/1400/1420 - St44K - PN/H-74731															

*) wg PN/H-74731

Tablica 4.16

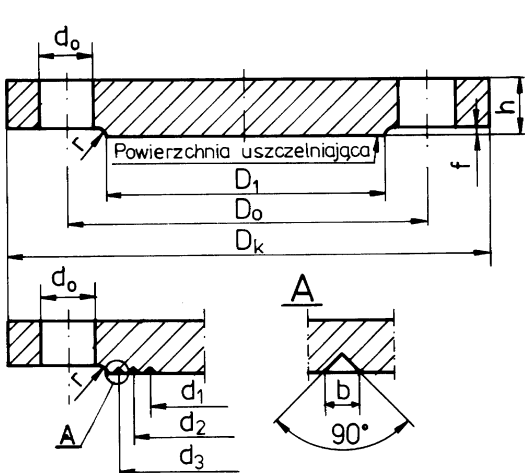
Kołnierze płaskie zaślepiające *)

a) ciśnienie nominalne 0,63 MPa

Element przyłączeniowy (walcowy, dno, rura itp.) ¹⁾															
Średnica nominalna	D _n	20	25	32	40										
Maks. średnica zewn.	d _z	26,9	33,7	42,4	54,0										
Kołnierz															
Średnica zewnętrzna	D _k	90	100	120	130										
Grubość	h	12	12	12	12										
Średnica przyłgi	D ₁	50	60	70	80										
Wysokość przyłgi	f	2	2	2	3										
Promień wyoblenia	r	2	2	2	3										
Masa, kg ²⁾	m	0,49	0,62	1,06	1,21										
Przyłączenie															
Średnica podziałowa	D _o	65	75	90	100										
Średnica otworów	d _o	11	11	14	14										
Liczba otworów	i	4	4	4	4										
Rozmiar śruby	M _i	M10	M10	M12	M12										
Średnica rowka	d ₁	34	43	51	55										
	d ₂	42	51	60	63										
	d ₃	-	-	-	71										
Szerokość rowka	b	1	1	1	1										
Powierzchnia uszczelniająca przyłgi: z - zgrubna; g - gładka; rt- z rowkiem trójkątnym w - z występem; y - z wypustem															
1) wymiary liniowe podano w mm 2) orientacyjna dla kołnierza z przyłgą															
Element przyłączeniowy (walcowy, rura itp.)															
D _n	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	800	1000
d _z	60,3	76,1	88,9	114,3	139,7	168,3	219	273	323,9	355,6	406,4	508	620	820	1020
Kołnierz															
D _k	140	160	190	210	240	265	320	375	440	490	540	645	755	975	1175
h	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	24	28	32	40	48
D ₁	90	110	128	148	178	202	258	312	365	415	465	570	670	880	1080
f	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5
r	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5
m	1,4	1,9	2,9	3,7	5,5	6,8	11,4	15,7	23,5	29,7	39,5	62,3	92,5	201	362
Przyłączenie															
D _o	110	130	150	170	200	225	280	335	395	445	495	600	705	920	1120
d _o	14	14	18	18	18	18	18	18	22	22	22	22	26	30	30
i	4	4	4	4	8	8	8	12	12	12	16	20	20	24	28
M _i	M12	M12	M16	M16	M16	M16	M16	M16	M20	M20	M20	M20	M24	M27	M27
d ₁	67	84	98	122	149	176	228	277	334	367	417	520			
d ₂	75	92	107	130	158	184	237	289	344	384	434	538			
d ₃	83	100	117	138	167	193	247	301	354	398	448	552			
b	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5			
Przykładowe oznaczenie przy D _n = 800 mm: kołnierz okrągły zaślepiający w-0,63/800 - St3S - PN/H-74728															

*) - wg PN/H-74728

b) ciśnienie nominalne 1,0 i 1,6 MPa

		1,0 i 1,6 MPa													
		Element przyłączeniowy (walcowy, dno, rura itp.) ¹⁾													
Średnica nominalna	D _n	50	80	100	150										
Maks. średnica zewn.	d _z	57	88,9	144	168										
Kołnierz															
Średnica zewnętrzna	D _k	165	200	220	285										
Grubość	h	18	20	20	22										
Średnica przyłgi	D ₁	102	133	158	212										
Wysokość przyłgi	f	3	3	3	3										
Promień wyoblenia	r	3	3	3	3										
Masa kołnierza, kg	m	2,5	4,2	5,1	9,5										
Przyłączenie															
Średnica podziałowa	D _o	125	160	180	240										
Średnica otworów	d _o	18	18	18	22										
Liczba otworów	i	4	8	8	8										
Rozmiar śruby	M _i	M16	M16	M16	M20										
Średnica rowka	d ₁	70	101	126	179										
	d ₂	80	112	137	189										
	d ₃	90	124	148	199										
Szerokość rowka	b	1	1	1	1										
Powierzchnia uszczelniająca przyłgi: z - zgrubna; g - gładka; rt- z rowkiem trójkątnym w - z występem; y - z wypustem															
1) wymiary liniowe podano w mm 2) orientacyjna dla kołnierza z przyłgą															
1,0 MPa								1,6 MPa							
Element przyłączeniowy (walcowy, rura itp.)															
D _n	200	250	300	350	400	500	600	800	200	250	300	350	400	500	600
d _z	219,1	273	323,9	355,6	406,4	508	620	820	219,1	273	323,9	355,6	406,4	508	620
Kołnierz															
D _k	340	395	445	505	565	670	780	1015	340	405	460	520	580	715	840
h	22	24	26	28	30	36	40	52	24	26	30	34	38	44	52
D ₁	268	320	370	430	482	585	685	905	268	320	370	430	482	585	685
f	3	3	4	4	4	4	5	5	3	3	4	4	4	4	5
r	3	3	4	4	4	4	5	5	3	3	4	4	4	4	5
m	13,9	19,0	23,4	37,3	55,1	88,8	141,9	301	15,1	23,9	36,1	49,4	69,5	128	213
Przyłączenie															
D _o	295	350	400	460	515	620	725	950	295	355	410	470	525	650	770
d _o	22	22	22	22	26	26	30	33	22	26	26	26	30	33	36
i	8	12	12	16	16	20	20	24	12	12	12	16	16	20	20
M _i	M20	M20	M20	M20	M24	M24	M27	M30	M20	M24	M24	M24	M27	M30	M33
d ₁	229	281	335	368	420	523			229	281	335	368	420	523	
d ₂	242	296	348	390	442	546			242	296	348	390	442	546	
d ₃	254	307	360	408	460	563			254	307	360	408	460	563	
b	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5			1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
Przykładowe oznaczenie przy D _n = 400 mm: kołnierz okrągły zaślepiający z-rt-1,6/400 -1H18N9T - PN/H-74728															

c) ciśnienie nominalne 2,5 MPa

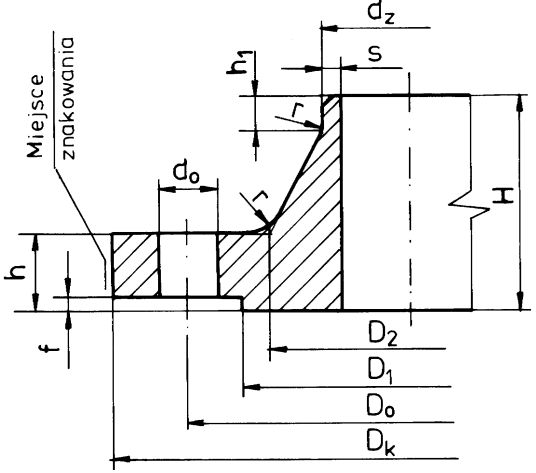
Element przyłączeniowy (walcowy, dno, rura itp.) ¹⁾					
Średnica nominalna	D _n	10	15	20	25
Maks. średnica zewn.	d _z	17,2	21,3	26,9	33,7
Kołnierz					
Średnica zewnętrzna	D _k	90	95	105	115
Grubość	h	12	14	16	16
Średnica przyłgi	D ₁	42	47	58	68
Wysokość przyłgi	f	2	2	2	2
Promień wyoblenia	r	2	2	2	2
Masa kołnierza, kg	m	0,47	0,63	0,92	1,13
Przyłączenie					
Średnica podziałowa	D _o	60	65	75	85
Średnica otworów	d _o	14	14	14	14
Liczba otworów	i	4	4	4	4
Rozmiar śruby	M _i	M10	M10	M12	M12
Średnica rowka	d ₁	24	29	34	42
	d ₂	32	37	42	50
	d ₃	-	-	50	58
Szerokość rowka	b	1	1	1	1

Element walcowy (rura)															
D _n	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600
d _z	42,4	48,3	60,3	76,1	88,9	114,3	139,7	168,3	219,1	273	323,9	355,6	406,4	508	610
Kołnierz															
D _k	140	150	165	185	200	220	250	285	340	405	460	520	580	715	840
h	16	16	18	18	20	20	22	22	24	26	30	32	38	44	52
D ₁	78	88	102	122	133	158	184	212	268	320	370	430	482	585	685
f	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5
r	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5
m	1,54	1,72	2,44	3,15	4,2	5,1	7,4	9,5	15,1	23,9	36,1	49,4	69,5	128,1	212,9
Przyłączenie															
D _o	100	110	125	145	160	180	210	240	295	355	410	470	525	650	770
d _o	18	18	18	18	18	18	18	22	22	26	26	26	30	30	36
i	4	4	4	4	8	8	8	8	12	12	12	16	16	20	20
M _i	M16	M16	M16	M16	M16	M16	M16	M20	M20	M24	M24	M24	M27	M30	M33
d ₁	50	57	70	87	101	126	150	179	232	285	338	370	424	530	
d ₂	59	67	80	98	112	137	163	189	247	303	356	398	452	557	
d ₃	68	77	90	109	124	148	174	199	261	317	371	426	480	584	
b	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	

Przykładowe oznaczenie przy D _n = 400 mm:	
kołnierz okrągły zaślepiający y-2,5/400 - St3S - PN/H-74728	

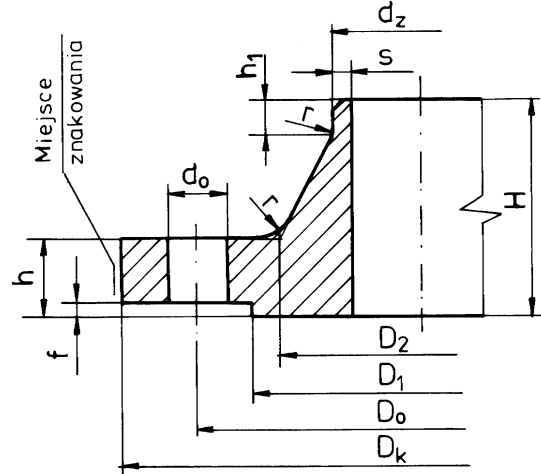
Kołnierze okrągłe z szyjką do przyspawania

a) ciśnienie nominalne 0,63 MPa^{*)}

		Element przyłączeniowy (walcowy, rura, dno itp.) ¹⁾													
		Średnica nominalna	D _n	10	15	20	25								
		Średnica zewnętrzna	d _z	17,2	21,3	25,0	30,0								
Kołnierz															
		Średnica zewnętrzna	D _k	75	80	90	100								
		Grubość	h	12	12	14	14								
		Średnica przyłgi	D ₁	35	40	50	60								
		Średnica szyjki	D ₂	26	30	35	40								
		Wysokość całkowita	H	28	30	32	35								
		Dł. części walcowej	h ₁	6	6	6	6								
		Wskaźnik wytrz., cm ³	z przylgą	5,74	6,03	8,45	7,88								
			z rowkiem	W _{min}	4,99	5,12	7,23	7,82							
		Promień wyoblenia	r	4	4	4	4								
		Wysokość przyłgi	f	2	2	2	2								
		Masa, kg ²⁾	m	0,34	0,39	0,59	0,69								
s - wg grubości elementu przyłączeniowego (walcowego, rury, dna itp.); s ≥ g _n		Przyłączenie													
Powierzchnia uszczelniająca przyłgi: z - zgrubna; g - gładka; w/r - występ/rowek; y/p - wypust/wpust		Średnica podziałowa	D _o	50	55	65	75								
		Średnica otworów	d _o	11	11	11	11								
1) wymiary liniowe podano w mm 2) orientacyjna dla kołnierza z przylgą		Liczba otworów	i	4	4	4	4								
		Rozmiar śruby	M _i	M10	M10	M10	M10								
Element przyłączeniowy (walcowy, rura, dno itp.)															
D _n	32	40	50	65	80	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600
d _z	38	44,5	57	76,1	88,9	108	159	219,1	273	323,9	355,6	406,4	457	508	610
Kołnierz															
D _k	120	130	140	160	190	210	265	320	375	440	490	540	595	645	755
h	16	16	16	16	18	18	20	22	24	24	24	24	24	26	26
D ₁	70	80	90	110	128	148	202	258	312	365	415	465	520	570	670
D ₂	50	58	70	88	102	122	172	236	290	342	385	438	492	538	640
H	35	38	38	38	42	45	48	55	60	62	62	65	65	68	70
h ₁	6	7	8	9	10	10	12	15	15	15	15	15	15	15	16
W _{min}	13,2	12,8	13,6	15,4	21,3	23,9	30,1	62,3	72,7	89,9	93,9	106,1	114,4	125,1	129,0
	9,9	11,1	12,1	13,1	20,3	24,1	33,3	56,9	70,2	87,6	90,3	104,1	112,2	123,9	126,1
r	5	5	6	6	6	6	8	8	8	10	10	10	12	12	12
f	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5
m	1,1	1,2	1,4	1,7	2,7	3,3	5,2	8,3	10,9	14,1	18,9	22,1	24,6	29,8	37,1
Przyłączenie															
D _o	90	100	110	130	150	170	225	280	335	395	445	495	550	600	705
d _o	14	14	14	14	18	18	18	18	18	22	22	22	22	22	26
i	4	4	4	4	4	4	8	8	12	12	12	16	16	20	20
M _i	M12	M12	M16	M16	M16	M16	M16	M16	M16	M20	M20	M20	M20	M20	M24
Przykładowe oznaczenie przy D _n = 200 mm, d _z = 108 mm: kołnierz okrągły z szyjką r-0,63/200/108 - St3S - PN/H-74710/02															

*) wg PN/H-74710/02

b) ciśnienie nominalne 1,0 MPa^{*)}

		Element przyłączeniowy (walcowy, rura, dno itp.) ¹⁾													
		Średnica nominalna	D _n	200	250	300	350								
		Średnica zewnętrzna	d _z	219,1	273	323,9	355,6								
		Kołnierz													
		Średnica zewnętrzna	D _k	340	395	445	505								
		Grubość	h	24	26	26	26								
		Średnica przyłgi	D ₁	268	320	370	430								
		Średnica szyjki	D ₂	234	288	342	390								
		Wysokość całkowita	H	62	68	68	68								
		Dł. części walcowej	h ₁	16	16	16	16								
		Wskaźnik wytrż., cm ³	z przyłgą z rowkiem	W _{min}	69,7	92,9	95,7	117,7							
					69,1	90,3	91,7	108,6							
		Promień wyoblenia	r	8	10	10	10								
s - wg grubości elementu przyłączeniowego (walcowego, rury, dna itp.); s ≥ g _n		Wysokość przyłgi	f	3	3	4	4								
		Masa, kg ²⁾	m	11,1	14,9	18,5	23,6								
Powierzchnia uszczelniająca przyłgi: z - zgrubna; g - gładka; w/r - występ/rowek; y/p - wypust/wpust		Przyłączenie													
		Średnica podziałowa	D _o	295	350	400	460								
		Średnica otworów	d _o	22	22	22	22								
1) wymiary liniowe podano w mm		Liczba otworów	i	8	12	12	16								
2) orientacyjna dla kołnierza z przyłgą		Rozmiar śruby	M _i	M20	M20	M20	M20								
Element przyłączeniowy (walcowy, rura, dno itp.)															
D _n	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
d _z	406,4	508	610	813	1016	1220	1420	1620	1820	2020	2220	2420	2620	2820	3020
Kołnierz															
D _k	565	670	780	1015	1230	1455	1675	1915	2115	2325	2550	2760	2980	3180	3405
h	26	28	30	32	34	38	42	46	50	54	58	62	66	70	74
D ₁	482	585	685	905	1110	1330	1530	1750	1950	2150	2370	2570	2780	3000	3210
D ₂	440	540	640	848	1050	1258	1460	1666	1866	2070	2275	2478	2680	2882	3085
H	75	75	80	90	95	115	120	130	140	150	160	170	180	190	200
h ₁	16	16	18	18	20	25	25	25	30	30	35	35	40	40	45
W _{min}	138,4	186,3	190,4	301,9	387,7	484,8	726,0	1035	1278	1546	2132	2493	3003	3464	4343
	128,2	170,3	180,2	285,7											
r	10	12	12	12	12	12	12	12	15	15	18	18	18	18	18
f	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6
m	28,6	39,8	48,4	86,2	120,4	175,6	245,4	351,6	436,4	538,9	700,4	837,1	990,6	1187	1450
Przyłączenie															
D _o	515	620	725	950	1160	1380	1590	1820	2020	2230	2440	2650	2850	3070	3290
d _o	26	26	30	33	36	39	42	48	48	48	56	56	56	56	62
i	16	20	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68
M _i	M24	M24	M27	M30	M33	M36	M39	M45	M45	M45	M52	M52	M52	M52	M56
Przykładowe oznaczenie przy D _n = 2000 mm, d _z = 2230 mm: kołnierz okrągły z szyjką r-0,63/2000/2230 - St44K - PN/H-74710/03															

*) wg PN/H-74710/03 (dla D_n<200 mm wymiary określa się jak dla kołnierzy na ciśnienie nominalne 1,6 MPa - pkt c)

c) ciśnienie nominalne 1,6 MPa; $D_n = (10 \div 125) \text{ mm}^*)$

Element przyłączeniowy (walcowy, rura, dno itp.) ¹⁾															
Średnica nominalna	D_n	10		15											
Średnica zewnętrzna	d_z	13,5	17,2	20,0	21,3										
Kołnierz															
Średnica zewnętrzna	D_k	90		95											
Grubość	h	14		14											
Średnica przyłgi	D_1	42		47											
Średnica szyjki	D_2	25	28	30	32										
Wysokość całkowita	H	35		35											
Dł. części walcowej	h_1	6		6											
Wskaźnik wytrz., cm^3	z przyłgą	10,3	10,1	10,3	10,4										
	z rowkiem	7,5	7,4	7,5	7,6										
Promień wyoblenia	r	4		4											
Wysokość przyłgi	f	2		2											
Masa, $\text{kg}^2)$	m	0,6	0,6	0,7	0,7										
s - wg grubości elementu przyłączeniowego (walcowego, rury, dna itp.); $s \geq g_n$															
Powierzchnia uszczelniająca przyłgi: z - zgrubna; g - gładka; w/r - występ/rowek; y/p - wypust/wpust		Przyłączenie													
		Średnica podziałowa	D_o	60	65										
		Średnica otworów	d_o	14	14										
1) wymiary liniowe podano w mm 2) orientacyjna dla kołnierza z przyłgą		Liczba otworów	i	4	4										
		Rozmiar śruby	M_i	M12	M12										
Element przyłączeniowy (walcowy, rura, dno itp.)															
D_n	20	25	32	40	50	65	80	100	125						
d_z	25	26,9	30	33,7	38	42,4	44,5	48,3	57	60,3	76,1	88,9	108	114,3	133
Kołnierz															
D_k	105		115		140		150		165		185	200	220		250
h	16		16		16		16		18		18	20	20		22
D_1	58		68		78		88		102		122	133	158		184
D_2	38	40	42	45	52	56	60	64	72	75	92	110	125	130	150
H	38		38		40		42		45		45	50	52		55
h_1	6		6		6		7		8		10	10	12		12
W_{\min}	15,5	15,6	16,8	16,3	20,8	20,3	20,2	20,2	27,5	27,1	28,2	38,5	40,4	43,7	51,0
	11,8	11,9	12,8	12,5	15,5	15,4	17,2	17,3	23,7	23,5	27,6	36,2	40,0	39,6	48,8
r	4		4		5		5		5		6	6	6		6
f	2		2		2		3		3		3	3	3		3
m	0,9	0,9	1,1	1,1	1,6	1,6	1,8	1,8	2,5	2,5	3,0	3,9	4,5	4,4	6,2
Przyłączenie															
D_o	75		85		100		110		125		145	160	180		210
d_o	14		14		18		18		18		18	18	18		18
i	4		4		4		4		4		4	8	8		8
M_i	M12		M12		M16		M16		M16		M16	M16	M16		M16
Przykładowe oznaczenie przy $D_n = 50 \text{ mm}$, $d_z = 57 \text{ mm}$: kołnierz okrągły z szyjką w-1,6/50/5 - 1H18N9T - PN/H-74710/04															

*) wg PN/H-74710/04

d) ciśnienie nominalne 1,6 MPa; $D_n = (150 \div 2000) \text{ mm}^*)$

Element przyłączeniowy (walcowy, rura, dno itp.) ¹⁾		Średnica nominalna	D_n	150	200	250										
		Średnica zewnętrzna	d_z	159	168,3	219,1	273									
Kołnierz																
Średnica zewnętrzna	D_k	285	340	405												
Grubość	h	22	24	26												
Średnica przyłgi	D_1	212	268	320												
Średnica szyjki	D_2	175	184	235	288											
Wysokość całkowita	H	55	62	70												
Dł. części walcowej	h_1	12	16	16												
Wskaźnik wytrż., cm^3	z przyłgą	54,7	51,8	69,7	105,5											
	z rowkiem	51,4	48,8	66,6	97,3											
Promień wyoblenia	r	8	8	10												
Wysokość przyłgi	f	3	3	3												
Masa, $\text{kg}^2)$	m	7,6	7,3	10,8	16,2											
Przyłączenie																
Średnica podziałowa	D_o	240	295	355												
Średnica otworów	d_o	22	22	26												
Liczba otworów	i	8	12	12												
Rozmiar śruby	M_i	M20	M20	M24												
Element przyłączeniowy (walcowy, rura, dno itp.)																
D_n	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	
d_z	323,9	355,6	406,4	457	508	610	711	813	914	1016	1220	1420	1620	1820	2020	
Kołnierz																
D_k	460	520	580	640	715	840	910	1025	1125	1256	1485	1685	1930	2130	2345	
h	28	30	32	34	34	36	36	38	40	42	48	52	58	62	66	
D_1	370	430	482	532	585	685	800	905	1005	1110	1330	1530	1750	1950	2150	
D_2	342	390	444	490	546	650	750	848	948	1056	1260	1465	1668	1870	2072	
H	78	82	85	87	90	95	100	105	110	120	130	145	160	170	180	
h_1	16	16	16	16	16	18	18	20	20	22	30	30	35	35	40	
W_{\min}	127,5	193,8	246,2	276,6	313,6	363,6	399,7	449,3	519,5	641,3	954,9	1157	1879	2269	2843	
	126,1	188,7	241,6	271,3	307,5	359,8	391,9	435,3								
r	10	10	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	15	15	
f	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
m	21,1	30,8	39,6	45,6	60,1	83,4	86,8	108,6	129,6	168,8	255,5	324,9	488,1	603,7	749,1	
Przyłączenie																
D_o	410	470	525	585	650	770	840	950	1050	1170	1390	1590	1820	2020	2230	
d_o	26	26	30	30	33	36	36	39	39	42	48	48	56	56	62	
i	12	16	16	20	20	20	24	24	28	28	32	36	40	44	48	
M_i	M24	M24	M27	M27	M30	M33	M33	M36	M36	M39	M45	M45	M52	M52	M56	
Przykładowe oznaczenie przy $D_n = 1200 \text{ mm}$, $d_z = 1220 \text{ mm}$: kołnierz okrągły z szyjką r-1,6/1200/1220 - St44K - PN/H-74710/04																

*) wg PN/H-74710/04

e) ciśnienie nominalne 2,5 MPa; $D_n = (10 \div 100) \text{ mm}^*)$

Element przyłączeniowy (walcowy, rura, dno itp.) ¹⁾																
Średnica nominalna	D_n	10		15												
Średnica zewnętrzna	d_z	13,5	17,2	20,0	21,3											
Kołnierz																
Średnica zewnętrzna	D_k	90		95												
Grubość	h	16		16												
Średnica przyłgi	D_1	42		47												
Średnica szyjki	D_2	25	28	30	32											
Wysokość całkowita	H	35		38												
Dł. części walcowej	h_1	6		6												
Wskaźnik wytrż., cm^3	z przyłgą	13,8	13,4	14,1	13,7											
	z rowkiem	10,3	10,1	10,3	10,2											
Promień wyoblenia	r	4		4												
Wysokość przyłgi	f	2		2												
Masa, $\text{kg}^2)$	m	0,7	0,7	0,8	0,8											
s - wg grubości elementu przyłączeniowego (walcowego, rury, dna itp.); $s \geq g_n$																
Powierzchnia uszczelniająca przyłgi: z - zgrubna; g - gładka; w/r - występ/rowek; y/p - wypust/wpust																
Przyłączenie																
Średnica podziałowa	D_o	60		65												
Średnica otworów	d_o	14		14												
Liczba otworów	i	4		4												
Rozmiar śruby	M_i	M12		M12												
1) wymiary liniowe podano w mm 2) orientacyjna dla kołnierza z przyłgą																
Element przyłączeniowy (walcowy, rura, dno itp.)																
D_n	20		25		32		40		50		65		80		100	
d_z	25	26,9	30	33,7	38	42,4	44,5	48,3	57	60,3	76,1	88,9	108	114,3		
Kołnierz																
D_k	105		115		140		150		165		185		200		235	
h	18		18		18		18		20		22		24		24	
D_1	58		68		78		88		102		122		133		158	
D_2	38	40	42	46	52	56	60	64	72	74	92	110	128	134		
H	40		40		42		45		48		52		58		65	
h_1	6		6		6		7		8		10		12		12	
W_{\min}	20,1	19,9	21,7	21,5	26,8	26,1	26,1	25,9	34,3	33,8	44,6	57,1	75,1	75,5		
	15,8	15,9	17,2	17,1	20,4	20,1	22,3	22,4	29,9	29,6	39,7	51,3	66,7	65,9		
r	4		4		5		5		5		6		6		6	
f	2		2		2		3		3		3		3		3	
m	1,1	1,1	1,3	1,3	1,9	1,8	2,1	2,1	2,8	2,8	3,7	4,7	6,6	6,5		
Przyłączenie																
D_o	75		85		100		110		125		145		160		190	
d_o	14		14		18		18		18		18		18		22	
i	4		4		4		4		4		4		8		8	
M_i	M12		M12		M16		M16		M16		M16		M16		M20	
Przykładowe oznaczenie przy $D_n = 100 \text{ mm}$, $d_z = 108 \text{ mm}$: kołnierz okrągły z szyjką y-2,5/100/108 - 1H18N9T - PN/H-74710/05																

*) wg PN/H-74710/05

f) ciśnienie nominalne 2,5 MPa; $D_n = (125 \div 1000) \text{ mm}^*)$

Element przyłączeniowy (walcowy, rura, dno itp.) ¹⁾		Średnica nominalna	D_n		125		150								
		Średnica zewnętrzna	d_z	133	139,7	159	168,3								
		Kołnierz													
		Średnica zewnętrzna	D_k	270		300									
		Grubość	h	26		28									
		Średnica przyłgi	D_1	184		212									
		Średnica szyjki	D_2	155	162	182	190								
		Wysokość całkowita	H	68		75									
		Dł. części walcowej	h_1	12		12									
		Wskaźnik wytrż., cm^3	z przyłgą	W_{\min}	96,9	94,8	125,6	120,6							
			z rowkiem	W_{\min}	90,9	89,9	119,5	118,9							
		Promień wyoblenia	r	6		8									
Wysokość przyłgi	f	3		3											
Masa, $\text{kg}^2)$	m	8,9	8,7	11,8	11,4										
s - wg grubości elementu przyłączeniowego (walcowego, rury, dna itp.); $s \geq g_n$		Przyłączenie													
Powierzchnia uszczelniająca przyłgi: z - zgrubna; g - gładka; w/r - występ/rowek; y/p - wypust/wpust		Średnica podziałowa	D_o	220		250									
		Średnica otworów	d_o	26		26									
1) wymiary liniowe podano w mm 2) orientacyjna dla kołnierza z przyłgą		Liczba otworów	i	8		8									
		Rozmiar śruby	M_i	M24		M24									
Element przyłączeniowy (walcowy, rura, dno itp.)															
D_n	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	
d_z	193,7	219,1	244,5	273	323,9	355,6	406,4	457	508	610	711	813	914	1016	
Kołnierz															
D_k	330	360	395	425	485	555	620	670	730	845	960	1085	1185	1320	
h	28	30	30	32	34	38	40	42	44	46	46	50	54	58	
D_1	242	278	305	335	390	450	505	555	615	720	820	930	1030	1140	
D_2	218	244	265	296	350	398	452	500	558	660	760	846	968	1070	
H	75	80	80	88	92	100	110	115	125	125	125	135	145	155	
h_1	15	16	16	18	18	20	20	20	20	20	20	22	24	24	
W_{\min}	121,1	147,5	157,5	188,2	227,1	357,5	449,5	559,6	634,4	779,9	829,5	1008	1318	1609	
	118,4	132,5	152,2	178,5	218,9	349,5	435,4	525,3	607,3	754,9	808,2	998,3			
r	8	8	8	10	10	10	10	10	12	12	12	12	12	12	
f	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	
m	12,9	16,5	18,8	23,3	30,4	47,6	61,1	71,4	88,1	118,2	135,2	185,8	235,3	302,4	
Przyłączenie															
D_o	280	310	340	370	430	490	550	600	660	770	875	990	1090	1210	
d_o	26	26	30	30	30	33	36	36	36	39	42	48	48	56	
i	12	12	12	12	16	16	16	20	20	20	24	24	28	28	
M_i	M24	M24	M27	M27	M27	M30	M33	M33	M33	M36	M39	M45	M45	M52	
Przykładowe oznaczenie przy $D_n = 800 \text{ mm}$, $d_z = 813 \text{ mm}$: kołnierz okrągły z szyjką p-2,5/800/813 - St44K - PN/H-74710/05															

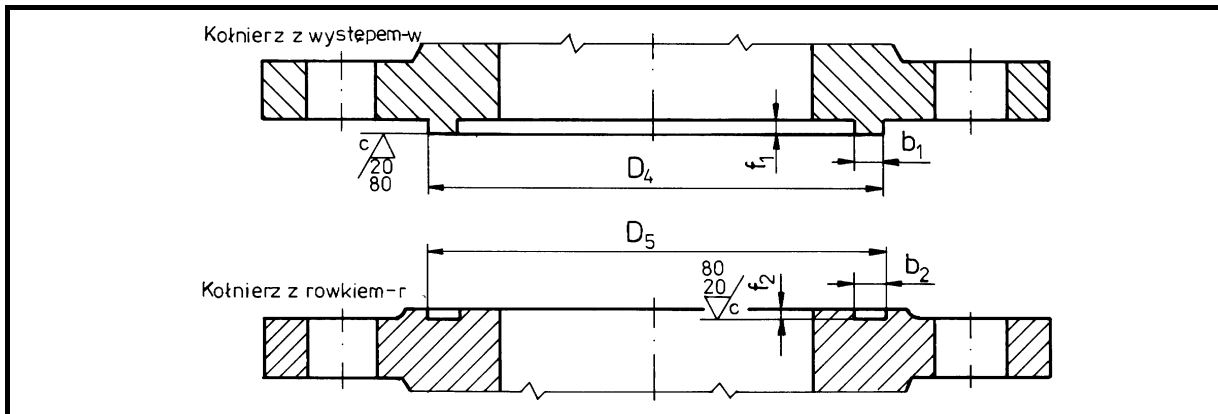
*) wg PN/H-74710/05

Powierzchnie uszczelniające kolnierzy^{*)}a) przyłga¹⁾

Średnica nominalna, D_n	Ciśnienie nominalne, MPa ²⁾										f
	0,1÷0,25	0,63	1,0	1,6	2,5	4,0	6,3	10	16	25	
	D_1										
10	35	35	42	42	42	42	42	42	42	42	2
15	40	40	47	47	47	47	47	47	47	47	2
25	60	60	58	58	58	58	58	58	58	58	2
32	70	70	78	78	78	78	78	78	78	78	2
40	80	80	88	88	88	88	88	88	88	88	3
50	90	90	102	102	102	102	102	102	102	102	3
65	110	110	122	122	122	122	122	122	122	122	3
80	128	128	133	133	133	133	133	133	133	133	3
100	148	148	158	158	158	158	158	158	158	158	3
150	202	202	212	212	212	212	212	212	212	212	3
200	258	258	268	268	278	285	285	285	285	285	3
250	315	312	320	320	335	345	345	345	345	345	3
300	365	265	370	370	390	410	410	410	410	410	4
350	415	415	430	430	450	465	465	465			4
400	465	465	482	482	505	535	535	535			4
450	520	520	532	532	555	560	560	560			4
500	570	570	585	585	615	615	615	615			4
600	670	670	685	685	720	735	735	735			5
700	775	775	800	800	820	840	840	840			5
800	880	880	905	905	930	960	960				5
1000	1080	1080	1110	1110	1140	1180	1180				5
1200	1280	1295	1330	1330	1350	1380	1380				5
1400	1480	1510	1530	1530	1560	1600					5
1600	1690	1710	1750	1750	1780	1815					5
1800	1890	1920	1950	1950	1985						5
2000	2090	2125	2150	2150	2210						5
2200	2295	2335	2370	2370							6
2400	2495	2545	2570	2570							6
2600	2695	2750	2780	2780							6
2800	2910	2960	3000								6
3000	3110	3160	3210								6
3200	3310	3370									6
3400	3510	3580									6
3600	3720	3790									6
4000	4120										6

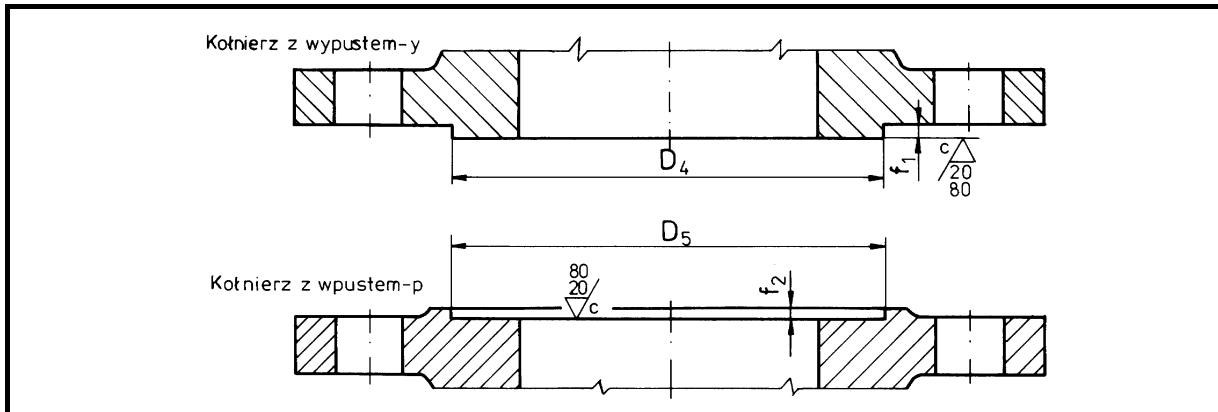
1) dopuszczalna odchyłka wykonania przyłgi +2/-1 mm;
 2) stosowanie przyłgi zgrubej (z) ogranicza się do ciśnienia nominalnego (0,1÷4,0) MPa

*) wg PN/H-74307 (wymiary w mm)

b) występ/rowek¹⁾

Średnica nominalna, D_n	Ciśnienie nominalne, MPa											
	0,1 ÷ 0,63						1,0 ÷ 10,0					
	występ (w)			rowek (r)			występ (w)			rowek (r)		
	D_4	b_1	f_1	D_5	b_2	f_2	D_4	b_1	f_1	D_5	b_2	f_2
10	30	5	4	31	6	3	34	5	4	35	6	3
15	35	5	4	36	6	3	39	5	4	40	6	3
20	46	7	4	47	8	3	50	7	4	51	8	3
25	53	7	4	54	8	3	57	7	4	58	8	3
32	63	7	4	64	8	3	65	7	4	66	8	3
40	70	7	4	71	8	3	75	7	4	76	8	3
50	83	7	4	84	8	3	87	7	4	88	8	3
65	103	7	4	104	8	3	109	7	4	110	8	3
80	117	7	4	118	8	3	120	7	4	121	8	3
100	143	10	4,5	144	11	3,5	149	10	4,5	150	11	3,5
125	169	10	4,5	170	11	3,5	175	10	4,5	176	11	3,5
150	196	10	4,5	197	11	3,5	203	10	4,5	204	11	3,5
175	226	10	4,5	227	11	3,5	233	10	4,5	234	11	3,5
200	251	10	4,5	252	11	3,5	259	10	4,5	260	11	3,5
225	276	10	4,5	277	11	3,5	286	10	4,5	287	11	3,5
250	306	10	4,5	307	11	3,5	312	10	4,5	313	11	3,5
300	356	10	4,5	357	11	3,5	363	10	4,5	364	11	3,5
350	407	13	5	408	14	4	421	13	5	422	14	4
400	457	13	5	458	14	4	473	13	5	474	14	4
450	507	13	5	508	14	4	523	13	5	524	14	4
500	557	13	5	558	14	4	575	13	5	576	14	4
600	657	13	5	658	14	4	675	13	5	676	14	4
700	762	13	5	763	14	4	777	13	5	778	14	4
800	867	13	5	868	14	4	882	13	5	883	14	4
900	967	13	5	968	14	4	987	13	5	988	14	4
1000	1067	15	6	1069	17	5	1092	15	6	1094	17	5
1200	1267	15	6	1269	17	5	1292	15	6	1294	17	5
1400	1467	15	6	1469	17	5	1492	15	6	1494	17	5
1600	1672	15	6	1674	17	5	1692	15	6	1694	17	5
1800	1872	15	6	1874	17	5	1892	15	6	1894	17	5
2000	2072	15	6	2074	17	5	2092	15	6	2094	17	5

1) dopuszczalna odchyłka wykonania: $(D_4, b_1, f_2)_{-0,5}$; $(D_5, b_2, f_1)^{+0,5}$

c) wypust/wpust¹⁾

Średnica nominalna, D_n	Ciśnienie nominalne, MPa							
	0,1 ÷ 0,63				1,0 ÷ 16,0			
	wypust (y)		wpust (p)		wypust (y)		wpust (p)	
	D_4	f_1	D_5	f_2	D_4	f_1	D_5	f_2
10	30	4	31	3	34	4	35	3
15	35	4	36	3	39	4	40	3
20	46	4	47	3	50	4	51	3
25	53	4	54	3	57	4	58	3
32	63	4	64	3	65	4	66	3
40	70	4	71	3	75	4	76	3
50	83	4	84	3	87	4	88	3
65	103	4	104	3	109	4	110	3
80	117	4	118	3	120	4	121	3
100	143	4,5	144	3,5	149	4,5	150	3,5
125	169	4,5	170	3,5	175	4,5	176	3,5
150	196	4,5	197	3,5	203	4,5	204	3,5
175	226	4,5	227	3,5	233	4,5	234	3,5
200	251	4,5	252	3,5	259	4,5	260	3,5
225	276	4,5	277	3,5	286	4,5	287	3,5
250	306	4,5	307	3,5	312	4,5	313	3,5
300	356	4,5	357	3,5	363	4,5	364	3,5
350	407	5	408	4	421	5	422	4
400	457	5	458	4	473	5	474	4
450	507	5	508	4	523	5	524	4
500	557	5	558	4	575	5	576	4
600	657	5	658	4	675	5	676	4
700	762	5	763	4	777	5	778	4
800	867	5	868	4	882	5	883	4
900	967	5	968	4	987	5	988	4
1000	1067	6	1069	5	1092	6	1094	5
1200	1267	6	1269	5	1292	6	1294	5
1400	1467	6	1469	5	1492	6	1494	5
1600	1672	6	1674	5	1692	6	1694	5
1800	1872	6	1874	5	1892	6	1894	5
2000	2072	6	2074	5	2092	6	2094	5

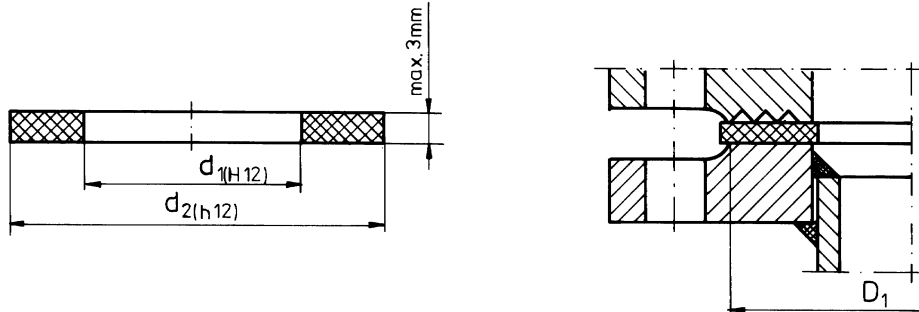
1) dopuszczalna odchyłka wykonania: $(D_4, f_2)_{-0,5}; (D_5, f_1)^{+0,5}$

Materiały stosowane do wyrobu uszczelnień

Materiał uszczelniający		Przykłady zastosowania ¹⁾		
Rodzaj	Oznaczenie konstr.	Czynnik	Temperatura, °C	Ciśnienie robocze, MPa
Masa kauczukowo-grafitowa	KG	para wodna	550	5,0
Masa kauczukowo-grafitowa umocniona tekturą, włókniną itp.	KGN	kwasy żrące i ich pary	250	5,0
		dwutlenek siarki, chlorowcopochodne	150	2,0
		amoniak (NH ₃)	150	2,5
		solanka chłodnicza	-15 ÷ 50	0,2
Płyta grafitowa prasowana (gładka, karbowana itp.)	PG	gazy gorące	750	0,15
		para wodna	150	0,6
Płyta grafitowa prasowana wzmocniona folią aluminiową	PGN	woda	250	10,0
		para wodna	250	3,5
		para wodna	425	1,6
		gazy gorące	700	5,0
Guma z kauczuku naturalnego	GN	woda spirytus powietrze	30	0,3
Guma z kauczuku syntetycznego	GS	woda, spirytus, benzyna, oleje, powietrze zaoliwione	50	0,3
		solanka chłodnicza	-15 ÷ 5	0,2
Guma z kauczuku	GSP	woda, spirytus, benzyna, oleje, zaoliwione pow.	90	10,0
		solanka chłodnicza	-15 ÷ 5	0,2
Tekstura techniczna impregnowana grafitem	TIG	woda, oleje lekkie	100	1,0
		solanka chłodnicza	-15 ÷ 5	0,2
Fibra	F	woda, oleje, tlen	40	5,0
		dwutlenek węgla	100	15,0
		amoniak (NH ₃)	150	2,5
		dwutlenek siarki, chlorowcopochodne	150	1,2
Skóra	Sk	woda, oleje	60	5,0
Korek prasowany	Ko	benzyna, oleje, alkohol	40	0,3
Filc techniczny (prasowany)	Fi	benzyna i oleje	40	0,3
Teflon (tarflen)	T	dowolny	250	5,0

1) temperatura i ciśnienie jako dopuszczalne parametry eksploatacyjne dla atmosfery utleniającej

Uszczelki płaskie

a) do kołnierzy z przylgą zgrubną^{*)}

Średnica, mm		Ciśnienie nominalne, MPa						Średnica, mm		Ciśnienie nominalne, MPa					
nomi- nalna, D _{nom}	wewn. uszcz., d ₁	0,25	0,63	1,0	1,6	2,5	4,0	nomi- nalna, D _{nom}	wewn. uszcz., d ₁	0,25	0,63	1,0	1,6	2,5	4,0
		Średnica zewnętrzna d ₂ , mm								Średnica zewnętrzna d ₂ , mm					
15	22		44				51	600	610		679	695	734	731	747
20	27		54				61	700	712		784	810	824	833	852
25	34		64				71	800	813		890	917	911	942	974
32	43		76				82	900	915		990	1017	1011	1042	1084
40	49		86				92	1000	1016		1090	1124	1128	1154	1194
50	61		96				107	1200	1220	1290	1307	1341	1342	1364	1398
65	77		116				127	1400	1420	1490	1524	1548	1542	1578	1618
80	89		132				142	1600	1620	1700	1724	1772	1762	1798	1830
100	115		152		162		168	1800	1820	1900	1934	1972	1964	2000	
125	141		182		192		194	2000	2020	2100	2138	2182	2168	2235	
150	169		207		218		224	2200	2220	2307	2348	2384	2378		
175	190		237		248	254	265	2400	2420	2507	2558	2594	2588		
200	220		262		273	284	290	2600	2620	2707	2762	2794	2788		
225	240		287		302	310	322	2800	2820	2924	2972	3014			
250	273		317	328	329	340	352	3000	3020	3124	3172	3228			
300	324		373	378	386	400	417	3200	3220	3324	3382				
350	356		423	438	444	457	474	3400	3420	3524	3592				
400	407		473	489	495	514	546	3600	3620	3734	3804				
450	458		528	539	555	564	570	3800	3820	3930					
500	508		578	594	617	624	628	4000	4020	4131					

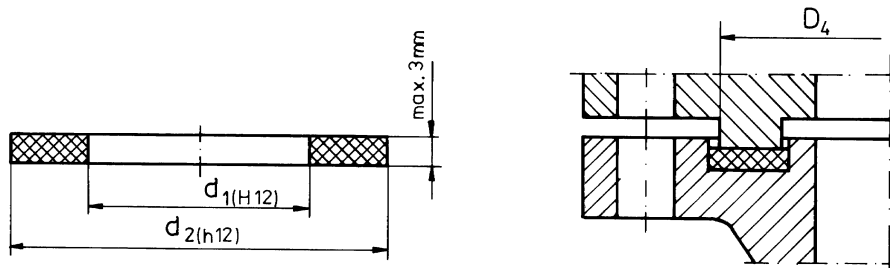
Uwaga:

wymiary nieoznaczone ustala się wg typoszeregu uszczelnienia dla sąsiedniego wyższego ciśnienia

Przykładowe oznaczenie uszczelki o średnicy D_n=2200 mm, grubości 2,5 mm, wykonanej z tektury technicznej pokostowanej (TP) na ciśnienie 0,63 MPa:

uszczelka płaska 0,63/2200/2,5 - TP - PN/H-74374.02

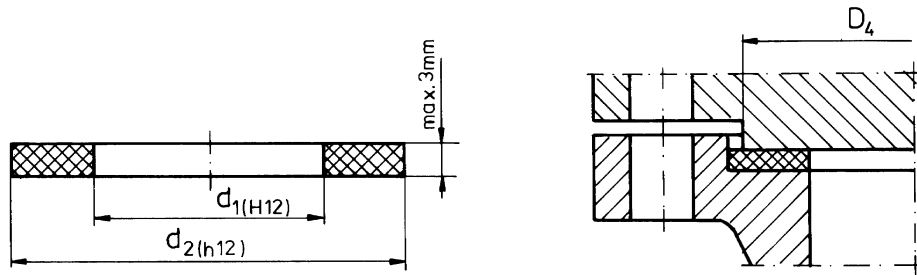
*) wg PN/H-74374.02

b) do kołnierzy z występami i rowkami^{*)}

Średnica nominalna, mm	Ciśnienie nominalne, MPa			
	0,1; 0,25; 0,63		1,0 ÷ 10,0	
	Średnica uszczelki, mm			
D _{nom}	wewnętrzna, d ₁	zewnętrzna, d ₂	wewnętrzna, d ₁	zewnętrzna, d ₂
10	20	30	24	34
15	25	35	29	39
20	32	46	36	50
25	39	53	43	57
32	49	63	51	65
40	56	70	61	75
50	69	83	73	87
65	86	103	95	109
80	103	117	106	120
100	123	143	129	149
125	149	169	155	175
150	176	196	183	203
175	206	226	213	233
200	231	251	239	259
225	256	276	266	286
250	286	306	292	312
300	336	356	343	363
350	381	407	395	421
400	431	457	447	473
450	481	507	497	523
500	531	557	549	575
600	631	657	649	675
700	736	762	751	777
800	841	867	856	882
900	941	967	961	987
1000	1037	1067	1062	1092
1200	1237	1267	1262	1292

Przykładowe oznaczenie uszczelki o średnicy D_n=600 mm, grubości 2 mm, wykonanej z fibry (F) na ciśnienie 1,6 MPa:
uszczelka płaska 1,6/600/2- F - PN/H-74374.03

*) wg PN/H-74374.03

c) do kołnierzy z wypustami i wpustami^{*)}

Średnica, mm		Ciśnienie nominalne, MPa	
nominalna, D_{nom}	wewnętrzna uszczelki, d_1	0,1; 0,25; 0,6	1,0 ÷ 16,0
		Średnica zewnętrzna uszczelki, d_2	
10	18	30	34
15	22	35	39
20	27	46	50
25	34	53	57
32	43	63	65
40	49	70	75
50	61	83	87
65	77	103	109
80	89	117	120
100	115	143	149
125	141	169	175
150	169	196	203
175	190	226	233
200	220	251	259
225	240	276	286
250	273	306	312
300	324	356	363
350	356	407	421
400	407	457	473
450	458	507	523
500	508	557	575
600	610	657	675
700	712	762	777
800	813	867	882
900	915	967	987
1000	1016	1067	1092
1200	1220	1267	1292

Przykładowe oznaczenie uszczelki o średnicy $D_n=800$ mm, grubości 2 mm, wykonanej z masy kauczukowo-grafitowej (KG) na ciśnienie 2,5 MPa:
uszczelka płaska 2,5/800/2 - KG - PN/H-74374.04

*) wg PN/H-74374.04

Zamocowanie rurek w płycie sitowej^{*)}

a) za pomocą spawania

Ozn.	Charakterystyka	Ozn.	Charakterystyka
S1		S2	
S3		S4	
S5 ¹⁾		S6 ¹⁾	
1) tylko do mocowania rurek cienkościennych o średnicy d _z =20, 25, 38, 57 mm			
Przykładowe oznaczenie: zamocowanie rurek sposobem S3 - BN/2251-03			

*) wg BN/2251-03 (wymagania oraz wymiary połączenia wg BN/2251-01)

b) za pomocą rozwalcowania¹⁾

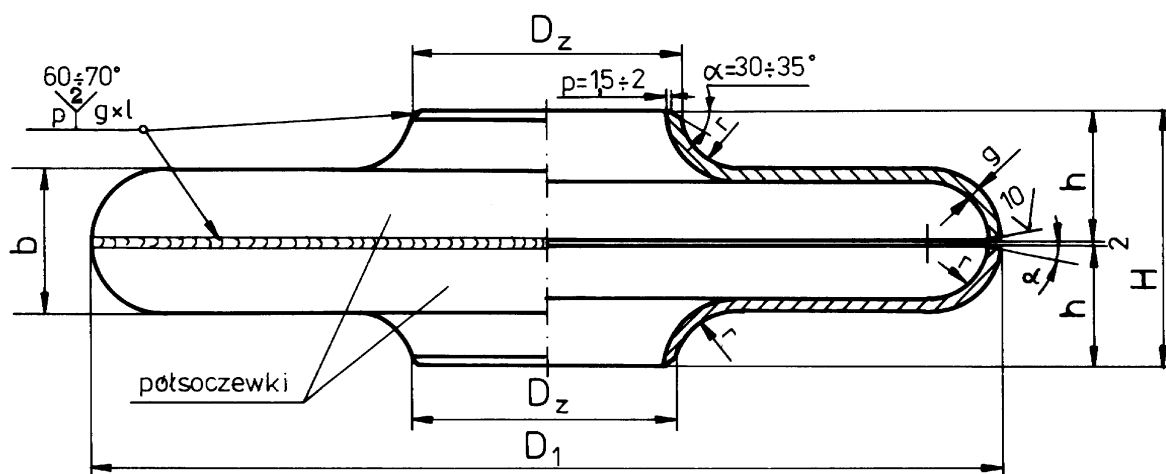
Ozn.	Charakterystyka	Ozn.	Charakterystyka
R1		R2	
R3		R4	
R5		R6	

1) przy ciśnieniu działającym na płytę poniżej 8 MPa oraz przy temp. do 400°C;
sposoby R3÷R6 tylko do mocowania rurek o średnicy $d_z=20, 25, 38, 57$ mm

Przykładowe oznaczenie:

zamocowanie rurek sposobem R1 - BN/2251-03

Kompensatory soczewkowe



a) średnica przyłączeniowa $D_z = (76 \div 720) \text{ mm}^*)$

Średnica		Pro- mień wyobl.	Szerokość			Grubość ścianki g_n , mm					Średnica krążka blachy				
przyłą- czeniowa	kompens- atora		całkowita	pół- soczewki	fali	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	d_z	d_w			
D_z	D_1	r	H	h	b	Masa					d_z	d_w			
mm						kg					mm				
76	300	20	87	42,5	47	3,25					328	45			
89	310	20	88	43	48		4,18				340	57			
108	350	20	88	43	48		4,60				360	74			
133	360	20	82+2g	40+g	42+2g		5,28	7,0			390	98			
159	400	25	102+2g	50+g	52+2g		6,5	8,7			436	120 118			
194	420	25					6,82	9,1			456	155 153			
219	450	25					7,62	10,2	12,74		488	180 177			
273	500	25					8,72	11,7			538	231 229			
324	580	25					11,18	14,98			618	282 280			
356	650	30								17,84	22,36		675	307 305	
406	680	30	122+2g	60+g	62+2g			19,54			725	357 355			
508	780	30						23,24	24,6			825	458 455		
521	780	30						22,70		29,2	35,04		825	469 466	
620	880	30								26,3		34,3		925	568 564
720	1000	30								31,86		39,76		1045	668 664
												48,18			

*) wg ZN-66/003 - Śląskie Zakłady Przemysłowe, Tarnowskie Góry

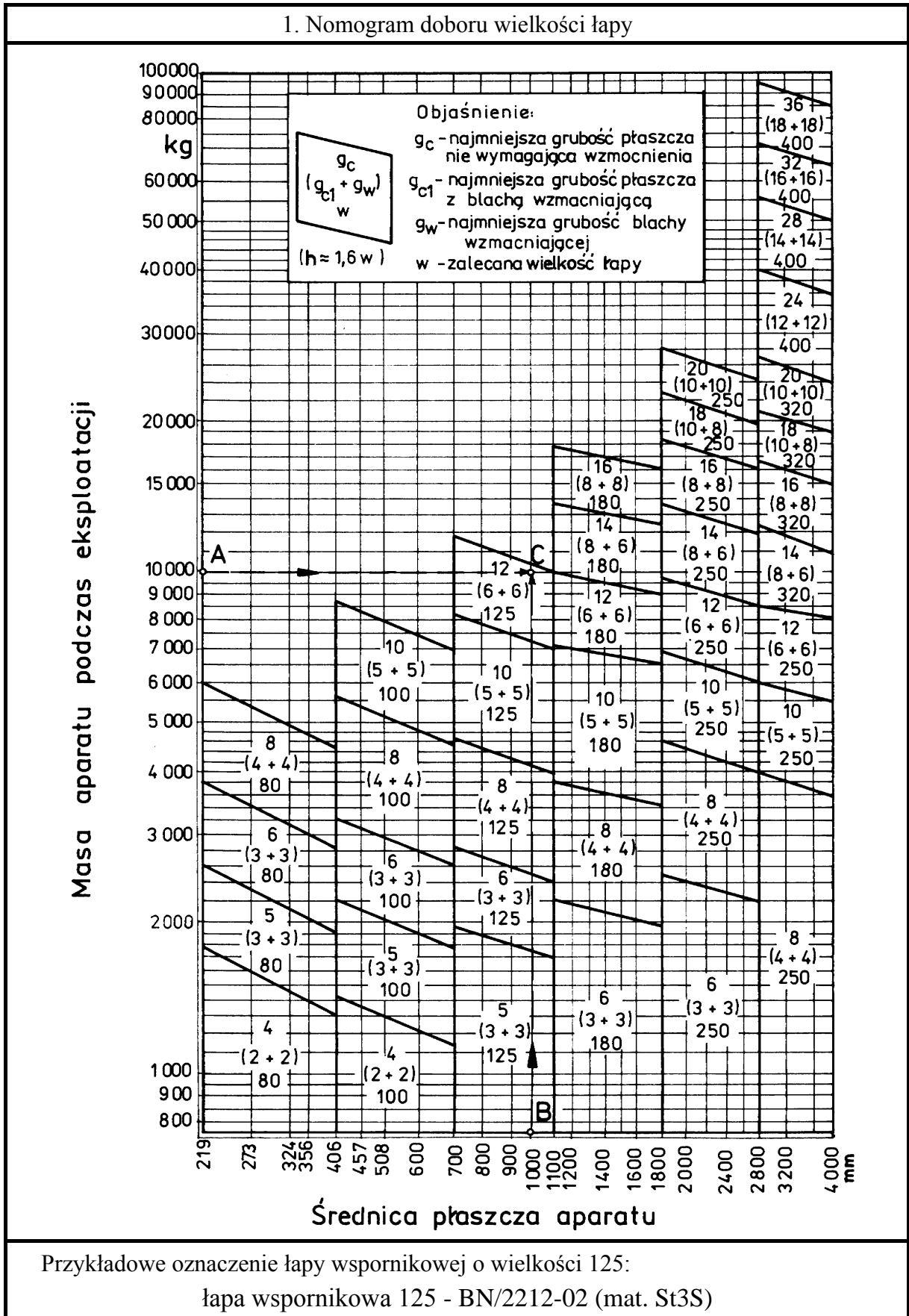
Przykładowe oznaczenie kompensatora soczewkowego o średnicy przyłączeniowej $D_z=508 \text{ mm}$ i średnicy soczewki $D_1=780 \text{ mm}$, przy grubości ścianki $g=4 \text{ mm}$:
kompensator soczewkowy 508/780×4 - wg ZN-66/003 (mat. St3S)

b) średnica przyłączeniowa $D_w = (600 \div 2000)$ mm *)

Wymiary						Wielkości charakterystyczne ¹⁾										
D_w	g_n	D_1	b	H	r	Temperatura, °C									Jedn. reakcja rozprężania $P_k^i \cdot 10^4$	Masa
						100	200	300	100	200	300	100	200	300		
						Ciśnienie dop., $p_t \cdot 10^{-5}$			Odkształcenie, $\pm \Delta h_t$ ²⁾			Jedn. siła reakcji, $P_k \cdot 10^{-4}$				
mm						Pa			mm			N/m			N/Pa	kg
600	3	900	70	150	32	0,85	0,70	0,55	3,1	2,8	2,2	170	162	155	1123	24,0
	4				31	1,9	1,6	1,2	3,0	2,6	2,1	403	384	367		32,0
	5				30	3,4	3,0	2,2	2,7	2,4	1,9	790	753	718		40,0
	6				29	5,3	4,5	3,4	2,4	2,2	1,7	1363	1298	1238		48,0
700	3	1000	80	170	37	0,95	0,80	0,60	3,1	2,8	2,2	191	181	173	1258	26,0
	4				36	2,1	1,8	1,3	2,9	2,6	2,1	451	430	410		34,5
	5				35	3,8	3,2	2,4	2,7	2,4	1,9	884	840	802		43,5
	6				34	5,9	5,0	3,7	2,4	2,2	1,7	1522	1450	1382		52,0
800	3	1100	80	170	37	0,95	0,80	0,60	3,1	2,8	2,2	209	198	189	1417	28,0
	4				36	2,1	1,8	1,3	3,0	2,7	2,1	494	471	448		37,5
	5				35	3,8	3,2	2,4	2,7	2,4	1,9	966	920	877		46,5
	6				34	5,9	5,0	3,7	2,5	2,2	1,7	1666	1588	1514		56,0
900	3	1200	90	190	37	0,95	0,80	0,60	3,0	2,7	2,1	224	213	203	1570	32,0
	4				36	2,1	1,8	1,3	2,9	2,6	2,0	530	505	481		43,0
	5				35	3,8	3,2	2,4	2,6	2,3	1,8	1035	987	940		53,5
	6				34	5,9	5,0	3,7	2,4	2,1	1,6	1788	1704	1624		64,0
1000	3	1350	90	190	42	0,70	0,60	0,45	4,1	3,7	2,9	166	158	151	2015	38,0
	4				41	1,6	1,3	1,0	3,9	3,5	2,8	394	375	358		50,5
	5				40	2,8	2,4	1,8	3,6	3,2	2,5	770	734	700		63,0
	6				39	4,3	3,7	2,8	3,2	2,9	2,3	1330	1267	1208		75,5
1200	3	1550	90	190	42	0,70	0,60	0,45	3,9	3,4	2,7	204	195	186	2400	44,5
	4				41	1,6	1,3	1,0	3,7	3,3	2,6	484	461	440		59,5
	5				40	2,8	2,4	1,8	3,3	3,0	2,3	946	902	860		74,0
	6				39	4,3	3,7	2,8	3,0	2,7	2,1	1633	1555	1484		89,0
1400	3	1750	100	210	42	0,70	0,60	0,45	3,8	3,4	2,7	231	220	210	2780	49,5
	4				41	1,6	1,3	1,0	3,6	3,2	2,6	548	522	498		66,0
	5				40	2,8	2,4	1,8	3,3	2,9	2,3	1070	1023	973		83,0
	6				39	4,3	3,7	2,8	3,0	2,7	2,1	1850	1760	1680		100
1600	3	2000	100	210	47	0,50	0,40	0,30	5,0	4,5	3,5	177	169	161	3630	61,0
	4				46	1,1	0,95	0,75	4,8	4,2	3,3	431	411	382		81,0
	5				45	2,3	1,7	1,3	4,3	3,8	3,0	831	782	746		101
	6				44	3,2	2,7	2,0	3,9	3,5	2,7	1420	1352	1290		122
1800	3	2200	110	230	47	0,50	0,40	0,30	5,0	4,5	3,5	195	185	177	4110	67,0
	4				46	1,1	0,95	0,75	4,8	4,2	3,3	461	439	419		89,0
	5				45	2,3	1,7	1,3	4,3	3,8	3,0	902	860	820		112
	6				44	3,2	2,7	2,0	3,9	3,5	2,7	1558	1483	1415		134
2000	3	2400	110	230	52	0,55	0,45	0,35	4,9	4,3	3,4	223	213	203	4400	87,0
	4				51	1,2	1,0	0,75	4,6	4,1	3,2	529	504	481		116
	5				50	2,1	1,8	1,4	4,2	3,7	2,9	1034	985	910		145
	6				49	3,4	2,8	2,1	3,8	3,4	2,7	1782	1700	1620		174
1) dla stali węglowych (np. St44K); 2) rozciąganie (+), ściskanie (-)											Wsp. przeliczeniowe dla stali stopowych (np. 1H18N9T)					
Przykładowe oznaczenie kompensatora o średnicy $D_w=1200$ mm, przy grubości ścianki $g=4$ mm:											g	3	4	5	6	
kompensator soczewkowy 1200×4 - BN/2252-02 (mat. St44K)											$p_t \cdot 10^{-5}$	2,0	1,6	1,4	1,3	
											Δh_t	2,3	1,8	1,6	1,5	
*) wg BN/2252-02											$P_k \cdot 10^{-4}$	1,025				

Zawieszenia i podparcia aparatów^{*)}

a) łąpy wspornikowe

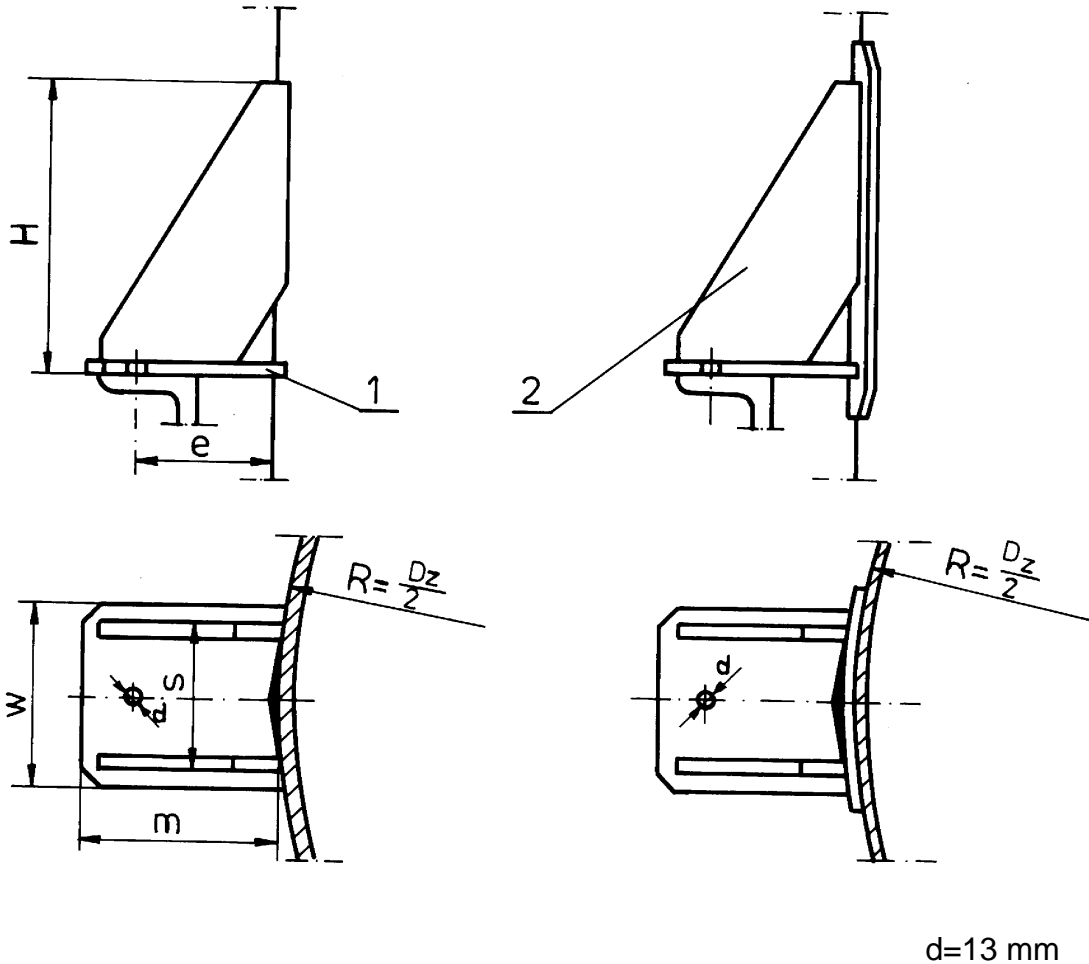


^{*)} wg BN/2212-02 (łąpy) i BN/2212-04 (podpory)

2. Sposoby mocowania

a) bezpośrednio do ścianki aparatu

b) za pośrednictwem blachy wzmacniającej



3. Charakterystyka konstrukcyjna

wielkość łapy	W	H	s	m	$e_{(max)}$	masa, kg (poz. 1, 2)	blacha wzmacniająca ¹⁾ (wielkość)
	mm						
80	80	126	65	82	60	0,8	80
100	100	158	85	102	80	1,6	100
125	125	200	105	128	100	3,2	125
180	180	284	150	182	150	9,1	180
250	250	395	210	250	200	26,0	250
320	320	504	270	327	260	50,0	320
400	400	626	340	407	330	84,0	400

Wyszczególnienie części

nr części (poz.)	nazwa	liczba sztuk	materiał
1	płyta podstawowa	1	St2S, St3SX itp. (wg PN/H-84020)
2	żebro	2	

1) wg BN/2212-03

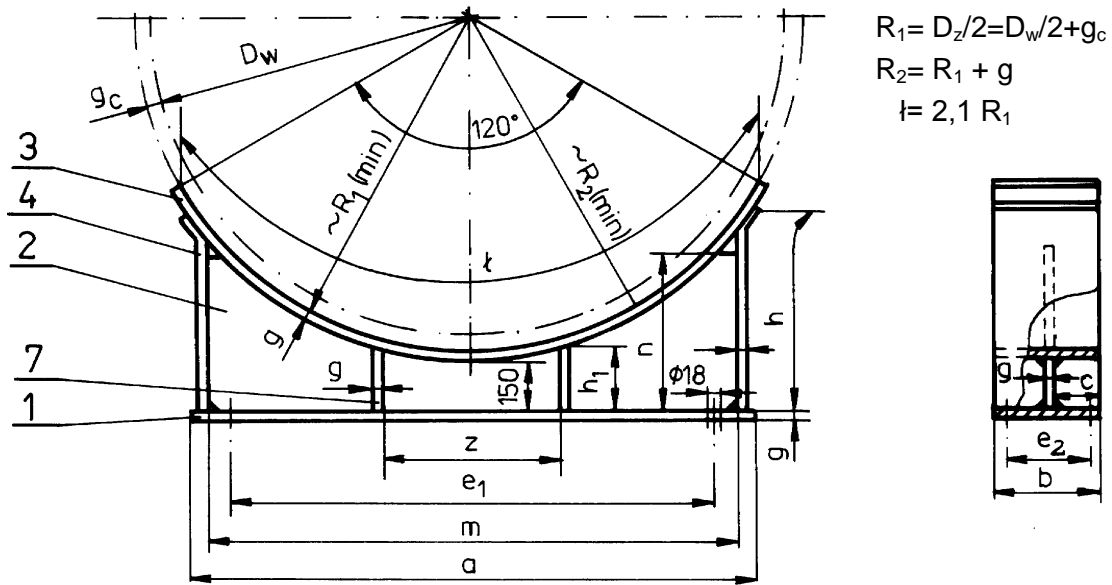
Wymiary szczegółowe													
Płyta podstawowa							Żebro						
wiel-kość	W	l	k	g	c	masa, kg	wiel-kość	z	p	h	g ₁	c ₁	masa, kg
	mm						mm						
80	80	85	78	6	8	0,3	80	50	75	120	6	11	0,3
100	100	105	97	8	10	0,6	100	65	95	150	8	14	0,5
125	125	130	124	10	12	1,2	125	80	120	190	10	19	1,0
180	180	185	177	14	18	3,5	180	110	170	270	14	25	2,8
250	250	255	245	20	25	10,0	250	160	240	375	20	39	8,0
320	320	330	318	24	32	19,2	320	200	300	480	24	42	15,4
400	400	410	400	26	40	32,8	400	250	380	600	26	50	25,6

b) podpory poziomych aparatów cylindrycznych

1. Odmiana A (aparaty o średnicy D _w = 600÷1200 mm)										
							$R_1 = D_w/2 = D_w/2 + g_c$ $R_2 = R_1 + g$ $t = 2,1 R_1$			
D _w , mm	a	b	m	n	h	c	g	e ₁	e ₂	masa ¹⁾ , kg
	mm									
600	530	150	500	230	280	72	6	400	90	17
700	630		600	260	310	82		500		20
800	680	170	650	280	320		550	110	21	
900	780		750	300	340		650	140	23	
1000	880	200	850	300	360	96	8	750	140	45
1200	1080		1050	360	440	950		56		

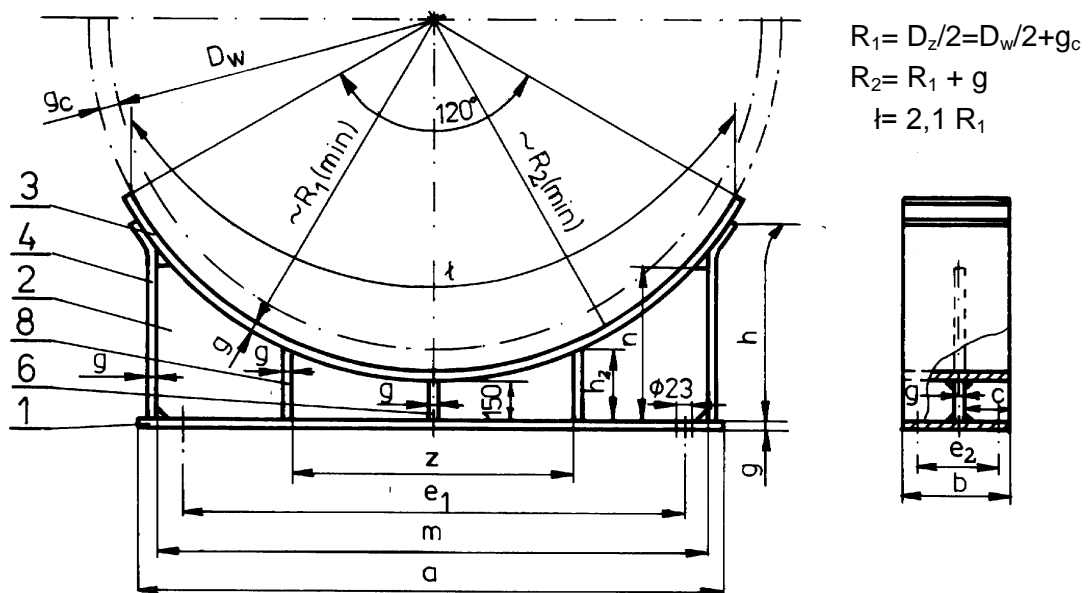
1) przy g = g_c = 10 mm

2. Odmiana B (aparaty o średnicy $D_w = 1400 \div 2000$ mm)



D_w , mm	a	b	m	n	h	c	z	g	e ₁	e ₂	masa ¹⁾ , kg
	mm										
1400	1230	250	1200	420	500	121	400	8	1000	190	83
1600	1430		1400	430	560		460		1200		94
1800	1590	300	1550	500	600	145	530	10	1350	240	153
2000	1790		1750	550	640		590		1550		172

3. Odmiana C (aparaty o średnicy $D_w = 2400 \div 3000$ mm)



D_w , mm	a	b	m	n	h	c	z	g	e ₁	e ₂	masa ¹⁾ , kg
	mm										
2400	2140	350	2100	650	740	170	1050	10	1900	290	240
2800	2450	400	2400	700	700	194	1200	12	2200	340	363
3000	2650		2600	750	750		1300		2400		394

Przykładowe oznaczenie podpory odmiany B przy $D_w=1800$ mm, $g_c=10$ mm:
 podpora B 1800/10 - BN/2212-04 (mat. St3S)

1) przy $g=g_c=10$ mm

Połączenia spawane elementów aparatury ciśnieniowej^{*)}

a) opis spoin

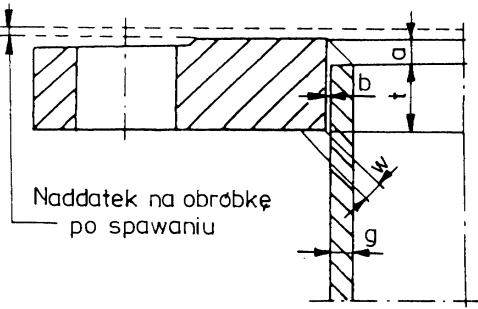
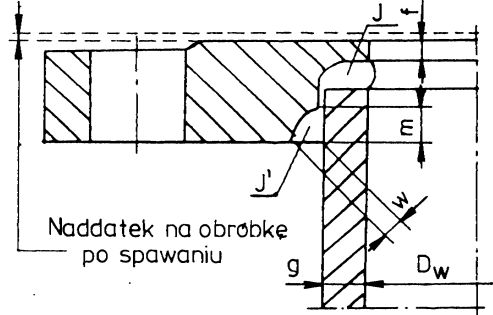
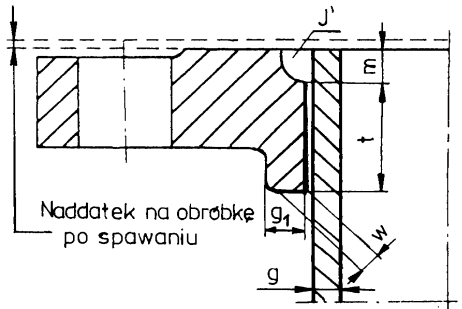
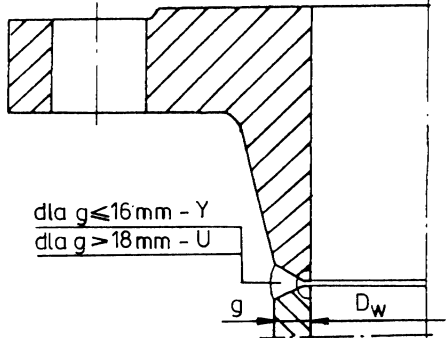
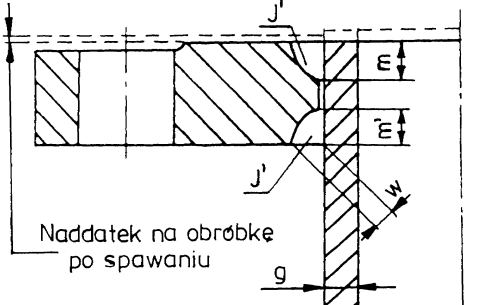
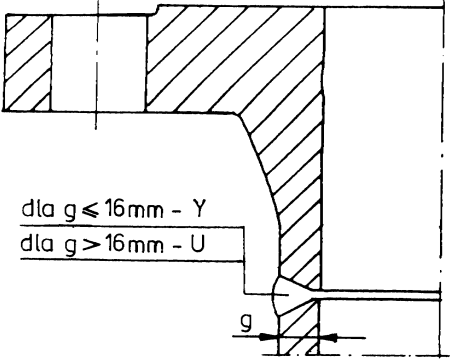
Symbol spoiny	Przekrój rowka i spoiny	Sposób spawania (ozn.)	Wymiary				
			g mm	α, β	b	c	r
1/2Y		a)	4÷20	(45÷60)°	0÷3	0÷3	-
		b)	4÷10	(45÷55)°	1÷3	0÷3,5	-
1/2Y'		a)	4÷20	(45÷60)°	0÷3	-	-
		b)	4÷10	(45÷55)°	1÷3	-	-
K		a)	12÷14	(45÷60)°	0÷3	0÷2	-
		b)	>10	(45÷60)°	1÷3	0÷2	-
J		a)	>15	(16÷20)°	0÷3	1,5÷2,5	7÷8
		b)	>15	(15÷20)°	0÷3	1÷2	8÷7
J'		a)	>15	(16÷20)°	0÷3	-	7÷8
		b)	>15	(15÷20)°	1÷3	-	8÷10
2J		a)	>30	(16÷20)°	0÷3	1,5÷3,5	7÷8
		b)	>30	(15÷20)°	1÷3	0÷2	8÷10
V		a)	3÷20	(50÷60)°	0÷2	-	-
		b)	3÷10	(50÷60)°	0÷2	-	-
Y		a)	3÷20	(50÷60)°	1÷3	1÷2	-
		b)	3÷10	(50÷60)°	1÷3	1÷2	-
U		a)	>15	(8÷12)°	1÷3	1,5÷2	4
		b)	>8	(10÷15)°	1÷3	1,5÷2	-

Wartość wymiaru m spoin 1/2Y' i J' podano w p. b), d), e)÷g)

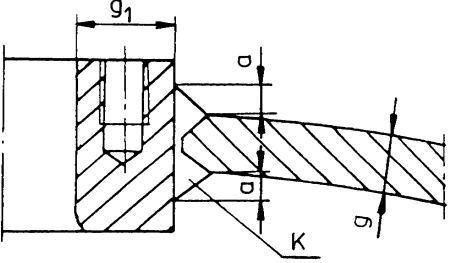
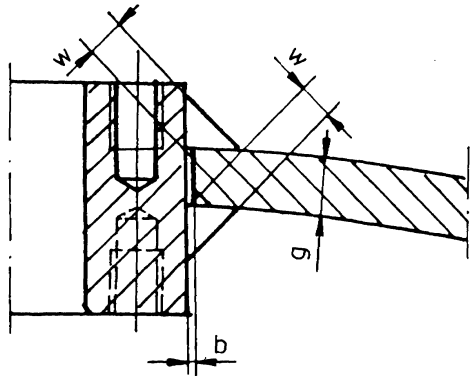
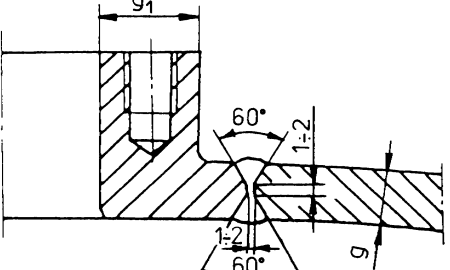
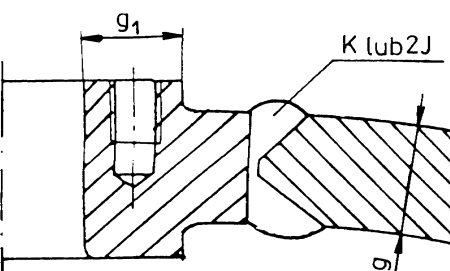
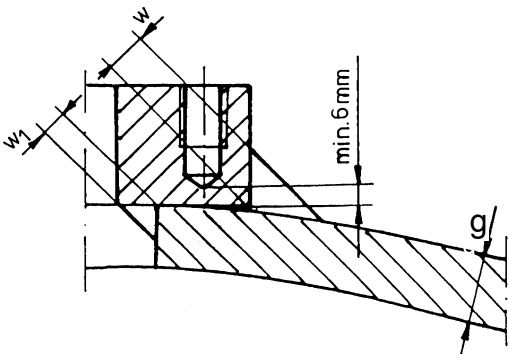
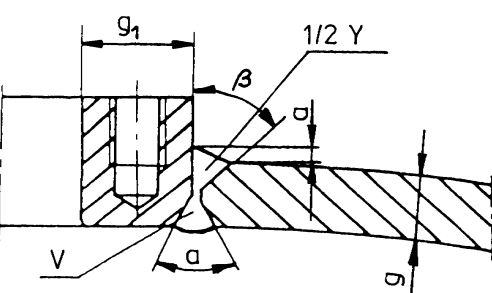
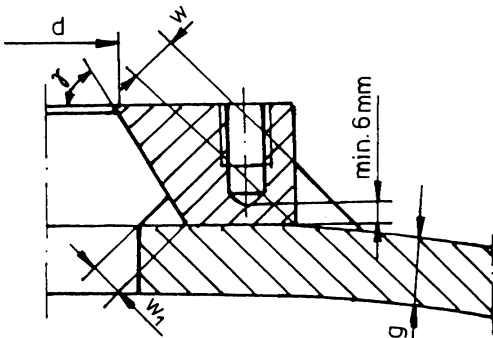
Ozn.: a) spawanie łukowe, b) spawanie w osłonie argonu

*) wg BN/2205-03

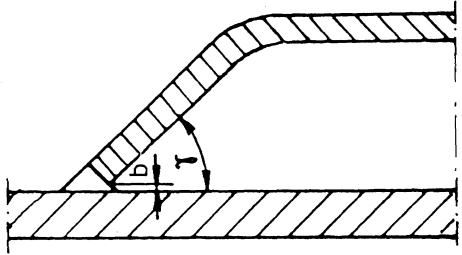
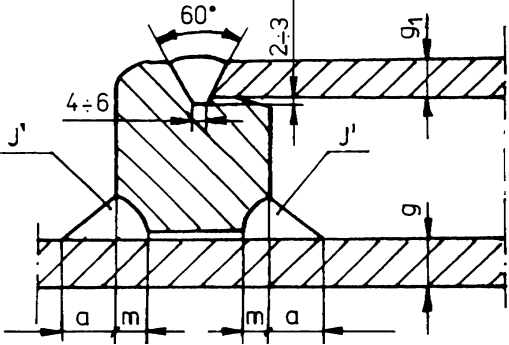
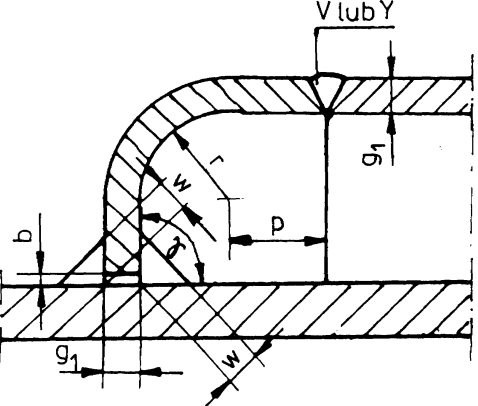
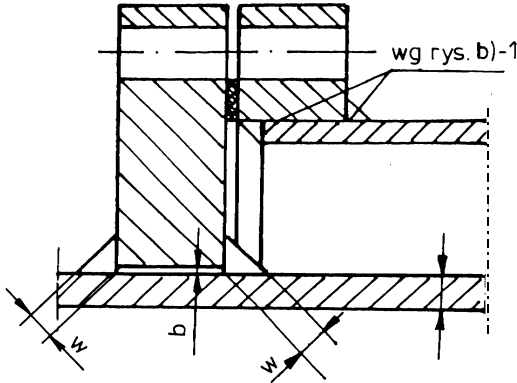
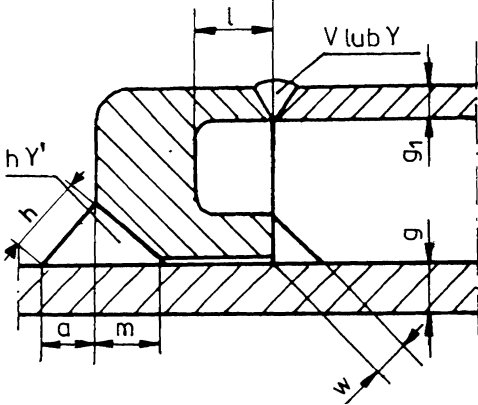
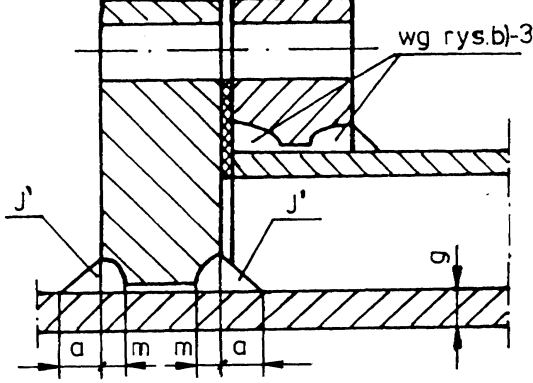
b) połączenie kołnierza ze ścianką aparatu lub króćca

<p>1. Kołnierz okrągły płaski ($g \leq 16$ mm): $a=g$; $b_{\max}=3$ mm; $t_{\min}=2g$; $w=g$</p>	<p>4. Kołnierz okrągły płaski ($g > 16$, $D_w > 400$ mm): $f=0,5g$; $f_{\min}=10$ mm; $w=12$ mm; $m+w=g$</p>
	
<p>2. Kołnierz okrągły z szyjką krótką ($g \leq 16$ mm): $t_{\min}=2g$; $m_{\min}=g$; $g_1 \geq g$; $w=g$</p>	<p>5. Kołnierz z szyjką dostępny dla spawania od wewnątrz – $D_w > 400$ mm (spoina Y lub U z podpawaniem)</p>
	
<p>3. Kołnierz okrągły płaski ($g > 16$ mm): $m_{\min}=g$; $(m_{\min})'=6$ mm; $w=12$ mm; $m'+w=g$</p>	<p>6. Kołnierz z szyjką niedostępny dla spawania od wewnątrz (spoina Y lub U bez podpawania)</p>
	

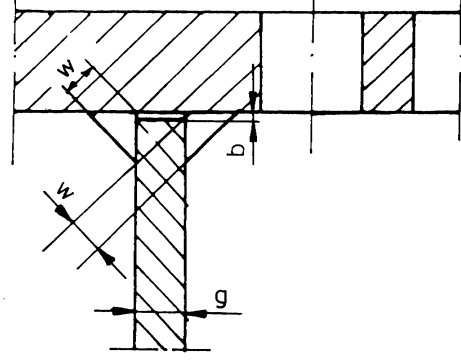
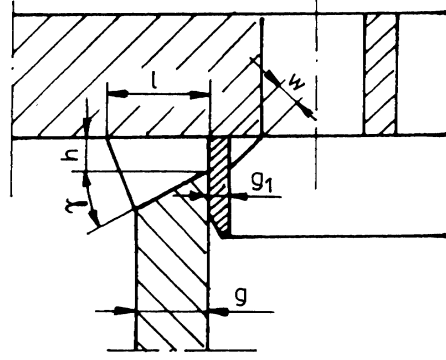
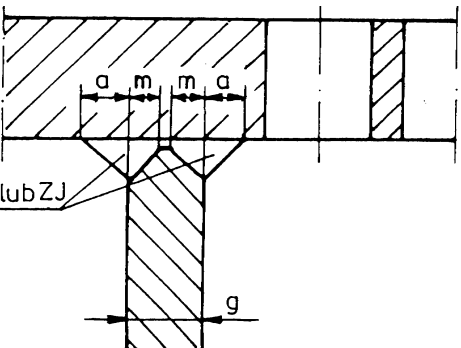
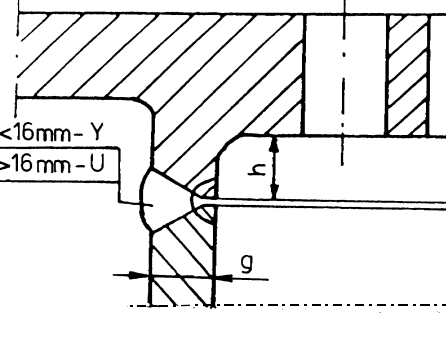
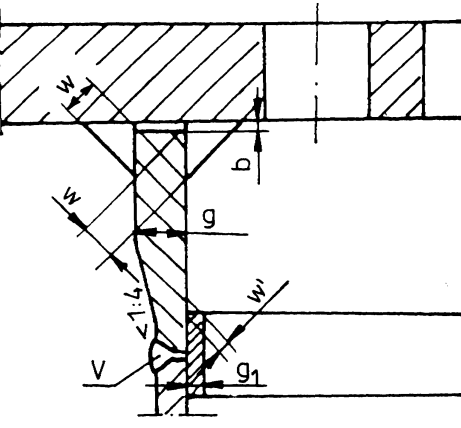
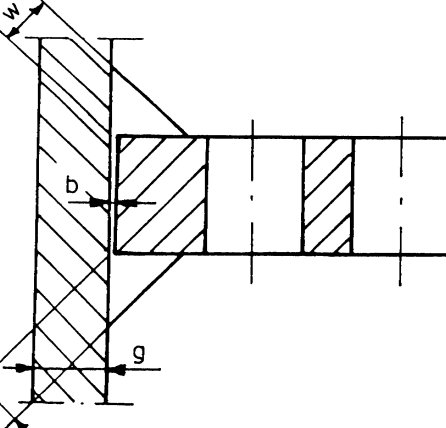
c) połączenie kołnierza (bez króćca) ze ścianką aparatu

<p>1. Kołnierz wstawiany w ścianę aparatu przy dostępie obustronnym: $a_{\min}=6 \text{ mm}$; $g \leq 24 \text{ mm}$; $g > 0,5g_1$</p>	<p>5. Kołnierz wstawiany w ścianę aparatu przy dostępie obustronnym*): $w=0,7g$; $g_{\max}=10 \text{ mm}$; $b_{\max}=3 \text{ mm}$;</p>
	
<p>2. Kołnierz wstawiany w ścianę aparatu przy dostępie obustronnym: $g \leq 24 \text{ mm}$; $g > 0,5g_1$</p>	
	
<p>3. Kołnierz wstawiany w ścianę aparatu przy dostępie obustronnym: $g > 24 \text{ mm}$; $g > 0,5g_1$</p>	
	<p>6. Kołnierz naspawany na ścianę aparatu przy dostępie obustronnym*): $w_1=0,5g$; $w=0,7 \text{ mm}$;</p> 
<p>4. Kołnierz wstawiany w ścianę aparatu przy dostępie obustronnym: $a_{\min}=6 \text{ mm}$; $g \geq 0,5g_1$; $a=60^\circ$; $\beta_{\min}=50^\circ$</p>	
	<p>7. Kołnierz naspawany na ścianę aparatu przy dostępie jednostronnym*): $w_1=0,5g$; $w=0,7 \text{ mm}$; $d \geq 50 \text{ mm}$; $\gamma=60^\circ$</p> 
	<p>*): dla zbiorników (klasy A) nie podlegających obciążeniom pulsacyjnym</p>

d) połączenie ścianki aparatu z płaszczem grzejnym

<p>1. Płaszcz grzewczy przyspawany bezpośrednio do płaszcza aparatu: $\gamma=(30\div 45)^\circ$; $b_{\max}=3\text{ mm}$</p>	<p>4. Płaszcz grzewczy przyspawany do płaszcza aparatu za pośrednictwem pierścienia: $g>16\text{ mm}$; $a=g$; $a_{\max}=16\text{ mm}$; $(a+m)_{\min}=1,5g$; (przy $g_1>15\text{ mm}$ łączyć płaszcz grzewczy z pierścieniem spoiną U)</p>
	
<p>2. Płaszcz grzewczy przyspawany bezpośrednio do płaszcza aparatu: $\gamma=(60\div 90)^\circ$; $w_{\min}=g_1$; $b_{\max}=3\text{ mm}$; $p=2,5g_1$</p>	<p>5. Płaszcz grzewczy odejmowany: $g\leq 12\text{ mm}$; $w=g$; $b_{\max}=3\text{ mm}$</p>
	
<p>3. Płaszcz grzewczy przyspawany do płaszcza aparatu za pośrednictwem pierścienia: $g\leq 16\text{ mm}$; $a=g$; $(a+m)_{\min}=1,5g$; $w=g$; $w_{\max}=12\text{ mm}$; $l_{\min}=2g_1$</p>	<p>6. Płaszcz grzewczy odejmowany: $g>12\text{ mm}$; $a=g$; $a_{\max}=16\text{ mm}$; $(a+m)_{\min}=1,5g$</p>
	

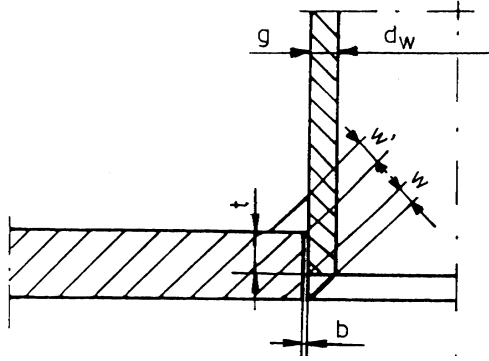
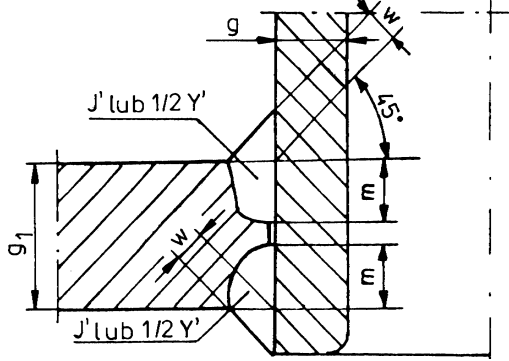
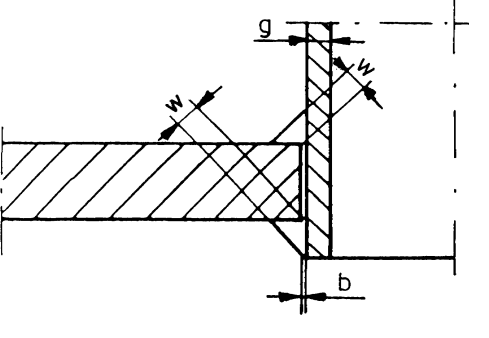
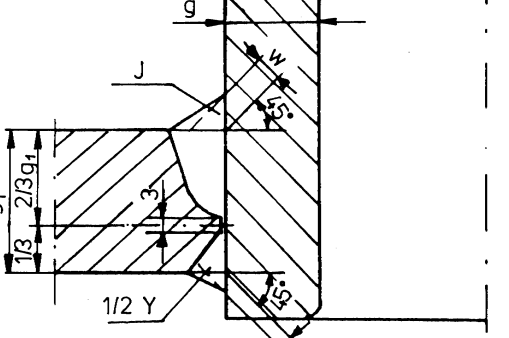
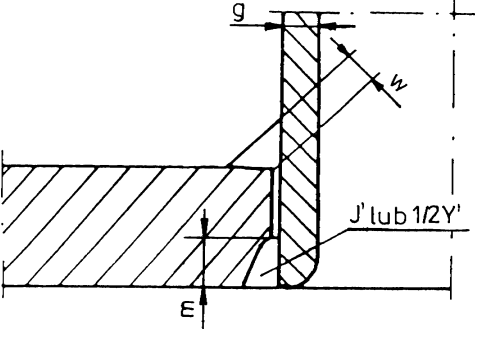
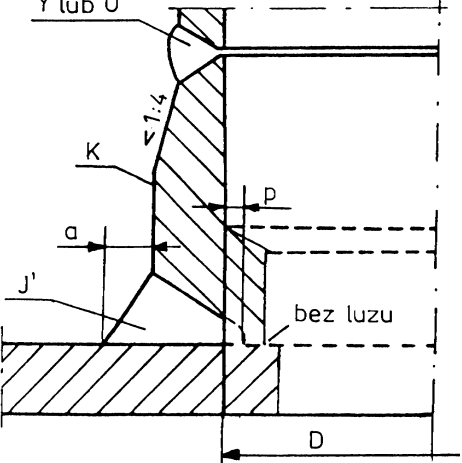
e) połączenie płyty sitowej z płaszczem aparatu

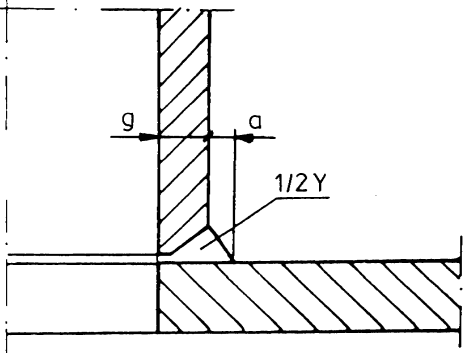
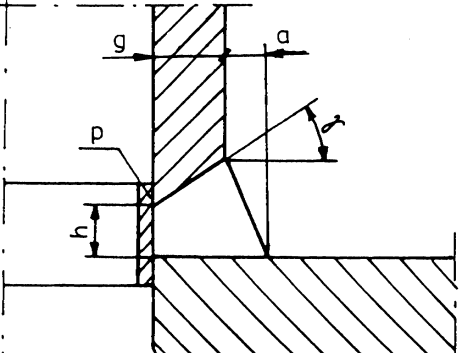
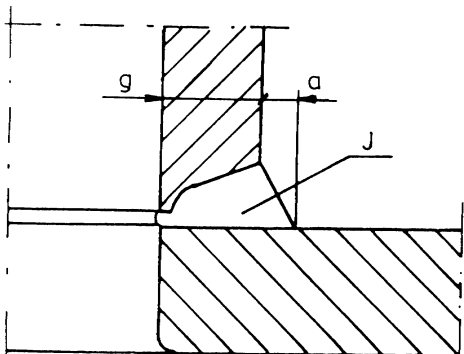
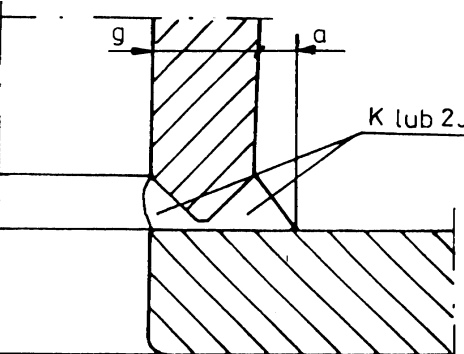
<p>1. Płyta sitowa przyspawana do płaszcza przy dostępie obustronnym ($g \leq 16$ mm): $w_{\min} = 0,7g$; $b_{\max} = 3$ mm</p>	<p>4. Płyta sitowa przyspawana do płaszcza przy dostępie tylko od zewnątrz ($g > 16$ mm): $w = g_1$; $h = (6 \div 10)$ mm; $l_{\min} = g + 6$ mm; $\gamma = (30 \div 40)^\circ$ (stosuje się tylko przy środkowisku korozyjnie obojętnym)</p>
	
<p>2. Płyta sitowa przyspawana do płaszcza przy dostępie obustronnym ($g > 16$ mm): $(a+m)_{\min} = g$; $a_{\min} = 0,5g$; $a_{\max} = 16$ mm</p>	<p>5. Płyta sitowa przyspawana do płaszcza z dostępem obustronnym dla podpawiania: $h_{\min} = g$ (przy niemożności podpawiania spoiny stosuje się podkładkę)</p>
	
<p>3. Płyta sitowa przyspawana do płaszcza przy dostępie tylko od zewnątrz ($g \leq 16$ mm): $w_{\min} = 0,7g$; $b_{\max} = 3$ mm; $w' = 0,7g_1$</p>	<p>6. Płyta sitowa wspawana w płaszcz przy dostępie obustronnym ($g \leq 12$ mm): $w_{\min} = 0,7g$; $b_{\max} = 3$ mm</p>
	

f) połączenie króćca ze ścianką aparatu z pierścieniem wzmacniającym

<p>1. Króciec dospawany do ściany aparatu przy dostępie tylko od zewnątrz: $w=0,7g_1$; $\gamma_{\min}=15^\circ$; $h=(6\div 10)$ mm; $a_1=1/3 g_2$; $a_{1\min}=6$ mm; $a=1/3 g_1$; $a=(6\div 12)$ mm; $a+m=g_1$</p>	<p>4. Króciec wspawany w ścianę aparatu przy dostępie obustronnym: $\gamma_{\min}=15^\circ$; $h=(6\div 10)$ mm; $w=0,7g_1$; $a=1/3 g_1$; $a_{\min}=6$ mm; $a+m=g_1$; $(m'+w_2)+[\text{mniejsza z wartości } h \text{ lub } (g_1 \text{ i } w_2)]=2g_2$</p>
<p>2. Króciec wspawany w ścianę aparatu przy dostępie obustronnym: $w=0,7g_1$; $a_1=1/3 g_2$; $a_{1\min}=6$ mm; $\gamma_{\min}=15^\circ$; $a=1/3 g_1$; $a_{\min}=6$ mm; $h_{\min}=10$ mm;</p>	<p>5. Króciec wspawany w ścianę aparatu przy dostępie obustronnym: $\gamma_{\min}=15^\circ$; $h=(6\div 10)$ mm; $w=0,7g_1$; $a=1/3 g_1$; $a_{\min}=6$ mm; $a+m=g_1$; $m'+[\text{mniejsza z wartości } h \text{ lub } (g_1 \text{ i } w_2)]=2g_2$</p>
<p>3. Króciec wspawany w ścianę aparatu przy dostępie obustronnym: $\gamma_{\min}=15^\circ$; $h=(6\div 10)$ mm; $w=0,7g_1$; $a=1/3 g_1$; $a_{\min}=6$ mm; $a+m=g_1$; $(m'+w_1)$ równa się mniejszej z wartości g_1 i g_2</p>	

g) połączenie króćca ze ścianką aparatu bez pierścienia wzmacniającego




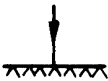

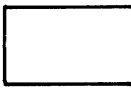
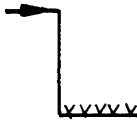
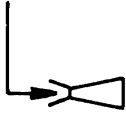

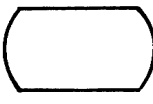




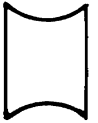
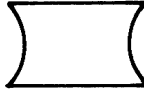


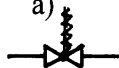

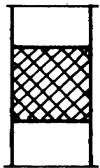
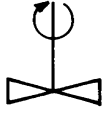
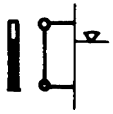
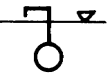
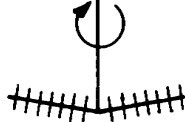
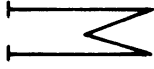




<p>1. Króciec wstawiany w ścianę aparatu przy dostępie obustronnym ($g \leq 12 \text{ mm}$): $w = 0,7g$; $w'_{\min} = g$; $t_{\min} = g$; $b_{\max} = 3 \text{ mm}$; $d_w < 100 \text{ mm}$</p>	<p>4. Króciec wstawiany w ścianę aparatu przy dostępie obustronnym: dla $m \leq 16 \text{ mm}$ - spoina $1/2 Y'$, $m > 16 \text{ mm}$ - J'; $w = (6 \div 12) \text{ mm}$; $(w+m) = g$</p>
	
<p>2. Króciec wstawiany w ścianę aparatu przy dostępie obustronnym ($g \leq 12 \text{ mm}$): $w = 0,7g$; $w_{\min} = 6 \text{ mm}$; $b_{\max} = 3 \text{ mm}$</p>	<p>5. Króciec wstawiany w ścianę aparatu przy dostępie obustronnym ($g > g_1$): $w = 0,1g_1$; $w_{\min} = 6 \text{ mm}$</p>
	
<p>3. Króciec wstawiany w ścianę aparatu przy dostępie obustronnym ($g \leq 12 \text{ mm}$): $w = 0,7g$; $w_{\min} = 6 \text{ mm}$; $m = g$</p>	<p>6. Króciec dospawany do ściany aparatu przy dostępie tylko od zewnątrz: $p_{\min} = 3 \text{ mm}$; $a = (10 \div 13) \text{ mm}$</p>
	

<p>7. Króciec dospawany do ściany aparatu przy dostępie tylko od zewnątrz ($g \leq 12$ mm): $a = 6$ mm</p>	<p>9. Króciec dospawany do ściany aparatu przy dostępie tylko od zewnątrz: $a = 1/3 g$; $a_{\min} = 6$ mm; $h = (6 \div 10)$ mm; $\gamma_{\min} = 30^\circ$</p>
	
<p>8. Króciec dospawany do ściany aparatu przy dostępie tylko od zewnątrz ($g > 12$ mm): $a = 1/3 g$; $a_{\min} = 6$ mm</p>	<p>10. Króciec dospawany do ściany aparatu przy dostępie obustronnym: $a = 1/3 g$; $a_{\min} = 6$ mm (gdy $g \leq 20$ mm spoina K, $g > 20$ mm - 2J)</p>
	

Tablica 4.25

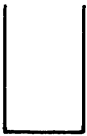

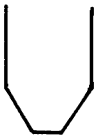


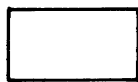
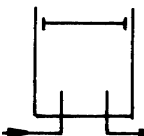
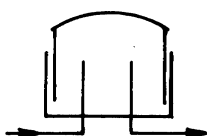
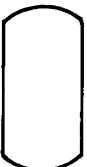
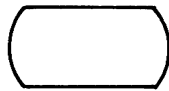


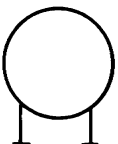


Wybrane symbole graficzne aparatów, maszyn i urządzeń przemysłu chemicznego

a) podstawowe elementy aparatury i armatury

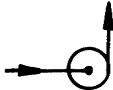
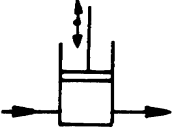
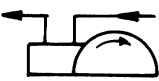
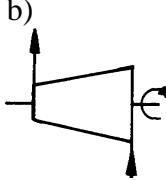


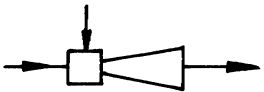
1. Naczynie bezciśnieniowe otwarte		9. Urządzenie rozpylające (zraszające)	
a) pionowe b) poziome	a)  b) 	a) dysza b) zraszacz	a)  b) 
2. Naczynie bezciśnieniowe zamknięte		10. Bełkotka (gazowa lub parowa)	
a) pionowe b) poziome	a)  b) 	a) rurowa b) strumieniowa	a)  b) 
3. Naczynie ciśnieniowe		11. Zawór (ogólnie)	12. Zasuwa
a) pionowe b) poziome	a)  b) 		
		13. Zawór zwrotny	14. Zawór redukcyjny
			
4. Naczynie próżniowe		15. Kłapa dławiąca	16. Kłapa zwrotna
a) pionowe b) poziome	a)  b) 		
		17. Zawór bezpieczeństwa	
		a) sprężynowy b) dźwigniowy	a)  b) 
5. Wypełnienie	6. Mieszadło (ogólnie)	18. Wskaźnik poziomu cieczy	
		a) cieczowskaz b) wskaźnik pływakowy	a)  b) 
7. Zgarniacz	8. Element grzejny	19. Odwadniacz	20. Lejek
			
		21. Kurek probierczy	22. Syfon
			

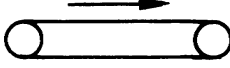
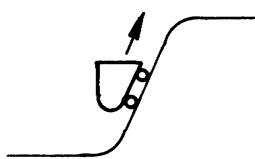
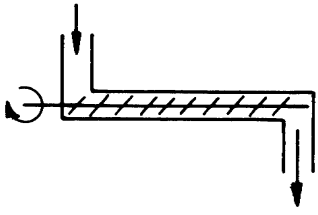
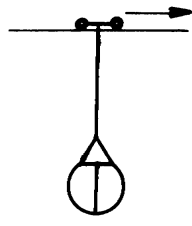
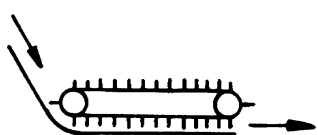

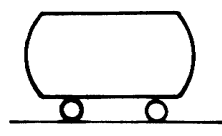
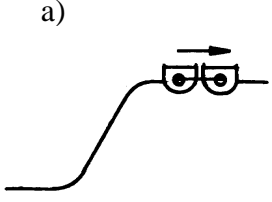
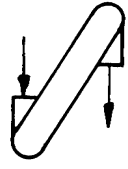

cd. tablicy 4.25

b) aparaty i urządzenia do magazynowania ciał stałych, cieczy i gazów



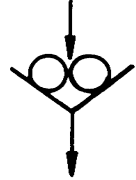
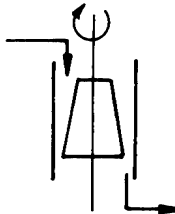

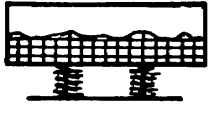

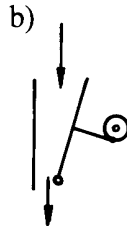
1. Zbiornik otwarty		5. Zasobnik	
a) pionowy b) poziomy	a)  b) 	a) jedno- spustowy b) wielo- spustowy	a)  b) 
2. Zbiornik zamknięty bezciśnieniowy		6. Zbiornik gazu	
a) pionowy b) poziomy	a)  b) 	a) suchy b) mokry	a)  b) 
3. Zbiornik ciśnieniowy		7. Skład materiałów sypkich	
a) pionowy b) poziomy	a)  b) 	a) odkryty b) pod dachem	a)  b) 
4. Zbiornik kulisty		8. Butla gazowa	9. Beczka
			

c) urządzenia do transportu gazów, cieczy i ciał stałych

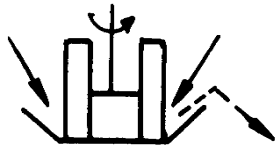
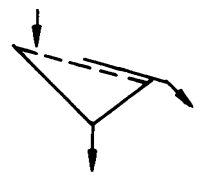
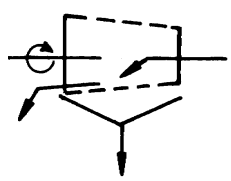
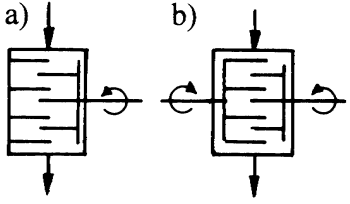
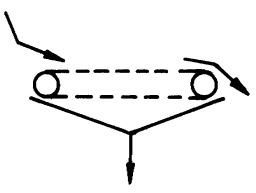
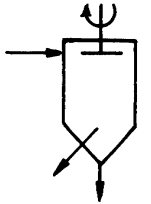
1. Pompa		4. Sprężarka	
a) wirnikowa b) tłokowa	a)  b) 	a) tłokowa b) wirnikowa	a)  b) 
2. Wentylator		3. Dmuchawa	
			
		5. Smoczek (injektor, ejektor)	
			

6. Przenośnik taśmowy (transporter)		10. Przenośnik wózkowy	
			
7. Przenośnik ślimakowy		11. Przenośnik czerpakowy	
			
8. Przenośnik zgarniakowy		12. Przetłocznik	13. Cysterna
			
9. Przenośnik kubełkowy			14. Wózek, wywrotka
a) otwarty b) zamknięty	a) 	b) 	


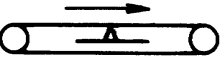
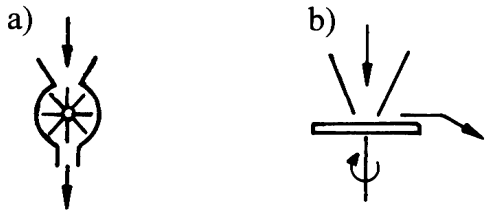
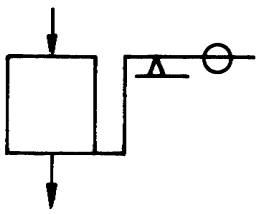
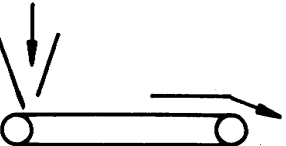
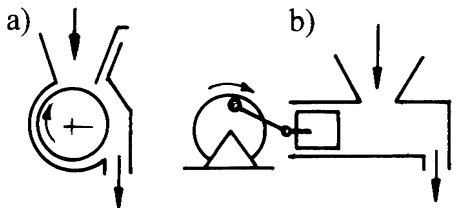
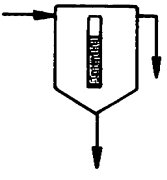
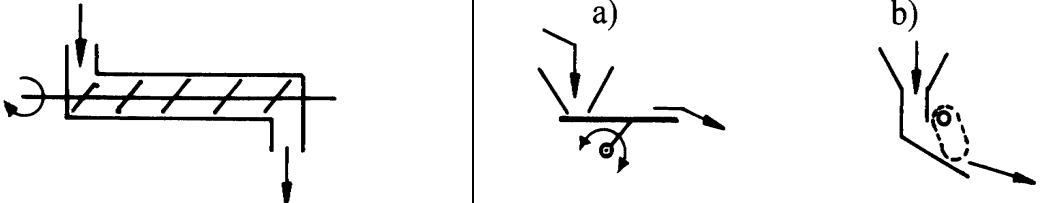
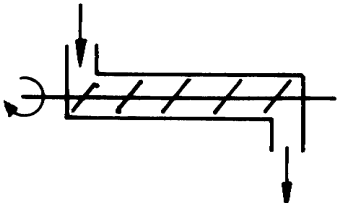
d) urządzenia do rozdrabniania i segregowania ciał stałych

1. Młyn (ogólnie)	2. Młyn kulowy	5. Kruszarka walcowa	6. Kruszarka stożkowa
			
3. Młyn tarczowy	4. Młyn wibracyjny	7. Łamacz szczękowy	
		a) górnoosiowy b) dolnoosiowy	
		a) 	
		b) 	

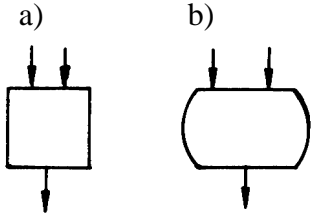
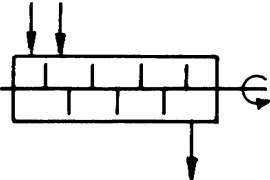
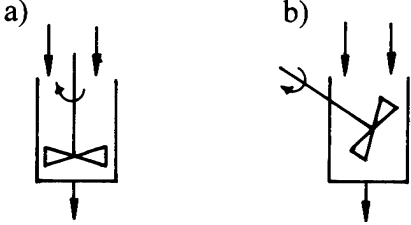
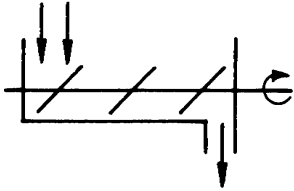
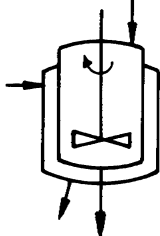
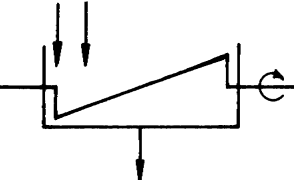
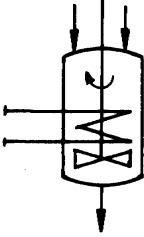
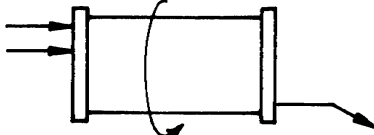
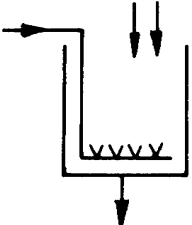

cd. tablicy 4.25

8. Gniotownik walcowy		10. Sito płaskie	11. Sito obrotowe
			
9. Młyn prętowy (palcowy)		12. Sito taśmowe	13. Separator (wialnia)
a) dyzmembrator b) dezintegrator			

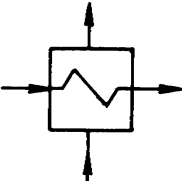
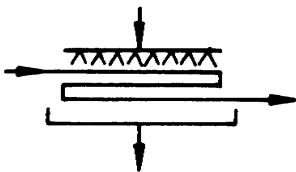
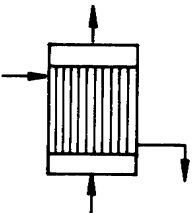
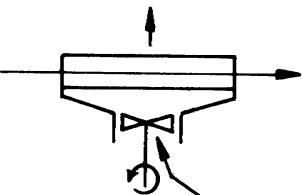
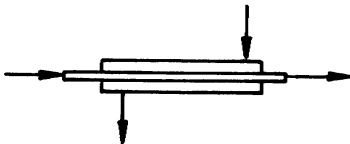
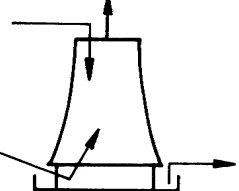
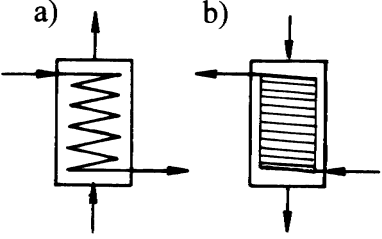
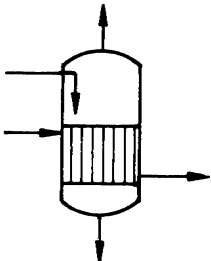
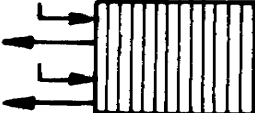
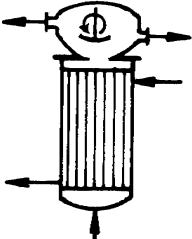
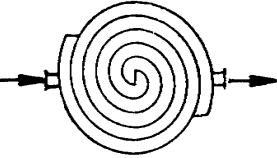
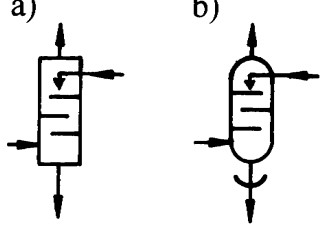
e) urządzenia do dozowania (napelniania i opróżniania aparatów)

1. Waga (ogólnie)	2. Waga taśmowa	6. Dozownik łopatkowy (a) i talerzowy (b)
		
3. Miernik wagowy	7. Podajnik (dozownik) taśmowy	8. Podajnik bębnowy (a) i tłokowy (b)
		
4. Miernik ciecży objętościowy	9. Podajnik wibracyjny (a) i łańcuchowy (b)	
		
5. Dozownik materiałów sypkich (ogólnie)		
		

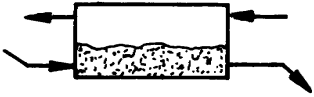
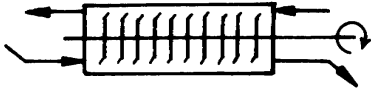
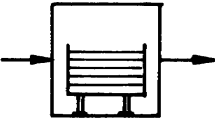

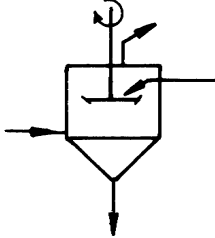
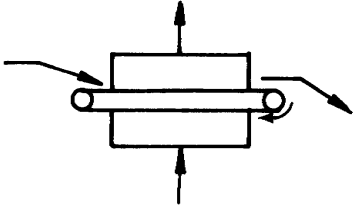
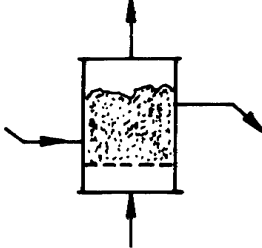
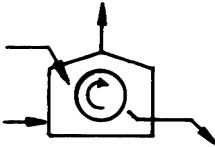
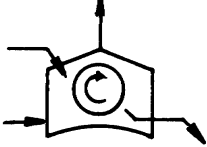
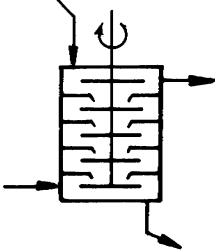
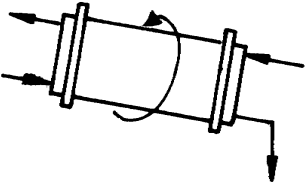
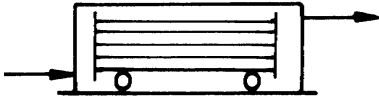
f) urządzenia do mieszania cieczy, układów niejednorodnych i materiałów sypkich

1. Mieszalnik (ogólnie)	6. Mieszalnik łopatowy z mieszadłem poziomym	
a) otwarty b) ciśnieniowy		
2. Mieszalnik z mieszadłem pionowym (a) i ukośnym (b)	7. Mieszalnik z mieszadłem ślimakowym	
		
3. Mieszalnik (autoklaw) z ogrzewaniem (chłodzeniem) zewnętrznym	8. Mieszalnik-ugniatarka	
		
4. Mieszalnik (autoklaw) z wewnętrznym elementem grzewczym	9. Mieszalnik obrotowy (mieszarka bębnowa)	
		
5. Mieszalnik aeracyjny (z bełkotką)	10. Mieszarka walcowa	
		

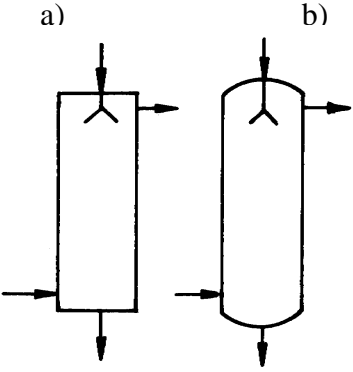
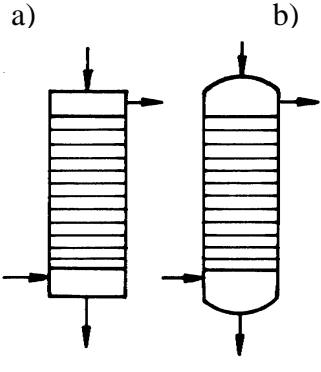
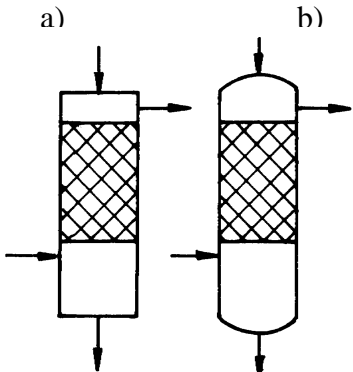
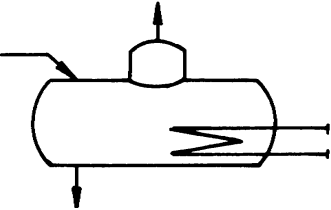
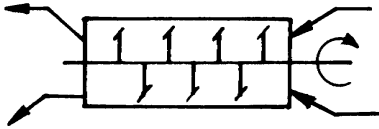
g) aparaty do wymiany ciepła

1. Wymiennik ciepła (ogólnie)	7. Chłodnica ociekowa
	
2. Wymiennik ciepła płaszczowo-rurkowy (ogólnie)	8. Chłodnica powietrzna
	
3. Wymiennik ciepła typu "rura w rurze"	9. Chłodnica kominowa
	
4. Wymiennik ciepła z węzownicą	10. Wyparka (ogólnie)
<p>a) spiralną b) płaską</p> 	
5. Wymiennik ciepła płytowy	11. Wyparka mechaniczna
	
6. Wymiennik ciepła spiralny	12. Skraplacz oparów bezprzeponowy
	<p>a) bezciśnieniowy b) tzw. barometryczny</p> 

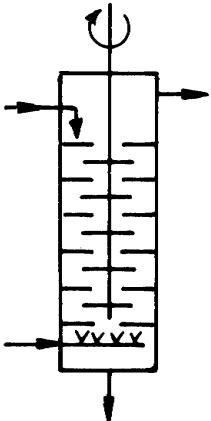
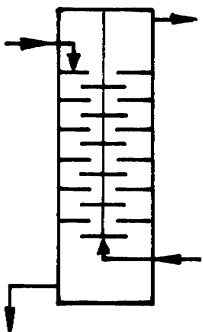
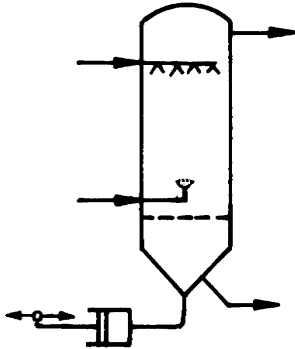
h) aparaty i urządzenia do suszenia

<p>1. Suszarka (ogólnie)</p> 	<p>6. Suszarka wirnikowa tarczowa</p> 
<p>2. Suszarka komorowa: a) bezciśnieniowa, b) próżniowa</p> <p>a) </p> <p>b) </p>	<p>7. Suszarka rozpyłowa</p> 
<p>3. Suszarka taśmowa</p> 	<p>8. Suszarka fluidalna</p> 
<p>4. Suszarka walcowa: a) bezciśnieniowa, b) próżniowa</p> <p>a) </p> <p>b) </p>	<p>9. Suszarka półkowo-tarczowa</p> 
<p>5. Suszarka bębnowa</p> 	<p>10. Tunel suszarniczy</p> 

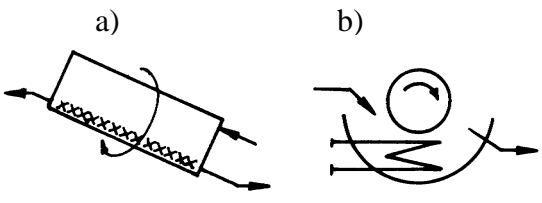
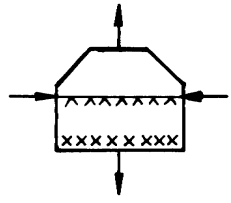
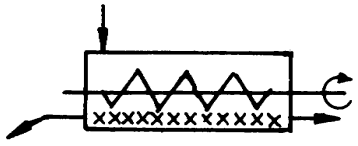
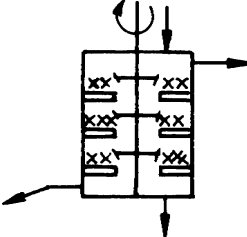
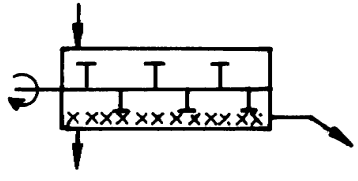
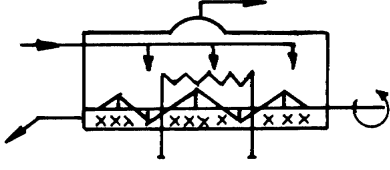
i) urządzenia do absorpcji i rektyfikacji^{*)}

1. Kolumna bez wypełnienia (rozpyłowa)	3. Kolumna półkowa
	
2. Kolumna z wypełnieniem (skruber)	4. Kocioł destylacyjny
	
<p>*) - a) bezciśnieniowe, b) ciśnieniowe</p>	5. Absorber mechaniczny
	

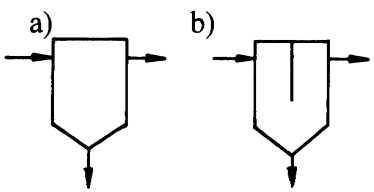
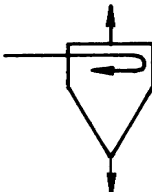
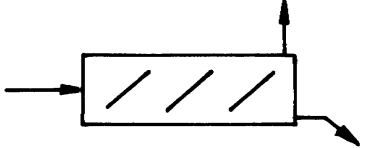
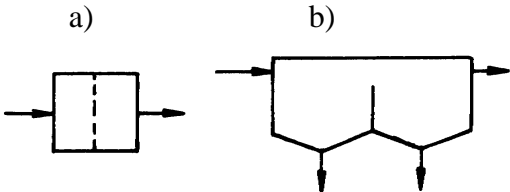
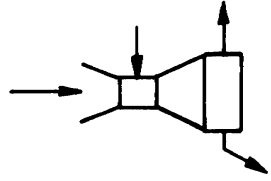
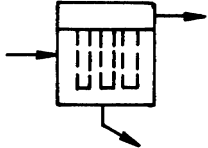
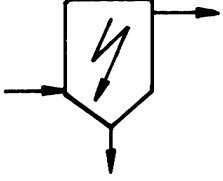
j) urządzenia do ekstrakcji

1. Kolumna z wirującymi dyskami (wirnikowa)	2. Kolumna z przegrodami pierścieniowymi	3. Kolumna pulsacyjna
		

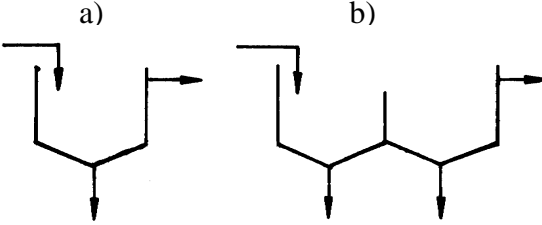
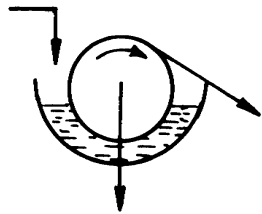
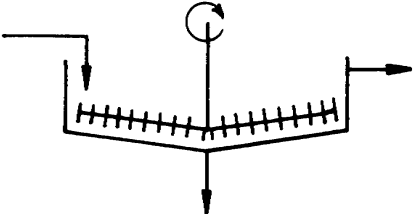
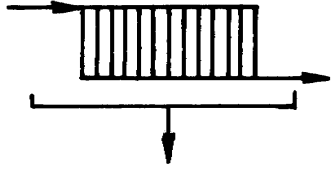
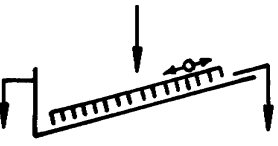
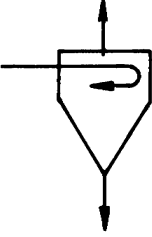
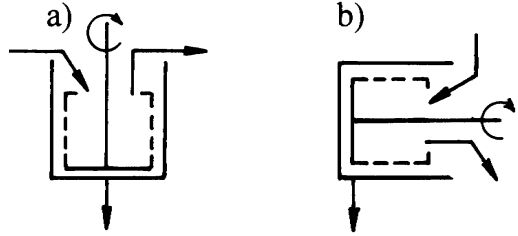
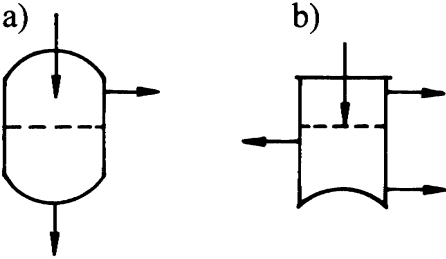
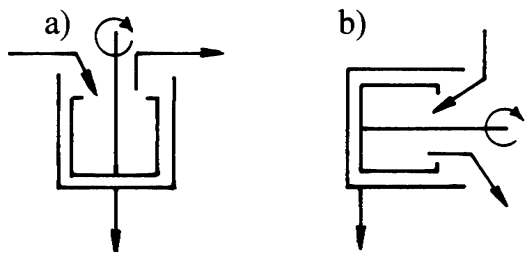
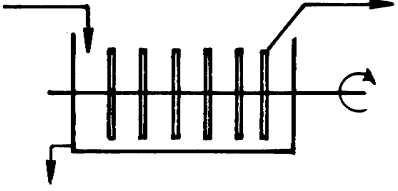
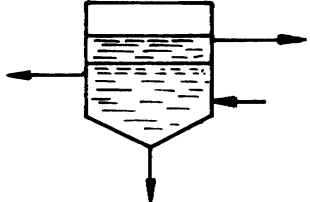
k) urządzenia do krystalizacji

<p>1. Krystalizator bębnowy (a) i walcowy (b)</p> 	<p>4. Krystalizator wieżowy (rozpyłowy)</p> 
<p>2. Krystalizator ślimakowy (korytowy)</p> 	<p>5. Krystalizator tarczowy</p> 
<p>3. Krystalizator skrobakowy (zbiornikowy)</p> 	<p>6. Warnik (krystalizator poziomy)</p> 





l) urządzenia do oddzielania ciał stałych i cieczy od gazów

<p>1. Separator (ogólnie)</p> <p>a) pyłu b) kropel</p> 	<p>4. Cyklon (odpylacz odśrodkowy)</p> 	
<p>2. Oddzielacz (łapacz) inercyjny</p> 	<p>5. Filtr gazowy: a) ogólnie, b) komorowy</p> 	
<p>3. Odpylacz typu Venturiego</p> 	<p>6. Filtr workowy</p> 	<p>7. Elektrofiltr</p> 

f) urządzenia do oddzielania ciał stałych od cieczy i cieczy od cieczy

1. Osadnik, odstojnik (ogólnie): a) jedno-, b) wielokomorowy		7. Filtr bębnowy	
 <p>a) b)</p>			
2. Odstojnik Dorra (zagęszczacz)		8. Prasa filtracyjna (ramowa)	
			
3. Klasyfikator	4. Hydrocyklon	9. Wirówka filtracyjna (ogólnie): a) pionowa, b) pozioma	
		 <p>a) b)</p>	
5. Filtr zbiornikowy: a) ciśnieniowy, b) próżniowy (nucza)		10. Wirówka sedymentacyjna (ogólnie): a) pionowa, b) pozioma	
 <p>a) b)</p>		 <p>a) b)</p>	
6. Filtr tarczowy	11. Rozdzielacz (separator) cieczy		
			

m) oznaczenie strumieni

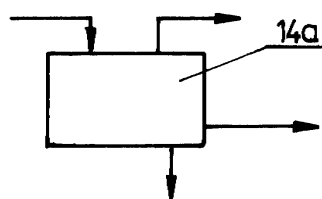
1. Gaz, ciecz	2. Pył, materiał sypki	3. Zawiesina	4. Aerosol, gaz zapyłony
			

Uwagi:

1. Na oznaczenie aparatu, maszyny lub urządzenia nie mającego odpowiednika w wykazie symboli graficznych, rysuje się figurę o kształcie zbliżonym do obrysu danego aparatu (maszyny lub urządzenia), a w pole figury wpisuje odpowiednie objaśnienie (np. nazwę aparatu).

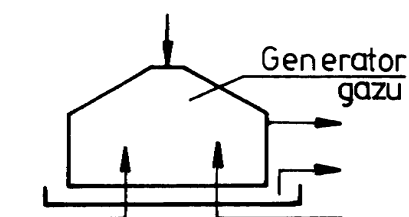
Na przykład:

a) elektrolizer



ozn. 14a - elektrolizer

b) generator gazu

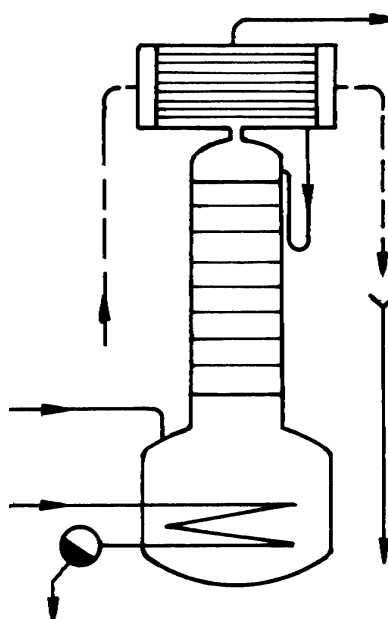


2. Tworzenie oznaczenia urządzenia złożonego polega na odpowiednim zestawieniu symboli aparatów i elementów podstawowych, wchodzących w skład urządzenia.

Na przykład:

Aparat destylacyjny =

- zbiornik zamknięty
- +
- element grzejny
- +
- odwadniacz
- +
- kolumna półkowa
- +
- wymiennik ciepła
- +
- syfon
- +
- lej spustowy



5. WYTYCZNE DOBORU MATERIAŁÓW KONSTRUKCYJNYCH

5.1. Wiadomości ogólne i wytyczne stosowania

W zakresie doboru materiału konstrukcyjnego, przedmiotem zainteresowania konstruktora są warunki techniczne i wymagania, jakim powinny odpowiadać materiały (głównie metale i ich stopy) oraz wyroby hutnicze (blachy, odkuwki i rury itp.), zakwalifikowane do budowy aparatury. Dotyczy to w szczególności materiałów przeznaczonych do wytwarzania aparatury ciśnieniowej, jakkolwiek techniczne warunki ich stosowania (przypisane stosownymi normami), nie ograniczają się jedynie do tego typu aparatów.

Wymagania związane z wykorzystaniem materiałów i wyrobów hutniczych odnoszą się przede wszystkim do:

- rodzaju (gatunku) materiału,
- jego wytrzymałości,
- podatności materiału na obróbkę plastyczną oraz do łączenia,
- odporności na działanie korozyjne substancji.

Wymienione cechy wskazują nie tylko na przydatność konstrukcyjną materiału, lecz także determinują dla niego szczegółowe warunki techniczne, jakie muszą być z konieczności spełnione przy wytwarzaniu aparatury procesowej - zwłaszcza podlegającej dozorowi.

Warunki te i związane z nimi najważniejsze wymagania techniczne dla materiału konstrukcyjnego odnoszą się przede wszystkim do:

- a) wyznaczenia gatunku materiału przewidywanego do eksploatacji, przy określonych w projekcie parametrach technologicznych (temperatura, ciśnienie);
- b) określenia wymaganych właściwości mechanicznych materiału, a głównie jego wytrzymałości i wynikających stąd dopuszczalnych warunków jego stosowania, w zależności od typu aparatury i jej przeznaczenia.

Podstawowym materiałem stosowanym przy wytwarzaniu aparatury przemysłowej jest stal, która ze względu na dobre właściwości mechaniczne, a w wielu przypadkach także fizykochemiczne, oraz stosunkowo niską cenę, w porównaniu z innymi wyrobami hutniczymi, jest obecnie (a zapewne i będzie) najczęściej stosowanym materiałem na elementy aparatury i pokrewne im konstrukcje. Stal jest przy tym gatunkiem materiału, w którym, dzięki możliwości regulowania zawartości węgla i pierwiastków stopowych oraz zmiany struktury drogą obróbki cieplnej, można osiągnąć różnorodne właściwości i dużą rozpiętość ich wartości. Z praktycznego punktu widzenia możliwe więc są odmienne rozwiązania konstrukcyjne, za pomocą różnych gatunków stali.

Właściwy wybór gatunku stali nie jest sprawą prostą i może w wielu przypadkach nastroczać wątpliwości. Wpływa na to wiele ubocznych czynników i okoliczności, które trzeba uwzględnić, a wynikają one zarówno z warunków eksploatacji aparatury, jak i specyficznych właściwości materiału. Dla elementów konstrukcyjnych wykorzystywanych w bardzo skomplikowanych warunkach procesowych, o wartości użytkowej stali decydować

może bowiem cały zespół różnych właściwości mechanicznych, fizycznych i chemicznych, co bardzo ogranicza możliwości wyboru do kilku, a nawet do jednego gatunku stali. Zadaniem projektanta czy konstruktora, jest wówczas ustalenie cech, które mają najbardziej istotne znaczenie i zastosować je jako zasadnicze kryteria wyboru. Niekiedy zmusza to do kompromisu i zrezygnowania z części wymagań, ze względu na niemożność ich równoczesnego spełnienia przez jakikolwiek wyrób hutniczy. Należy wówczas ustalić, które cechy mogą mieć najbardziej istotne znaczenie i te zastosować jako kryteria doboru.

Tymi kryteriami mogą być nie tylko właściwości charakterystyczne dla warunków eksploatacji materiału, jak np. granica plastyczności, odporność korozyjna, właściwości mechaniczne w podwyższonej temperaturze, ale również i względy technologiczne, wskazujące na możliwość wykonania niektórych operacji wytwórczych, jak chociażby spawalność, podatność do kształtowania (tłoczenia) itp. Należy również wziąć pod uwagę postać wyrobu hutniczego (blacha, rura i in.), gdyż może ona stanowić czynnik decydujący o doborze gatunku stali dla wykonania określonego elementu aparatury.

Wreszcie, obok przesłanek technicznych, przy doborze gatunku materiału należy kierować się względami ekonomicznymi. Udział kosztów materiałowych w krajowym przemyśle jest stosunkowo duży (ponad 50 %) i z tego względu prawidłowy wybór wyrobu hutniczego, z gatunku najtańszego, ma istotne znaczenie ekonomiczne.

Ogólnie ujmując, za najwłaściwszy materiał, np. gatunek stali, należy uznać taki, który zapewni żądane właściwości wytrzymałościowe i określoną trwałość eksploatacyjną elementu konstrukcyjnego, przy korzystnie niskim koszcie wykonania elementu, a w konsekwencji i aparatu. Tych złożonych problemów nie można rozstrzygać w sposób szablonowy, ani nie można w takiej sytuacji sugerować sztywnych schematów postępowania. Konstruktor powinien w każdym przypadku przeanalizować wszelakie okoliczności związane z wyborem materiału oraz rozważyć rozmaite przesłanki wyboru - z pełną świadomością spodziewanych skutków technicznych, technologicznych i ekonomicznych.

Pomimo wielu rozbieżności w ocenie jakości materiału konstrukcyjnego, można jednak wskazać na pewne ogólne zasady prawidłowego jego doboru, a stali w szczególności. Ograniczyć się można przy tym do takich jej cech użytkowych, które przede wszystkim wpływają na trwałość oraz niezawodne działanie aparatu (jego elementów). I tak, dla potrzeb budowy (wytwarzania i naprawy) aparatury przemysłowej, tworzywa konstrukcyjne można scharakteryzować zasadniczo pod kątem ich przydatności w zakresie:

- a) parametrów eksploatacyjnych i środowiska użytkowania aparatury, co wiąże się z określeniem wytrzymałości materiału oraz jego odpornością na substancje korozyjne;
- b) obróbki technologicznej materiału, odniesionej zasadniczo do formowania (obróbka plastyczna), wzajemnego łączenia (spajanie) czy też nadania mu po przetworzeniu odpowiednich cech mechanicznych (obróbka cieplna).

W obu przypadkach konstruktorowi aparatury przemysłowej potrzebna jest dokładna znajomość oddziaływania powyższych czynników na materiał, tym bardziej, że w większości przypadków działają one równocześnie, a także nieraz współzależą od siebie.

5.2. Właściwości wytrzymałościowe przy podwyższonej temperaturze

Z praktycznego punktu widzenia, materiały konstrukcyjne przeznaczone do wykorzystania w podwyższonej temperaturze (praktycznie powyżej 200 °C), powinny odznaczać się zdolnością utrzymywania swych właściwości użytkowych przez odpowiednio długi czas. Ze względu na odpowiednie właściwości mechaniczne, tworzywami stosowanymi w zakresie podwyższonej temperatury są przeważnie metale i ich stopy (z tworzyw niemetalicznych jedynie niektóre materiały pochodzenia mineralnego mają wysoką odporność na podwyższoną

temperaturę, jednak z uwagi na dużo gorsze od metali właściwości mechaniczne stosuje się je najczęściej na wykładziny ochronne i materiały izolacyjne).

Podczas eksploatacji aparatury właściwości użytkowe materiału konstrukcyjnego ulegają najczęściej zmianie. Wywołane to jest bądź procesem samorzutnym, który w podwyższonej temperaturze ulega przyspieszeniu, bądź też jest to rezultat oddziaływania czynnika zewnętrznego, związanego z technologicznymi warunkami eksploatacji aparatury. Istotnego znaczenia nabierają przy tym takie czynniki jak:

- a) temperatura, w jakiej materiał jest użytkowany;
- b) naprężenie (statyczne i dynamiczne), jako obciążenie fizyczne materiału;
- c) czas trwania obciążenia.

Wraz ze wzrostem temperatury następuje stałe zmniejszanie się właściwości sprężystych materiału, a w konsekwencji ulega on plastycznemu odkształceniu, co jest równoznaczne ze zmniejszaniem się wytrzymałości mechanicznej konstrukcji. Lecz zapoczątkowanie odkształcenia trwałego zależy nie tylko od temperatury, ale związane jest także z wartością oddziaływującego na materiał obciążenia (naprężenia) oraz z czasem jego trwania. Wzrost temperatury ułatwia przy tym powstanie odkształcenia plastycznego (tzw. pełzanie materiału), które przy niższej temperaturze, przy danym stanie naprężenia i czasie jego trwania, jeszcze nie mogłoby nastąpić; np., w temperaturze otoczenia elementy konstrukcyjne działają z reguły przy naprężeniu nie przekraczającym sprężystego – czas działania nie ma wówczas praktycznie żadnego znaczenia.

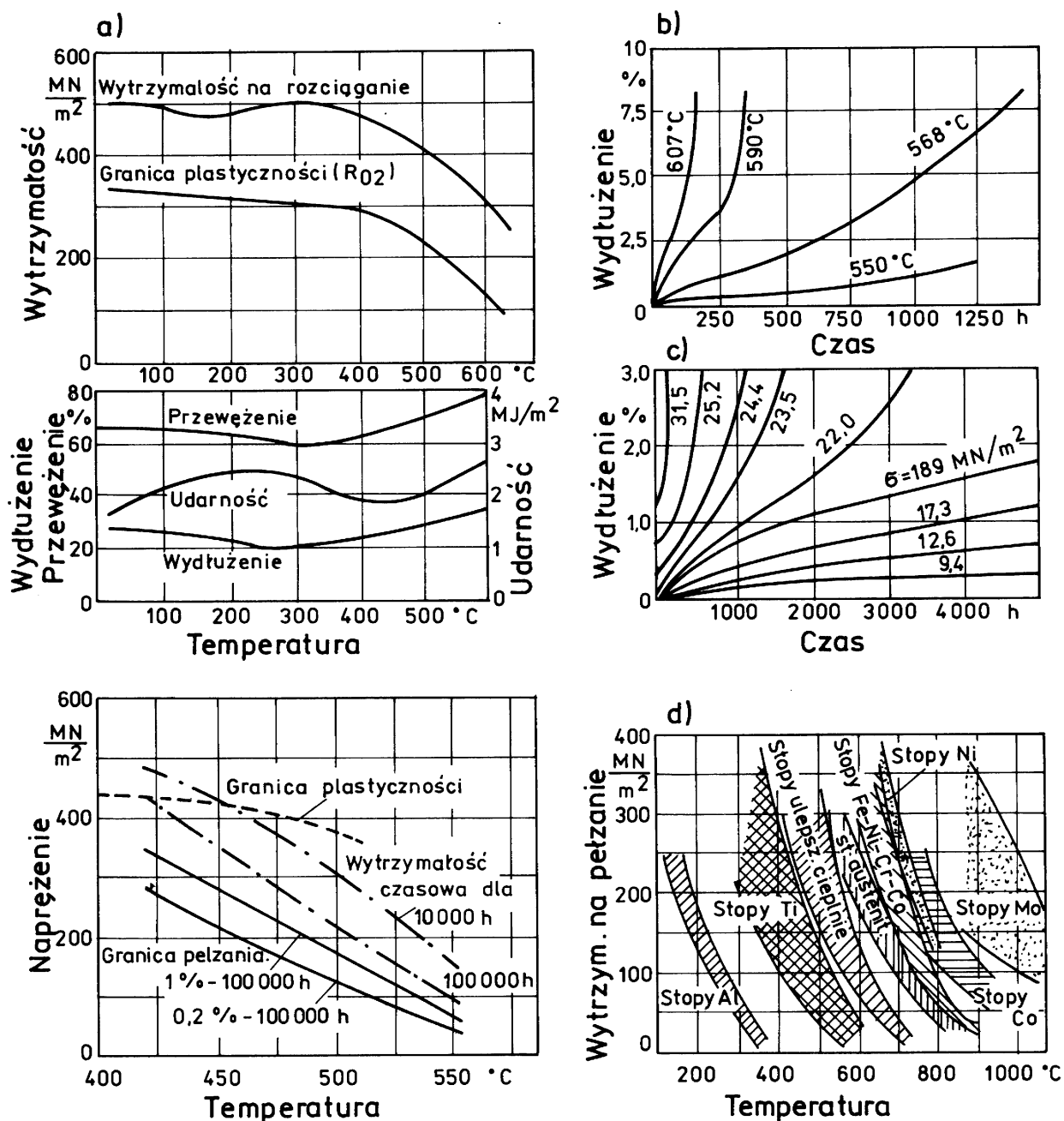
Typowy wpływ niektórych czynników na właściwości mechaniczne metali w podwyższonej temperaturze przedstawiono na rys. 5.1. Przebiegi linii naprężenia (rys. 5.1a) wskazują, że w stalach węglowych wyraźne zmniejszenie plastyczności występuje powyżej 400°C; w stalach stopowych punkt ten jest przesunięty wyżej, nawet do 500°C. I chociaż do takiej temperatury czas trwania obciążenia jest często mało istotny, to dla oceny właściwości mechanicznych materiału czas ten oraz stopień obciążenia są zawsze określone (rys. 5.1b,c).

Ponieważ na charakter odkształcenia materiału wpływ wywiera zarówno temperatura jak i czas trwania oraz wartość występującego naprężenia, pełny obraz odkształcenia danego materiału można uzyskać wyznaczając krzywą pełzania przy różnej temperaturze i dla wielu wartości naprężenia jednocześnie - rys. 5.1d. Pozwala to wyznaczyć, przynajmniej w przybliżeniu, wytrzymałość materiału na pełzanie w określonej temperaturze.

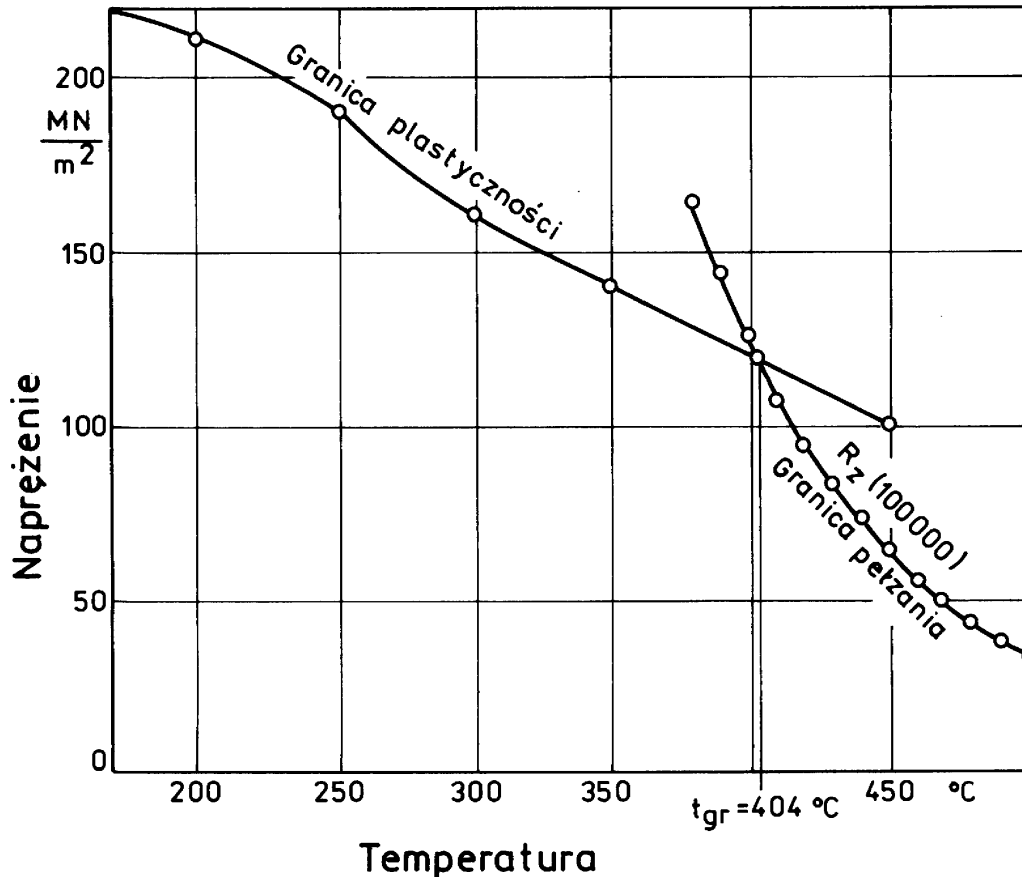
Sytuację taką uwzględnia się przy projektowaniu aparatury (lub jej elementów). O ile więc w obliczeniach konstrukcji działającej przy temperaturze otoczenia (lub niewiele wyższej) wykorzystuje się wartości charakterystycznych właściwości wytrzymałościowych, otrzymane ze statycznej próby na rozciąganie w temperaturze pokojowej (np. R_m , R_e), to dla podwyższonej temperatury eksploatacji materiału nie można opierać obliczeń konstrukcyjnych na wynikach takiej próby - ze względu na istotną zależność wytrzymałości plastycznej materiału stalowego od czasu trwania obciążenia. Stąd, w zakresie temperatury do (350÷400)°C - kiedy to czynnik czasu oddziałuje mniej istotnie – obliczenia wytrzymałościowe bazują na wartości granicy plastyczności dla odpowiedniej temperatury (R_e^t lub $R_{0,2}^t$), natomiast przy jeszcze wyższej temperaturze eksploatacji konstrukcji podstawowym wskaźnikiem dla tych obliczeń jest wartość granicy pełzania ($R_{1(\tau)t}$), względnie czasowa wytrzymałość na pełzanie ($R_{z(\tau)t}$).

O wyborze do obliczeń konstrukcyjnych wielkości określającej wytrzymałość materiału (np. ścianki elementu aparatu) decyduje temperatura materiału, a ściślej jej relacja względem tzw. temperatury granicznej. Przez temperaturę graniczną rozumie się taką wartość, przy której granica plastyczności przyjmuje taką samą wartość co czasowa wytrzymałość na pełzanie, tzn. kiedy $R_e(t) = R_{z(\tau)(t)}$, co przedstawiono na rys. 5.2.

Jeżeli w danych materiałowych brak jest określenia temperatury granicznej to na podstawie relacji $R_e=f(t)$ i $R_{z(t)}=f(t)$ lub $R_{1(t)}=f(t)$, można opracować przebieg tych funkcji – niekiedy z uwzględnieniem umownej granicy plastyczności $R_{0,2}=f(t)$ – i ustalić wartość temperatury granicznej dla danego gatunku materiału (rys. 5.2). Według danych normalizacyjnych można ogólnie przyjąć, że wartość minimalna temperatury granicznej średnio wynosi: 380°C dla stali węglowych, 420°C dla stali niskostopowych i 525°C dla stali stopowych austenitycznych.



Rys. 5.1. Właściwości mechaniczne metali w temperaturze podwyższonej: a) charakterystyka wytrzymałościowa stali; b) wpływ temperatury na przebieg pełzania stali węglowej; c) wpływ naprężenia na pełzanie stali austenitycznej; d) wytrzymałość na pełzanie (1000 h) różnych stopów



Rys. 5.2. Wytrzymałość stali K18 (rury) w podwyższonej temperaturze

Występująca dla wyrobów hutniczych duża różnorodność niektórych właściwości wytrzymałościowych (wartości R_m , R_e , $R_{0,2}$, $R_{z(\tau)}$, $R_{1(\tau)}$ i in.), pozwala w praktyce – dla przewidywanego obciążenia konstrukcji - na dość dokładny wybór odpowiedniego gatunku materiału. O dopełnieniu innych wymogów dla materiału konstrukcyjnego, jak np. odporność korozyjna, pamięta się, mając na uwadze warunki realizacji procesu w konstruowanym aparacie.

5.3. Odporność korozyjna materiałów konstrukcyjnych

Niejeden aparat lub jego elementy konstrukcyjne z góry są przeznaczone do eksploatacji w środowisku wykazującym mniejszą lub większą agresywność korozyjną. Oznacza to, że wymagana skuteczność ochrony konstrukcji przed korozją powinna być przewidziana na etapie projektu.

Należy przyjąć, że materiał konstrukcyjny powinien zapewniać prawidłowe działanie oraz trwałość aparatury, w określonych warunkach jej eksploatacji, przez pewien przyjęty okres czasu. Należy również pamiętać - na co zwracano już uwagę - o stronie ekonomicznej decyzji, tak aby koszt wykonania elementów aparatury był możliwie mały. Równolegle trzeba zwrócić uwagę na skalę produkcji wytwarzanej substancji oraz czas produkcji wg przyjętej technologii (okres amortyzacji). W przypadku, gdy wytwarzanie konkretnej substancji jest

realizowane na małą skalę i przez krótki okres czasu, może okazać się celowe – z ekonomicznego punktu widzenia – zastosowanie materiału taniego i przyjęcie zasady częstej wymiany aparatury (czy też jej elementów). Gdy surowce są przetwarzane w dużej ilości na wartościowy produkt, a przy tym w czasochłonnym procesie technologicznym, to odporność korozyjna materiału ma niejednokrotnie decydujące znaczenie, co często prowadzi do wyboru materiału droższego, ale zapewniającego ciągłość produkcji.

Najważniejszym i najczęściej wykorzystywanym materiałem w konstrukcji aparatury przemysłowej jest stal. Szerokie zastosowanie znajdują również i inne materiały hutnicze, jak żeliwo, staliwo, stopy miedzi, aluminium itd., a ostatnio także takie metale jak tantal, tytan, wolfram i in., znane z dobrych właściwości mechanicznych, jak i z dużej odporności na działanie agresywnego środowiska.

Informacje dotyczące odporności korozyjnej różnych materiałów, a w szczególności stali i stopów metali, mają pierwszoplanowe znaczenie w przypadku:

- a) konieczności stosowania metali w agresywnym środowisku korozyjnym;
- b) wykorzystywania wielu materiałów przy podwyższonej temperaturze, kiedy występuje korozja gazowa, a głównie tzw. zgorzelinowanie metali.

W obu przypadkach najczęściej stosuje się specjalne stale wysokostopowe, natomiast w pozostałych, tj. w środowisku mało agresywnym korozyjnie, stale węglowe lub niskostopowe, godząc się równocześnie z ich naturalną skłonnością do korodowania. Należy jednak zaznaczyć, że uzupełnienie składu chemicznego stali węglowej lub innych materiałów hutniczych o określone dodatki stopowe (Cu, Si, Ni, Cr, Mo i in.) znakomicie zwiększa odporność korozyjną, nawet na działanie szczególnie agresywnego środowiska, na co powinno zwrócić się uwagę przy wyborze materiału hutniczego.

Grupę materiałów metalowych, które wykazują zarówno dobre właściwości mechaniczne (także przy temperaturze podwyższonej), jak i zadowalającą odporność na środowiska agresywne chemicznie, stanowią tzw. stale odporne na korozję (np. 1H18N10T). Trzeba jednak pamiętać, że wbrew rozpowszechnionemu mniemaniu, stale te ulegają korozji. Poza wieloma czynnikami, zależy to przede wszystkim od środowiska korozyjnego. W praktyce istnieją bowiem takie substancje (np. roztwór kwasu solnego), w których stale odporne na korozję są niewiele trwalsze niż konstrukcyjne stale węglowe.

Parametrem określającym wprost przydatność materiału do stosowania w danych warunkach korozji i pozwalającym przewidzieć czas pracy elementu aparatu jest szybkość korozji. Najbardziej miarodajną oceną tej wielkości jest głębokość na jaką przeniknęło zniszczenie materiału w określonym czasie (wartość tę w konstrukcji aparatury określa się często jako średnią szybkość ścieniania). Szybkość korozji określana jest także na podstawie straty (ubytku) masy z powierzchni elementu w czasie. W takim ujęciu odporność materiałów stalowych na działanie chemicznie agresywnego środowiska odpowiada warunkom przedstawionym w tabeli 5.1.

Wybór stali o określonej odporności na korozję, dla konkretnego zastosowania, może mieć charakter wyboru preferencyjnego lub optymalnego - w obu przypadkach jednak uzasadnionego ekonomicznie. W pierwszym, wybiera się materiał wg najistotniejszej właściwości dla danego zastosowania (np. długotrwała eksploatacja w środowisku agresywnym korozyjnie), rezygnując z innych; w drugim - kojarzy się żądania wynikające z paru cech materiału oraz jego otoczenia.

Zasadniczymi informacjami wpływającymi na taki wybór są m.in.:

- rodzaj środowiska korozyjnego (skład chemiczny, temperatura itp.),
- żądana czystość produkowanej substancji,
- żądana wytrzymałość przy temperaturze stosowania,
- przewidywana obróbka technologiczna (np. wykończenie powierzchni),
- metoda łączenia elementów aparatury.

Skala odporności korozyjnej materiałów stalowych

Okres zużycia wyrobu	Trwałość korozyjna			
	Grupa odporności materiału	Szybkość korozyji	Ubytek masy, g/(m ² · doba)	
		mm/rok	Stal, staliwo	Stal nierdzewna, kwasoodporna, żaroodporna
nie określa się	I- całkowicie trwałe ¹⁾	poniżej 0,001	poniżej 0,0204	poniżej 0,021
nie określa się	II- bardzo trwałe ¹⁾	0,001÷0,01	0,020÷0,197	0,021÷0,217
(10÷100) lat	III- trwałe ¹⁾	0,01÷0,10	0,197÷2,0	0,217÷2,17
(1÷10) lat	IV- o małej odporności ²⁾	0,10÷1,0	2,0÷20	2,17÷21,7
(0,1÷1) lat	V- mało trwałe ³⁾	1,0÷10	20÷200	21,7÷217
do 36 dni	VI- nietrwałe ³⁾	powyżej 10	powyżej 200	powyżej 217
1) stosowanie stali bez zastrzeżeń, 2) na elementy mało odpowiedzialne, 3) stosować nie wolno				

Wymienione czynniki wpływają nie tylko na intensywność korozyji, ale mogą także prowadzić do zmiany jej charakteru, np. z korozyji równomiernej na wżerową, co naturalnie komplikuje zagadnienie wyboru materiału.

Wybór ten mogą istotnie ułatwić informacje zebrane w okresie eksploatacji aparatury czy innych urządzeń technologicznych. Wykorzystywanie w wielu gałęziach przemysłu różnych materiałów daje bowiem możliwość rejestracji oraz oceny zaistniałych przypadków uszkodzenia rozmaitych elementów konstrukcyjnych.

Wymagania stawiane przy doborze różnych gatunków stali scharakteryzowano w tabeli 5.2. Dodatkowo, w tabeli 5.3, zwrócono uwagę na wybrane gatunki stali zalecane przy wytwarzaniu aparatury narażonej na działanie podwyższonych parametrów technologicznych.

Działanie korozyji zwiększa się znacznie ze wzrostem temperatury, co zależy w dużym stopniu także od środowiska, z którym materiał się styka. Przy korozyji tworzyw metalowych istotnego znaczenia nabiera zwłaszcza tzw. korozyja gazowa, charakteryzująca odporność metali na zgorzelinowanie, tj. proces utleniania w atmosferze gorącego gazu. Spowodowany tym procesem ubytek masy materiału (najczęściej powierzchniowy), zależy zarówno od temperatury ośrodka, jak i czasu. Uwzględnić przy tym należy, że dla każdego materiału stalowego jest określona pewna charakterystyczna temperatura, powyżej której utlenianie w atmosferze gazu zachodzi na tyle gwałtownie (warstwa zgorzliny złożona z tlenków żelaza nie ogranicza dyfuzji tlenu), że używanie takiego materiału do wytwarzania aparatury narażonej na korozyję gazową staje się niecelowe. Stąd, w opisie właściwości stali, podawana jest często tzw. graniczna temperatura żaroodporności (tabela 5.2), określająca stan, powyżej którego rozpoczyna się intensywne zgorzelinowanie (np. dla kotłowej stali węglowej K10 temperatura ta wynosi ok. 500 °C).

Stalowe materiały hutnicze i ich przeznaczenie

a) stale na blachy

Gatunek stali	Grubość wyrobu, mm	Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C ^{*)}	Przeznaczenie
1	2	3	4
Blachy konstrukcyjne			
St3S St3SX	do 100	300	uniwersalne oraz blachy grube ze stali konstrukcyjnych do ogólnego przeznaczenia; na odpowiedzialne nośne elementy konstrukcji spawanych (zbiorniki zwykłe, ciśnieniowe itp.)
St4S St4SX itp.		300÷400 (ok. 500)	
20 35 45 itp.	do 150	400÷450 (ok. 500)	
18G2A	16÷50	(ok. 400)	
Blachy kotłowe			
St36K St41K St44K	3÷120	400 (450)	walczaki kotłowe, zbiorniki zwykłe i ciśnieniowe, wymienniki ciepła
20M	60÷100	500 (550)	walczaki kotłów wysokoprężnych, dna sitowe wymienników ciepła itp.
15HM	3÷6 i 8÷60	550 (550)	walczaki, zbiorniki, dna sitowe itp.

b) stale do wyrobu rur

Rury ogólnego przeznaczenia			
R35 R45	wg	200	na rurociągi ogólnego przeznaczenia oraz inne elementy konstrukcyjne
18G2A	PN/H-74219	450 (500)	
19G2	BN/0648-81	450	na rurociągi ogólnego przeznaczenia
Rury kotłowe			
K10	wg PN/H-74219	450÷478 (ok. 500)	komory podgrzewaczy wody, wymienniki ciepła, rurociągi itp.
K18			komory podgrzewaczy wody, przegrzewacze pary, wymienniki ciepła, przewody wody gorącej, rurociągi pary itp.
16M		500 (550)	przegrzewacze pary, wymienniki ciepła, rurociągi itp.
15HM		550 (575)	przegrzewacze pary, przewody wody gorącej, pary itd.
10H2M 12HMF		560÷580 (600)	przewody wody oraz pary, rurociągi oraz inne elementy aparatury

c) wyroby ze stali nierdzewnej i kwasoodpornej¹⁾

1	2	3	4
1H13 0H13J H17 H17N2 0H17T	a, b, c a, c c c a, b, c	600 (800)	wszelkiego typu urządzenia i aparaty, oraz różne elementy aparatury procesowej przeznaczone (głównie) do eksploatacji w temperaturze podwyższonej
0H18N9 1H18N9T	a, c a, b, c	700	wszelkie urządzenia przemysłowe
1H18N9 H18N10T	c a, b, c	550	aparaty i urządzenia wymagające dużej odporności na płyny korozyjne

d) wyroby ze stali żaroodpornej i żarowytrzymałej²⁾

H5M	b	650 (650)	rury na elementy aparatury, kotłów parowych itp.
2H17	a	800 (800)	części aparatury eksploatowane w podwyższonej temperaturze
H13JS	a, c	950 (950)	części żaroodporne aparatury procesowej oraz kotłów parowych; przegrzewacze pary, kołpaki, rury pieców, itp.
H18JS	a, c	1050 (1050)	
H24JS	a	1220 (1200)	
H25T	b	1100 (1100)	części mało obciążone mechanicznie; wszelkie elementy aparatury
H18N9S	b	850 (850)	obciążone mechanicznie części aparatury; wszelkie elementy

*) w nawiasie podano przybliżoną temperaturę żaroodporności materiału w środowisku utleniającym (w niektórych przypadkach do osiągnięcia po dodatkowej obróbce cieplnej);

1) a- blachy o zakresie grubości (0,5÷40) mm,

b- rury konstrukcyjne o średnicy zewnętrznej (10,2÷508) mm,

c- pręty okrągłe (odkuwki) o średnicy zewnętrznej (8÷80) mm;

2) a- blachy o zakresie grubości (8÷40) mm (dla stali H25T i H18N9S 2÷40 mm),

b- rury konstrukcyjne o średnicy (10,2÷508) mm,

c- pręty okrągłe (odkuwki) o średnicy (8÷80) mm oraz (110÷160) mm dla H5M, H25T, H24JS, H18N9S

Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że w określonych warunkach eksploatacji aparatury odporność stali na korozję gazową może być zróżnicowana. Zależy to m.in. od takich czynników jak: stopień mechanicznego uszkodzenia powierzchni materiału, zakres i charakter zmiany jego temperatury, a także od obecności agresywnych osadów. Z praktycznego punktu widzenia istotne jest więc wskazanie na taką najwyższą wartość temperatury, przy której zapewniony jest długotrwały okres eksploatacji danego gatunku stali (tabela 5.2). Taką graniczną (gwarantowaną) wartość temperatury eksploatacji danego wyrobu hutniczego, o ile jest ona znana, podaje się w jego kartotece materiałowej.

Zalecane gatunki stali dla wybranych warunków procesowych

Parametry obliczeniowe	Gatunek stali	
	o gwarantowanej udarności	bez gwarantowanej udarności
$-40 < t_o \leq 200 \text{ } ^\circ\text{C}$ $0,07 < p_o \leq 2,0 \text{ MPa}$	ST36K, St41K, St44K; K10, K18; 0H13, 0H18N3, 1H18N9, 1H18N9T, 15HM	St2S, St3S, St3SX, St3Y, St4S, 10, 15, 20
$200 < t_o \leq 300 \text{ } ^\circ\text{C}$ $2,0 < p_o \leq 5,0 \text{ MPa}$	St3SU, St4SU; St36K, St44K, K10, K18; 0H13, 0H18N9, 1H18N9, 1H18N9T, 15HM	St2S, St3S, St4S; 10, 15, 20
$300 < t_o \leq 450 \text{ } ^\circ\text{C}$ $p_o > 5,0 \text{ MPa}$	St36K, St41K, St44K, K10, K18; 0H13, 0H18N9, 1H18N9, 1H18N9T, 15HM	

Ogólnie można przyjąć, że stale węglowe zachowują dość dobrą żaroodporność do temperatury ok. 450 °C, a stale niskostopowe wystarczająco dobrą do ok. 550 °C, co pokrywa się praktycznie z zakresem stosowalności tych stali ze względu na wymagane właściwości wytrzymałościowe w podwyższonej temperaturze. Znacznie większą odporność na zgorzelinowanie wykazują natomiast stale wysokostopowe, żaroodporne i żarowytrzymałe (tabela 5.2).

5.4. Właściwości technologiczne materiałów

W procesie projektowania aparatury, zachodzi niejednokrotnie potrzeba ustalenia wymagań dotyczących możliwości wykonania operacji technologicznych, określonych tokiem produkcji. Przy doborze materiału uwzględnić należy więc także jego cechy technologiczne, które mogą mieć wpływ na sposób wytwarzania elementów aparatury. Najważniejsze z tych cech odnoszą się do:

- a) kształtowania;
- b) spajania - rozumianego jako zdolność tworzenia trwałych i szczelnych połączeń, uzyskiwanych drogą spawania, zgrzewania, luto-spawania itp.

Na kształtowanie elementów (wyrobów hutniczych) składa się głównie obróbka plastyczna na zimno lub gorąco (walcowanie, wytlaczanie, gięcie, kucie itp.), która powinna być zgodna z wymaganiami dla stosowanego gatunku materiału. Warunki (ograniczenia) techniczne wynikające z obróbki plastycznej stalowych wyrobów hutniczych są najogólniej rzecz biorąc następujące:

- gięcie na zimno blach jest możliwe na promień krzywizny powyżej $10g_n$ (gdy nie przewiduje się wyżarzania normalizującego),
- dla wytłoczek z blach (np. den wypukłych) o grubości większej od 5 mm konieczne jest wyżarzanie elementu, o ile nie jest ono normalnym stanem obróbczym po tłoczeniu,

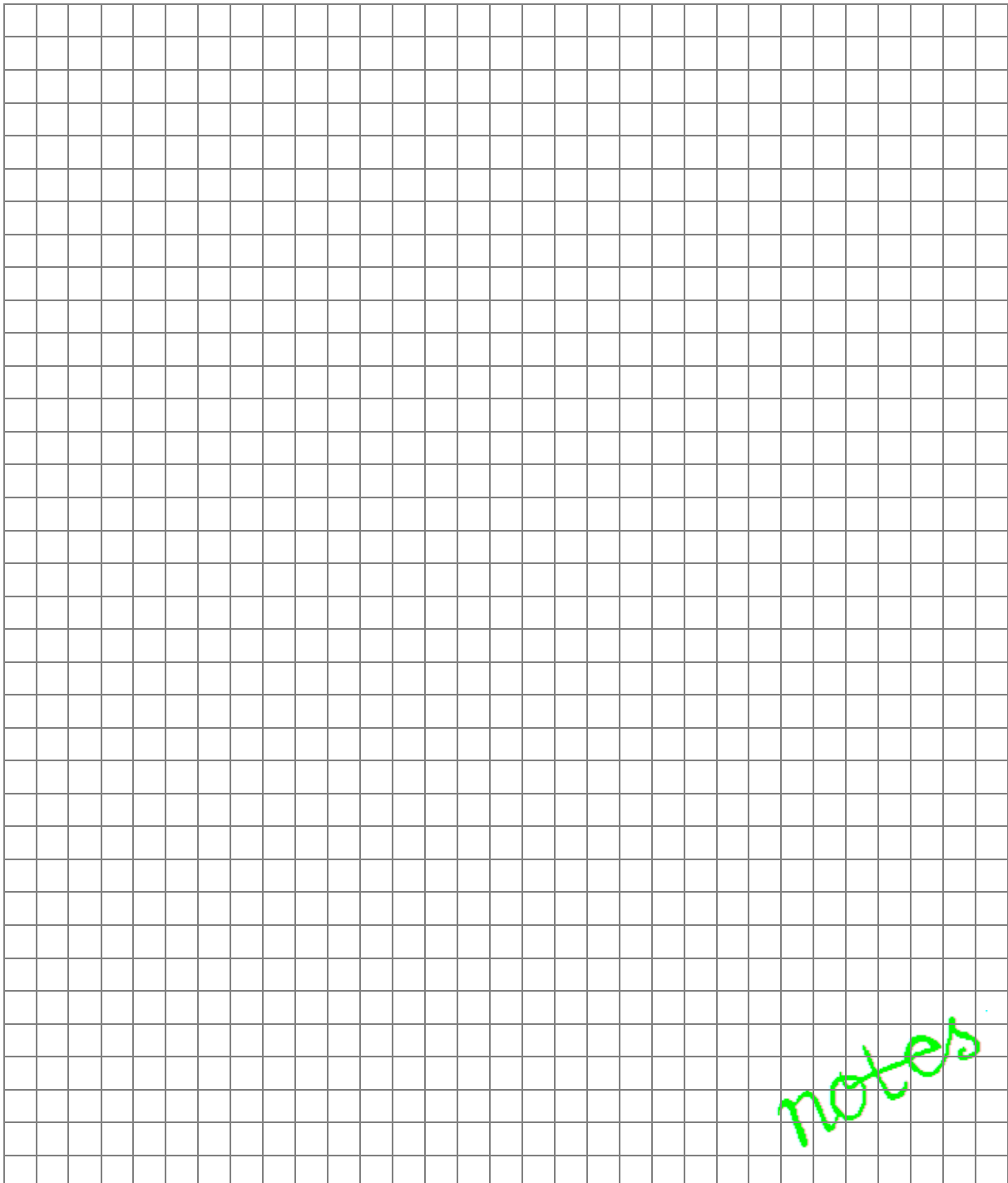
- dla rur giętych dopuszcza się takie zmniejszenie grubości ścianki aby:

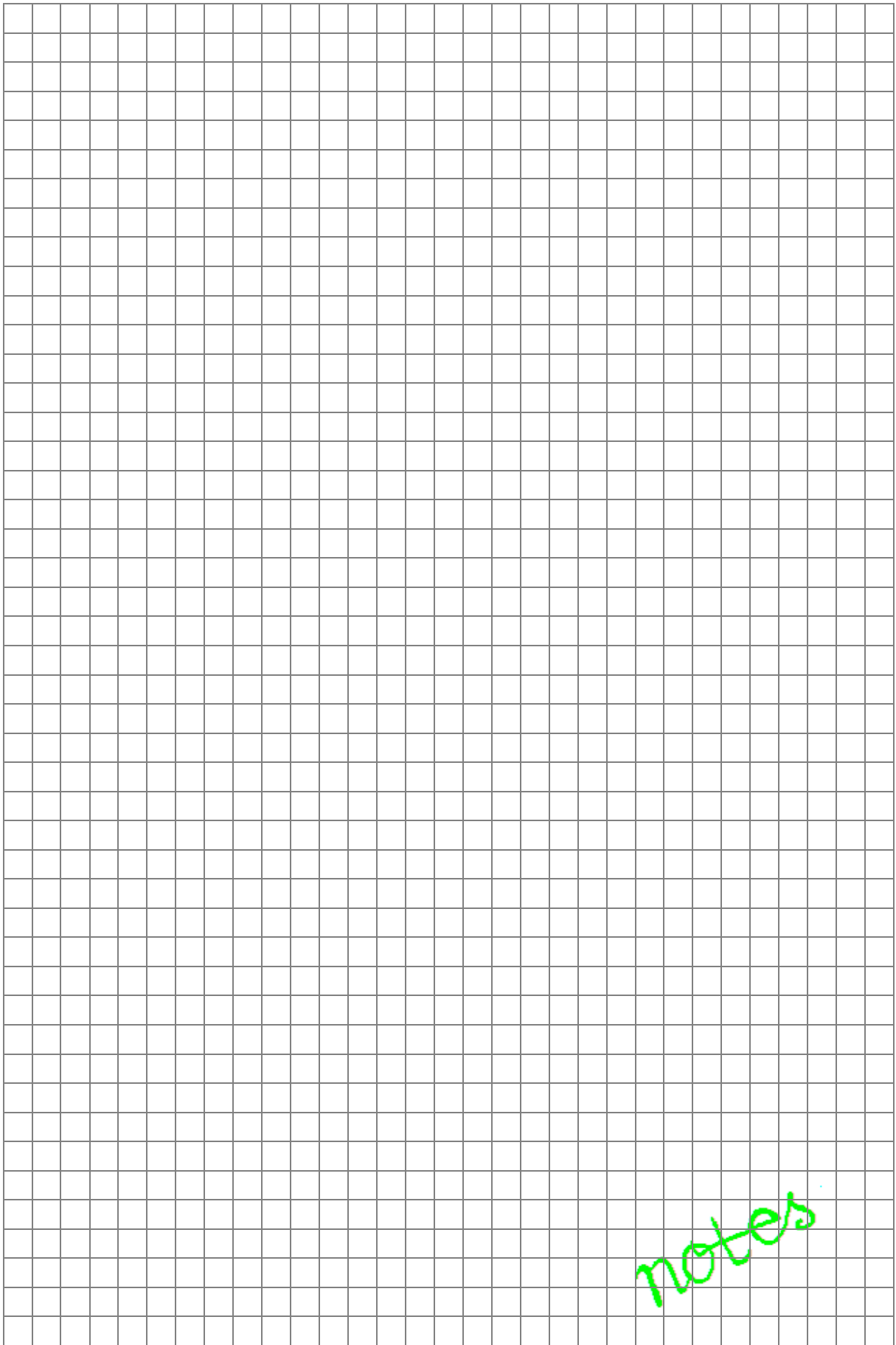
$$g_{rz} \geq 0,8g_o \text{ przy średnicy rury } d_z \leq 102 \text{ mm,}$$

$$g_{rz} \geq g_o \text{ dla } d_z > 102 \text{ mm.}$$

Sposób realizacji obróbki plastycznej wynika zasadniczo ze stosowania określonej technologii przetwarzania oraz urządzeń do tego przeznaczonych. Decydujące w tej mierze jest na ogół doświadczenie wytwórcy aparatury.

Dalsze wymagania techniczne, w tym szczególnie odnośnie do złącz spajanych, wynikają dodatkowo z istoty konstrukcji elementów aparatury, także jako nieodłączny podmiot obliczeń wytrzymałościowych. Uwagę czytelnika na te zagadnienia zwraca się więc w innym miejscu (rozdz. 2 i 3).





notes

6. KARTY MATERIAŁOWE STALOWYCH WYROBÓW HUTNICZYCH

Poprawne konstruowanie aparatury procesowej (jej elementów) powinno wymagać we wszystkich przypadkach kompleksowej analizy czynników mogących mieć wpływ na dobór materiału konstrukcyjnego, a metali w szczególności. Znajomość oddziaływania wielu czynników na właściwości i cechy konstrukcyjno-technologiczne materiałów stalowych daje konieczną podstawę do przeprowadzenia takiej analizy (por. rozdz. 5).

Podstawowe wskazówki, mogące dać użytkownikowi możliwość właściwej oceny materiału konstrukcyjnego z punktu widzenia jego przydatności technicznej, zestawia się na ogół w formie zwartej, w postaci tzw. kart materiałowych (względnie innych wytycznych stosowania wyrobów hutniczych). Zawarty w takiej karcie zbiór informacji ma na celu zwrócenie uwagi konstruktora na wszystkie poznane już cechy materiału i wynikające z nich najkorzystniejsze jego zastosowanie. Nadmienić przy tym należy, że do budowy (naprawy) aparatury ciśnieniowej powinny zostać użyte materiały i wyroby hutnicze, na które wytwórca wystawia atest badań. Dokument taki stwierdza, że materiał odpowiada określonym dla niego normom, a wykonany z niego wyrób hutniczy spełnia warunki techniczne, kwalifikujące go do praktycznego wykorzystania.

W stosunku do stali, które znajdują najliczniejsze zastosowanie w konstrukcji aparatury przemysłowej, karty materiałowe (siłą rzeczy opracowane w ograniczonej formie), zestawiono na następnych stronach skryptu w formie tabel. Wskazano w nich na podstawowe przeznaczenie niektórych stali, jak również scharakteryzowano podstawowe właściwości, istotne z konstrukcyjnego punktu widzenia.

Uwzględniając rodzaj i przeznaczenie wyrobu hutniczego (blacha, rura, pręt itp.), w kolejnych kartach materiałowych zestawiono następujące typy i gatunki stali:

- stal węglową zwykłej jakości (ogólnego przeznaczenia):
St3S, St3SX, St3SY, St4S, St4SX, St4SY;
- stal węglową konstrukcyjną wyższej jakości (ogólnego przeznaczenia):
20, 45, 20G;
- stal węglową na rury przewodowe i konstrukcyjne:
R35, R45;
- stal na blachy kotłowe:
St36K, St41K, St44K, 20M, (15HM)¹⁾;
- stal na rury kotłowe, odkuwki i pręty dla energetyki:
K10, K18, 16M, 15HM, 10H2M, 13HMF;
- stal odporną na korozję (nierdzewna i kwasoodporna):
1H13, 0H17T, 2H17N2;
- stal austenityczną (odporną na korozję):
1H18N9T, 1H18N10T;
- stal żaroodporną i żarowytrzymałą:
H13JS, H24JS, H25T

1) w grupie stali dla energetyki

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego											
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali			
Blachy cienkie: PN/H-92131 Blachy grube i uniwersalne: PN/H-92120 Pręty i kształtowniki: PN/H-93000 Pręty walcowane: PN/H-93015 Pręty ciągnięte: PN/H-93014					Stal węglowa zwykłej jakości (ogólnego przeznaczenia)			St3S St3SX St3SY			
					Norma gatunku: PN/H-84020						
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Al		
	≤0,22	≤1,10	*)	≤0,050	≤0,030	≤0,30	≤0,30	≤0,30	≥0,02		
Właściwości mechaniczne											
w temperaturze pokojowej							w temp. obniżonej				
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %		
≤16	23,5	38÷49	26			21					
16÷40	22,5		25								
40÷100	20,5		23								
Pręty ciągnięte							*) St4S: 0,15÷0,3 % St4SX: ≤0,07 % St4SY: 0,05÷0,17 %				
≤60	22	38÷47	25			21					
w temperaturze podwyższonej											
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600	Temperatura graniczna, °C
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	dla St3S	17,7	16,7	13,7	12,8	11,8					
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²				18,2		17,2		16,2		15,2	(przy $R_e^t = R_z/10^5$)
Temperatura, °C											
R _{1/10⁴}	N/m ²										
R _{1/10⁵}											
R _{Z/10⁴}											
R _{Z/10⁵}											
Właściwości fizyczne											
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600			
λ, W/(m·K)		54,7	52,9	50,0	47,1	44,2	40,7				
α _o ·10 ⁶ , 1/K (od 20 °C)			11,1	12,1	12,9	13,5	13,9	14,1			
Zakres temp., °C		20	100÷150	150÷200	200÷250	250÷300	300÷350	350÷400	400÷450		
c _p , kJ/(kg·K)		0,469	0,502	0,519	0,532	0,544	0,569	0,594	0,628		
Charakterystyka technologiczna											
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C						Spawanie					
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C						300 (pręty)				- spawalność dobra wszystkimi metodami; - zabieg cieplny nie wymagany	
Obróbka cieplna		Temp., °C		Obróbka plastyczna		Temp., °C					
Normalizowanie		890÷920		Obróbka na gorąco		900÷1200					
Wyżarzanie odprężające		600÷650		Formowanie zimne możliwe przy małej deformacji elementów							
Hartowanie											

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego												
Rodzaj wyrobu				Typ stali				Gatunek stali				
Blachy cienkie: PN/H-92131 Blachy grube i uniwersalne: PN/H-92120 Pręty i kształtowniki: PN/H-93000 Pręty walcowane: PN/H-93015 Pręty ciągnięte: PN/H-93014				Stal węglowa zwykłej jakości (ogólnego przeznaczenia)				St4S St4SX St4SY				
				Norma gatunku: PN/H-84020								
Skład chem., %	C	Mn	Si				P	S	Cu			
	≤0,25		St4S: 0,15÷0,3; St4SX: ≤0,07 St4SY: 0,05÷0,17				≤0,050	≤0,050				
Właściwości mechaniczne												
w temperaturze ~20 °C						w temp. obniżonej						
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %			
≤16	27,5	44÷55	24			20,6						
16÷40	26,5		23									
40÷100	24,5		21									
Pręty ciągnięte												
≤60	22,5	39÷51	23			20,6						
w temperaturze podwyższonej												
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600	Temperatura graniczna, °C	
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²		19,1	17,7	15,7								
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²				18,1		17,2		16,2			(przy $R_e^t = R_z/10^5$)	
Temperatura, °C												
$R_{1/10^4}$	$\frac{N}{m^2}$											
$R_{1/10^5}$												
$R_{z/10^4}$												
$R_{z/10^5}$												
Właściwości fizyczne												
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600				
λ , W/(m·K)		54,6	52,9	50,0	47,1	44,2	40,7					
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)			11,1	12,1	12,9	13,5	13,9					
Zakres temp., °C		20	100÷150	150÷200	200÷250	250÷300	300÷350	350÷400	400÷450			
c_p , kJ/(kg·K)		0,469	0,502	0,519	0,532	0,544	0,569	0,594	0,628			
Charakterystyka technologiczna												
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C						Spawanie						
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C						300 (pręty)						
Obróbka cieplna		Temp., °C		Obróbka plastyczna		Temp., °C						
Normalizowanie		880÷910		Obróbka na gorąco		850÷1100						
Wyżarzanie odprężające		600÷650		Formowanie zimne		możliwe przy						
Hartowanie				małej deformacji		elementów						
						- spawalność dobra; - dla g<25 mm obróbka cieplna niekonieczna; - po spawaniu zabieg cieplny zbędny						

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																					
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali													
Blacha gruba: PN/H-92135 Blacha cienka: PN/H-92129 Pręty ciągnione: PN/H-93014 Pręty walcowane i kształtowniki: PN/H-93001					Stal węglowa wyższej jakości (ogólnego przeznaczenia)			20													
					Norma gatunku: PN/H-84019																
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu													
	0,17÷ ÷0,24	0,35÷ ÷0,65	0,17÷ ÷0,37	≤0,040	≤0,040	≤0,25	≤0,25	≤0,25													
Właściwości mechaniczne																					
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej														
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %												
≤80	24,5	41	25	55	7,0	20,6															
80÷150	24,5	41	23	50	6,3																
150÷250	24,5	41	22	45	6,0																
≤16	24,5	43	24	pręty ciągnione	7,0																
16÷40	24,5	41	25																		
40÷100	20,5	40	25																		
w temperaturze podwyższonej																					
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600											
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	g≤100mm	20	18	16	14,5	11	9,5														
	100÷250 mm	18	16,5	15	13,5	10,5	9,7	dla g>250 mm wg atestu wyrobu hutniczego					416								
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²				18,5		17,5		16,5							(przy $R_e^t = R_{z/10^5}$)						
Temperatura, °C		300	350	390	400	410	420	430	440	450	460	470									
$R_{l/10^4}$	N/m ²			13,6	12,3	11,1	10,0	8,8	7,9	7,0	8,10	5,3									
$R_{l/10^5}$				10,3	9,0	7,8	6,7	5,8	5,1	4,5	3,9	3,3									
$R_{z/10^4}$				17,6	16,0	14,5	13,0	11,6	10,3	9,2	8,2	7,3									
$R_{z/10^5}$				14,3	13,5	12,8	9,4	8,3	7,3	6,5	5,7	5,0									
Właściwości fizyczne																					
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600													
λ , W/(m·K)		52,2	50,6	48,3	45,4	42,5	39,5														
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)			11,1	12,1	12,9	13,5	13,9														
Zakres temp., °C		100÷150	150÷200	200÷250	250÷300	300÷350	350÷400	400÷450	450÷500												
c_p , kJ/(kg·K)		0,502	0,521	0,533	0,544	0,569	0,594	0,628	0,670												
Charakterystyka technologiczna																					
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C							550		Spawanie												
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C							500		- dobre wszystkimi metodami; - przy g<40 mm zabiegi cieplne zbędne												
Obróbka cieplna			Temp., °C		Obróbka plastyczna		Temp., °C														
Normalizowanie			880÷910		Kucie		900÷1100														
Hartowanie			880÷910																		
Wyżarzanie odprężające			600÷680																		

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego														
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali						
Odkuwki i pręty kute dla energetyki: PN/H-94009					Stal węglowa wyższej jakości (ogólnego przeznaczenia)			20						
					Norma gatunku: PN/H-84019									
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu						
	0,17÷ ÷0,24	0,35÷ ÷0,37	0,17÷ ÷0,37	≤0,04	≤0,04	≤0,25	≤0,25	≤0,25						
Właściwości mechaniczne														
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej							
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %					
≤ 40	24	40	25		7	20,6								
40÷100	23	39	24		6									
100÷250	21	38	22		5									
250÷500	20	37	20		5									
w temperaturze podwyższonej														
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600			Temperatura graniczna, °C	
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	g ≤ 100 mm	20	18	16	14,5	11	9,5							416 (przy $R_e^t = R_z/10^5$)
	100÷250 mm	18	16,5	15	13,5	10,5	9,7	dla g > 250 mm wg katalogu lub atestu wyrobu hutniczego						
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²				18,5		17,5		16,5						
Temperatura, °C		300	350	390	400	410	420	430	440	450	460	470		
$R_{V/10^4}$	N/m ²			13,6	12,3	11,1	10,0	8,8	7,9	7,0	6,1	5,3		
$R_{V/10^5}$				10,3	9,0	7,8	6,7	5,8	5,1	4,5	3,9	3,3		
$R_{Z/10^4}$				17,6	16,0	14,5	13,0	11,6	10,3	9,2	8,2	7,3		
$R_{Z/10^5}$				14,3	13,5	12,8	9,4	8,3	7,3	6,5	5,7	5,0		
Właściwości fizyczne														
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600						
λ , W/(m·K)		52,34	50,59	48,26	45,36	42,15	39,54							
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)			11,1	12,1	12,9	13,5	13,9							
Zakres temp., °C		100÷150	150÷200	200÷250	250÷300	300÷350	350÷400	400÷450	450÷500					
c_p , kJ/(kg·K)		0,503	0,519	0,532	0,544	0,569	0,596	0,629	0,67					
Charakterystyka technologiczna														
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C							Spawanie							
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C							450			- spawalność dobra wszystkimi metodami; - przy g < 40 mm zabieg cieplny zbędny				
Obróbka cieplna		Temp., °C		Obróbka plastyczna		Temp., °C								
Normalizowanie		880÷910		Kucie		900÷1100								
Hartowanie		880÷910												
Odpuszczanie		600÷680												

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																	
Rodzaj wyrobu						Typ stali					Gatunek stali						
Blacha gruba: PN/H-92135 Blacha cienka: PN/H-92129 Pręty walcowane: PN/H-93015 Odkuwki i pręty kute: PN/H-94009						Stal węglowa wyższej jakości (ogólnego przeznaczenia)					45						
						Norma gatunku: PN/H-84019											
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu									
	0,42÷ ÷0,50	0,50÷ ÷0,80	0,17÷ ÷0,37	≤0,040	≤0,040	≤0,25	≤0,25	≤0,25									
Właściwości mechaniczne																	
w temperaturze ~20 °C										w temp. obniżonej							
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %								
≤80	35,5	60,1	16	40		20,6											
Dla prętów ulepszanych cieplnie																	
≤16	48,0	70÷84	14	40	3												
16÷40	41,0	66÷80	16		3												
40÷100	37,5	62÷76	17		3												
w temperaturze podwyższonej																	
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600			Temperatura graniczna, °C				
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	pręty walc.	28,4	26,5	24,5	21,6	18,6							351				
													(przy $R_e^t = R_{z/10^5}$)				
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²				18,2		17,2		16,2									
Temperatura, °C		350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	
$R_{1/10^4}$	$\frac{N}{m^2}$		21,2	20,1	18,9	17,7	16,4	15,2	13,5	11,9	10,4	9,0	8,0	6,9	5,9	5,0	4,3
$R_{1/10^5}$			15,4	14,2	13,2	12,2	11,1	10,1	8,9	7,8	6,8	5,9	5,0	4,1	3,5	3,0	2,6
$R_{z/10^4}$			25,0	24,0	12,8	21,6	20,4	19,3	17,6	15,9	14,0	10,0	10,0	8,8	7,8	7,0	6,2
$R_{z/10^5}$			22,1	20,5	18,8	17,2	15,6	14,2	12,4	10,8	9,4	7,1	7,0	6,2	5,4	4,6	4,0
$R_{02/10^5}$			13,5	12,4	11,4	10,2	9,2	8,5	7,0	6,0	5,2	3,6	3,6	3,0	2,5	2,1	1,8
Właściwości fizyczne																	
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600									
λ , W/(m·K)		45,2	43,5	41,5	39,0	36,5	34,5										
$\alpha_0 \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)			11,1	12,1	12,9	13,5	13,9	14,1									
Zakres temp., °C		100÷150	150÷200	200÷250	250÷300	300÷350	350÷400	400÷450	450÷500								
c_p , kJ/(kg·K)		0,502	0,519	0,532	0,544	0,569	0,595	0,628	0,670								
Charakterystyka technologiczna																	
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C						500					Spawanie						
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C						400÷450					- nie jest przeznaczona do spawania						
Obróbka cieplna		Temp., °C				Obróbka plastyczna		Temp., °C									
Normalizowanie		830÷860				Formowanie na gorąco		850÷1100									
Hartowanie		830÷860															
Odpuszczanie		530÷670															

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																
Rodzaj wyrobu					Typ stali					Gatunek stali						
Odkuwki i pręty kute dla energetyki: PN/H-94009					Stal węglowa wyższej jakości Mn (ogólnego przeznaczenia)					20G						
					Norma gatunku: PN/H-84019											
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu								
	0,17÷ ÷0,24	0,70÷ ÷1,00	0,17÷ ÷0,37	≤0,04	≤0,04	≤0,25	≤0,25	≤0,25								
Właściwości mechaniczne																
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej									
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %							
≤ 40	27	45	24		6	20,6										
40÷100	26	44	23		6											
100÷250	25	43	21		6											
250÷500	24	41	19		5											
w temperaturze podwyższonej																
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600				Temperatura graniczna, °C		
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	g ≤ 100 mm	24	23	19	18,5	15	dla g > 250 mm wg katalogu lub atestu wyrobu hutniczego									
	100÷250 mm	23	22	19	18,5	15										
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²				18,5		17,5		16,5			(przy $R_e^l = R_z/10^5$)					
Temperatura, °C		350	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520
$R_{1/10^4}$	N/m ²		13,6	12,3	11,1	10,0	8,8	7,9	7,0	6,1	5,3	4,5	4,0	3,5	3,1	2,7
$R_{1/10^5}$			10,3	9,0	7,8	6,7	5,8	5,1	4,5	3,9	3,3	2,8	2,4	2,1	1,9	1,7
$R_z/10^4$			17,6	16,0	14,5	13,0	11,6	10,3	9,2	8,2	7,3	6,5	5,8	5,2	4,8	4,4
$R_z/10^5$			14,3	13,5	12,8	9,4	8,3	7,3	6,5	5,7	5,0	3,8	3,8	3,3	2,9	2,6
Właściwości fizyczne																
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600								
λ , W/(m·K)		45	43,5	41,5	39	36,5	34									
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)		11,1	12,1	12,9	13,5	13,9										
Zakres temp., °C		100÷150	150÷200	200÷250	250÷300	300÷350	350÷400	400÷450	450÷500							
c_p , kJ/(kg·K)		0,502	0,519	0,532	0,544	0,569	0,569	0,628	0,670							
Charakterystyka technologiczna																
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C							500			Spawanie						
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C							450			- spawalność dobra;						
Obróbka cieplna			Temp., °C		Obróbka plastyczna			Temp., °C		- przy g > 40 mm wstępne podgrzanie do ~150 °C;						
Normalizowanie			870÷900		Formowanie na gorąco			850÷1100		- wyżarzanie odprężające przy g > 10 mm						
Hartowanie			880÷910		Obróbka na zimno			<50								
Wyżarzanie odprężające			600÷650													

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego											
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali			
Rury stalowe bez szwu ciągnione i walcowane na zimno: PN/H-74220 Rury stalowe bez szwu walcowane na gorąco: PN/H-74219 (precyzyjne: PN/H-74240)					Stal do wyrobu rur (ogólnego zastosowania)			R45			
											Norma gatunku: PN/H-84023/07
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S						
	0,14÷ ÷0,20	0,45÷ ÷0,70	0,15÷ ÷0,35	≤0,05	≤0,05						
Właściwości mechaniczne											
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej				
Rodzaj wyrobu	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %		
Rury zwykłe	min. 26	min. 45	min. 21								
Rury żarzone czarne	min. 23	min. 40	min. 21								
w temperaturze podwyższonej											
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600	Temperatura graniczna, °C
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²		20,5	18,5	15,5							
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²											(przy $R_e^t = R_{z/10^5}$)
Temperatura, °C											
R _{1/10⁴}	N/m ²										
R _{1/10⁵}											
R _{z/10⁴}											
R _{z/10⁵}											
Właściwości fizyczne											
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600			
λ , W/(m·K)											
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)											
Zakres temp., °C											
c_p , kJ/(kg·K)											
Charakterystyka technologiczna											
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C						875		Spawanie			
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C						700÷800					
Obróbka cieplna		Temp., °C		Obróbka plastyczna		Temp., °C					

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																					
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali													
Blachy kotłowe: PN/H-92123					Stal węglowa			St36K													
										Norma gatunku: PN/H-92123											
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu													
	0,08÷ ÷0,16	≥0,40	0,15÷ ÷0,35	≤0,045	≤0,045	≤0,30	≤0,30	≤0,30													
Właściwości mechaniczne																					
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej														
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %												
≤20	22,5	36÷45	1000/R _m lecz nie mniej niż 20 %		7,8	20,9															
20÷40	21,5																				
40÷80	20,5																				
80÷100	19,5																				
100÷120	17,5																				
w temperaturze podwyższonej																					
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600											
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	g≤60 mm	17,5	16,5	13,5	12,0	10,0	8,0													Temperatura graniczna, °C	
	Przy g>60 mm wytrzymałość obniża się o 0,5·10 ⁻⁷ N/m ² na każde kolejne 10 mm zwiększenia grubości elementu (wyrobu hutniczego)															434					
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²				18,5		17,5		16,5												(przy $R_e^t = R_z/10^5$)	
Temperatura, °C		300	350	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500					
R _l /10 ⁴	N/m ²			16,4	15,0	13,3	12,1	11,3	10,1	9,1	8,0	7,2	6,3	5,5	4,5	3,8					
R _l /10 ⁵				11,8	10,6	9,5	8,4	7,4	6,7	5,7	4,9	4,2	3,5	3,0	2,4	2,1					
R _z /10 ⁴					22,9	21,1	19,1	17,5	15,8	14,2	12,7	11,3	10,2	8,3	7,5	6,4	5,4				
R _z /10 ⁵					16,5	14,8	13,2	11,8	10,3	9,4	7,9	6,9	5,9	5,0	4,4	3,5	2,9				
R _z /2·10 ⁵					14,5	12,9	11,5	10,1	8,9	7,7	6,7	5,7	4,8	4,0	3,3	2,8	2,4				
Właściwości fizyczne																					
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600													
λ, W/(m·K)		54,7	52,9	50,0	47,1	44,2	40,7														
α _o ·10 ⁶ , 1/K (od 20 °C)			11,1	12,1	12,9	13,5	13,9														
Zakres temp., °C		20	100÷150	150÷200	200÷250	250÷300	300÷350	350÷400	400÷450												
c _p , kJ/(kg·K)		0,469	0,503	0,519	0,532	0,545	0,570	0,595	0,66												
Charakterystyka technologiczna																					
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C						450		Spawanie													
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C						400 (450)		- wszystkimi metodami; - przy g>50 mm podgrzewanie do temp. 200 °C; - ewentualne odprężanie													
Obróbka cieplna			Temp., °C			Obróbka plastyczna				Temp., °C											
Normalizowanie			900÷930			Obróbka na gorąco				850÷1100											
Wyżarzanie odprężające			600÷650			Formowanie zimne		20÷30													

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																			
Rodzaj wyrobu						Typ stali						Gatunek stali							
Blachy kotłowe: PN/H-92123 (wytłoczki matrycowe: BN/0663-02; (rury czworokątne: BN/0648-11)						Stal węglowa						St41K							
																Norma gatunku: PN/H-84024			
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Cr+Ni+Cu										
	0,12÷ ±0,20	≥0,45	0,15÷ ±0,35	≤0,045	≤0,045	≤0,30	≤0,30	≤0,30	≤0,70										
Właściwości mechaniczne																			
w temperaturze ~20 °C										w temp. obniżonej									
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	KM · 10 ⁻⁵ N·m/m ²	E · 10 ⁻⁷ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %										
≤ 20	25,5	40÷49	1000/R _m lecz nie mniej niż 20 %		6,9	20,9													
20÷40	24,5																		
40÷60	23,5																		
60÷100	22,5					5,9													
100÷120	20,5																		
w temperaturze podwyższonej																			
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600						Temperatura graniczna, °C			
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	g≤60mm	20,5	18,5	15,5	13,5	12,0	10,0									411			
Przy g>60 mm wytrzymałość obniża się o 0,5·10 ⁻⁷ N/m ² na każde kolejne 10 mm zwiększenia grubości elementu (wyrobu hutniczego)																			
E · 10 ⁻⁷ , kN/m ²		20,9		19,1		17,5		16,5		15,2						(przy R _e ^t = R _Z /10 ⁵)			
Temperatura, °C		300	350	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500			
R ₁ /10 ⁴	N/m ²			16,4	15,0	13,4	12,4	11,3	10,1	9,1	8,0	7,2	6,2	5,3	4,5	3,8			
R ₁ /10 ⁵				11,8	10,6	9,5	8,4	7,4	6,5	5,7	4,9	4,2	3,5	3,0	2,5	2,1			
R _Z /10 ⁴					22,9	21,1	19,1	17,4	15,8	14,2	12,7	11,3	10,0	8,6	7,5	6,4	5,4		
R _Z /10 ⁵					16,5	14,8	13,2	11,8	10,3	9,1	7,9	6,9	5,9	5,0	4,2	3,5	2,9		
R _Z /2·10 ⁵					14,5	12,9	11,5	10,1	8,9	7,7	6,7	5,7	4,8	4,0	3,3	2,8	2,4		
Właściwości fizyczne																			
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500												
λ, W/(m·K)		53,5	51,7	48,8	45,9	43,0	40,1												
α ₀ · 10 ⁶ , 1/K (od 20 °C)			11,1	12,1	12,9	13,5	13,9												
Zakres temp., °C		20	100÷150	150÷200	200÷250	250÷300	300÷350	350÷400	400÷450										
c _p , kJ/(kg·K)		0,460	0,493	0,519	0,532	0,545	0,570	0,595	0,660										
Charakterystyka technologiczna																			
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C						450						Spawanie							
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C						400 (450)						- wszystkimi metodami; - przy g>50mm wstępne podgrzanie do 200°C; - po spawaniu odprężanie (wyżarzanie)							
Obróbka cieplna		Temp., °C		Obróbka plastyczna		Temp., °C													
Normalizowanie		890÷820		Formow. na gorąco		850÷1100													
Wyżarzanie odprężające		600÷650		Formowanie zimne		<50													

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																	
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali									
Blachy kotłowe: PN/H-92123 (wytłoczki matrycowe na kołnierze: BN/0663-02)					Stal węglowa			St44K									
										Norma gatunku: PN/H-84024							
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Cr-Ni-Cu								
	0,14÷ ÷0,22	≥0,55	0,15÷ ÷0,35	≤0,045	≤0,045	≤0,30	≤0,30	≤0,30	≤0,70								
Właściwości mechaniczne																	
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej										
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %								
≤20	27,5	44÷53	1000/R _m lecz nie mniej niż 20 %		5,9	20,9											
20÷40	26,5																
40÷60	25,5																
60÷100	23,5																
w temperaturze podwyższonej																	
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600			Temperatura graniczna, °C				
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	g ≤ 60 mm	22,5	20,5	17,5	15,5	13,5	12,0						398				
	Przy g>60 mm wytrzymałość obniża się o 0,5·10 ⁻⁷ N/m ² na każde kolejne 10 mm zwiększenia grubości elementu (wyrobu hutniczego)											398					
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²		20,9		19,1		17,5		16,5		15,2			(przy $R_e^t = R_z/10^5$)				
Temperatura, °C		300	350	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	
R _{1/10} ⁴	N/ m ²			16,4	15,0	13,6	12,4	11,3	10,1	9,1	8,0	7,2	6,2	5,3	4,5	3,8	
R _{1/10} ⁵				11,8	10,6	9,5	8,4	7,4	6,5	5,7	4,9	4,2	3,5	3,0	2,5	2,1	
R _{z/10} ⁴				22,9	21,1	19,1	17,4	15,8	14,2	12,7	11,3	10,0	8,6	7,5	6,4	5,4	
R _{z/10} ⁵				16,4	14,8	13,2	11,8	10,3	9,1	7,9	6,9	5,9	5,0	4,2	3,5	2,9	
R _{z/2·10} ⁵				14,5	12,9	11,5	10,1	8,9	7,7	6,7	5,7	4,8	4,0	3,3	2,8	2,4	
Właściwości fizyczne																	
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500										
λ, W/(m·K)		52	50,5	48	45	42,5	39,5										
α _o ·10 ⁶ , 1/K (od 20 °C)			11,1	12,1	12,9	13,5	13,9										
Zakres temp., °C		20	100÷150	150÷200	200÷250	250÷300	300÷350	350÷400	400÷450								
c _p , kJ/(kg·K)		0,469	0,5	0,52	0,532	0,545	0,57	0,595	0,629								
Charakterystyka technologiczna																	
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C						450		Spawanie									
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C						400		- wszystkimi metodami; - przy g>30 mm wstępne podgrzanie do 200 °C; - po spawaniu wyżarzanie odprężające									
Obróbka cieplna			Temp., °C			Obróbka plastyczna								Temp., °C			
Normalizowanie			880÷910			Formowanie na gorąco								850÷1100			
Wyżarzanie odprężające			600÷650			Formowanie zimne			<50								

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																				
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali												
Blachy kotłowe: PN/H-92123					Stal Mn-Mo			20M												
										Norma gatunku: PN/H-84024										
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu											
	0,17÷ ÷0,23	0,80÷ ÷1,10	0,15÷ ÷0,35	≤0,045	≤0,045	≤0,30	0,25÷ ÷0,40	≤0,30	≤0,30											
Właściwości mechaniczne																				
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej													
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %											
≤20	29,5	43÷53	24		6,9	20,9														
20÷40	29,5																			
40÷60	29,5																			
60÷80	27,5																			
80÷100	27,5																			
w temperaturze podwyższonej																				
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600										
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	g ≤ 60 mm		22,5	20,5	18,5	17,0	16,5	*)												Temperatura graniczna, °C
		*) przy temperaturze pow. 450 °C wartość wytrzymałości uzgadnia się przy zamówieniu wyrobu hutniczego																		
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²				18,5		17,5		16,5												(przy $R_e^t = R_z/10^5$)
Temperatura, °C		400	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550							
$R_{1/10^4}$	$\frac{N}{m^2}$			21,6	20,2	18,9	17,6	16,0	14,7	13,0	11,5	9,8	8,1	6,4						
$R_{1/10^5}$				15,7	14,6	13,5	12,4	11,1	9,8	8,3	6,9	5,4	3,9	2,5						
$R_{z/10^4}$				30,4	27,5	24,7	22,3	19,8	17,7	15,3	13,3	11,4	9,5	7,8						
$R_{z/10^5}$				21,6	19,4	17,4	15,5	13,6	11,8	10,0	8,7	6,6	5,1	3,6						
Właściwości fizyczne																				
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600												
λ , W/(m·K)		43	43	44	42	39	37	34												
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)			11,1	12,1	12,9	13,5	13,9	14,1												
Zakres temp., °C		20	100÷150	150÷200	200÷250	250÷300	300÷350	350÷400	400÷450											
c_p , kJ/(kg·K)		0,46	0,49	0,52	0,56	0,61	0,68	0,76												
Charakterystyka technologiczna																				
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C							Spawanie													
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C							500			- dobre wszystkim metodami;										
Obróbka cieplna			Temp., °C	Obróbka plastyczna			Temp., °C	- przy g>20 mm wstępne podgrzanie do 200 °C; - przy g>15 mm odpręż.												
Normalizowanie			880÷910	Form. na gorąco			850÷1100													
Wyżarzanie odprężające			610÷630	Formowanie zimne			<50													

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego															
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali							
Rury bez szwu kotłowe: PN/H-74252					Stal węglowa			K10							
										Norma gatunku: PN/H-84024					
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu							
	<0,17	0,40÷ ÷0,65	0,15÷ ÷0,30	≤0,045	≤0,046	≤0,20	≤0,35	≤0,25							
Właściwości mechaniczne															
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej								
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %						
wg katalogu	23,5	34,5÷44	25		7	20,6									
w temperaturze podwyższonej															
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600			Temperatura graniczna, °C		
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²		18,6	16,7	13,7	11,8	10,8	8,8						424 (przy $R_e^t = R_z/10^5$)		
	przy g>16 mm	17,6	15,7	12,7	10,8	9,8	7,8								
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²				18,5		17,5	17	16,5							
Temperatura, °C		350	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500
$R_{1/10^4}$	$\frac{N}{m^2}$		16,4	15,0	13,6	12,3	11,1	10,0	8,8	7,9	7,0	6,1	5,3	4,5	3,8
$R_{1/10^5}$			11,8	10,6	10,3	9,0	7,8	6,7	5,8	5,1	4,5	3,9	3,3	2,5	2,1
$R_{z/10^4}$			22,9	21,1	17,6	16,0	14,5	13,0	11,6	10,3	9,2	8,2	7,3	6,4	5,4
$R_{z/10^5}$			16,5	14,8	14,3	12,5	10,3	9,4	8,3	7,3	6,5	5,7	5,0	3,5	2,9
$R_{z/2 \cdot 10^5}$			14,5	12,9	11,5	10,1	8,9	7,7	6,7	5,7	4,8	4,0	3,3	2,8	2,4
Właściwości fizyczne															
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600							
λ , W/(m·K)		54,7	52,9	50,0	47,1	44,9	40,7								
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)			11,1	12,1	12,9	13,5	13,9	14,1							
Zakres temp., °C		20	150÷200	200÷250	250÷300	300÷350	350÷400	400÷450	450÷500						
c_p , kJ/(kg·K)		0,469	0,482	0,500	0,545	0,570	0,595	0,624	0,662						
Charakterystyka technologiczna															
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C							500			Spawanie					
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C							450 (475)			- wszystkimi metodami; - przy g>50 mm wstępne podgrzewanie do temp. (100÷150) °C; - zalecane wyżarzanie					
Obróbka cieplna			Temp., °C		Obróbka plastyczna		Temp., °C								
Normalizowanie			900÷930		Kucie		950÷1100								
Wyżarzanie odprężające			550÷700		Gięcie rur		850÷1000								
							Formowanie zimne			<50					

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																
Rodzaj wyrobu						Typ stali				Gatunek stali						
Rury bez szwu kotłowe: PN/H-74252 (rury czworokątne: BN/0648-11)						Stal węglowa				K18						
																Norma gatunku: PN/H-84024
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu								
	0,11÷ ÷0,20	0,60÷ ÷1,05	0,17÷ ÷0,37	≤0,015	≤0,015	≤0,2	≤0,35	≤0,25								
Właściwości mechaniczne																
w temperaturze ~20 °C											w temp. obniżonej					
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %							
<30	25,5	44,5÷54	21		5	20,6										
≥30	24,5	44,5÷54	21		5											
w temperaturze podwyższonej																
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600						Temperatura graniczna, °C
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²		20,6	18,6	15,7	13,7	12,7	10,8									404 (przy $R_e^t = R_z/10^5$)
przy g>16 mm		19,6	17,6	14,7	12,7	11,7	9,8									
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²				18,5		17,5		16,5								
Temperatura, °C		350	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	
$R_{1/10^4}$	N/m ²		16,4	15,6	13,6	12,4	11,3	10,1	9,1	8,0	7,2	6,2	5,3	4,5	3,8	
$R_{1/10^5}$			11,8	10,3	9,5	8,4	7,4	6,5	5,7	4,9	4,2	3,5	3,0	2,5	2,1	
$R_{z/10^4}$			22,9	21,1	19,1	17,4	15,8	14,2	12,7	11,3	10,0	8,6	7,5	6,4	5,4	
$R_{z/10^5}$			16,5	14,3	13,2	18,1	10,3	9,1	7,9	6,9	5,9	5,0	4,2	3,5	2,9	
$R_{z/2 \cdot 10^5}$			14,5	12,9	11,5	10,5	8,9	7,7	6,7	5,7	4,8	4,0	3,3	2,8	2,2	
Właściwości fizyczne																
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600								
λ , W/(m·K)		52,4	50,6	48,2	45,5	42,4	39,5									
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)			11,1	12,1	12,9	13,5	13,9	14,1								
Zakres temp., °C		20÷50	50÷100	100÷150	200÷250	300÷350	350÷400	400÷450	450÷500							
c_p , kJ/(kg·K)		0,469	0,481	0,502	0,544	0,569	0,591	0,628	0,670							
Charakterystyka technologiczna																
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C						500				Spawanie						
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C						450 (475)				- wszystkimi metodami; - przy g>40 mm wstępne podgrzewanie do temp. (100÷200) °C; - zalecane wyżarzanie						
Obróbka cieplna		Temp., °C		Obróbka plastyczna		Temp., °C										
Normalizowanie		870÷900		Kucie, spęczanie		950÷1100										
Wyżarzanie odprężające		650÷700		Gięcie rur		850÷1000										
Hartowanie				Formowanie zimne		<50										

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																				
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali												
Rury bez szwu kotłowe: PN/H-74252 Pręty eksploatowane w podwyższonej temperaturze: PN/H-93015					Stal stopowa Mo			16M												
										Norma gatunku: PN/H-84024										
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Mo														
	0,12÷ ÷0,20	0,40÷ ÷0,70	0,17÷ ÷0,37	≤0,040	≤0,040	0,40÷ ÷0,60														
Właściwości mechaniczne																				
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej													
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %											
rury	28,5	44÷54	22	45	7	20,6														
pręty	25,5	43÷63	18		6															
w temperaturze podwyższonej																				
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600										Temperatura graniczna, °C
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	rury	25,5	23,5	20,6	18,6	17,7	16,7	14,7												480 (przy $R_e^t = R_z/10^5$)
	pręty	24,5	22,5	21,0	19,6	17,2	15,7	13,7												
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²				18,2		17,2		16,2		15,5										
Temperatura, °C		400	450	460	470	480	490	500	510	520	530									
$R_{1/10^4}$	N/m ²		18,0	17,2	16,3	15,3	14,3	13,0	11,5	9,9	8,5									
$R_{1/10^5}$			15,0	13,8	12,5	11,0	9,4	8,0	6,7	5,4	4,2									
$R_z/10^4$			31,0	28,0	25,2	22,7	20,2	18,0	15,5	13,3	11,2									
$R_z/10^5$			22,0	19,5	17,0	14,7	12,5	10,5	8,7	7,4	5,6									
Właściwości fizyczne																				
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600												
λ , W/(m·K)		49,4	48,3	45,9	43,6	40,7	37,8	34,9												
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)			11,1	12,1	12,9	13,5	13,9	14,1												
Zakres temp., °C		20	100÷150	150÷200	300÷350	350÷400	400÷450	450÷500	500÷550											
c_p , kJ/(kg·K)		0,469	0,503	0,519	0,570	0,595	0,629	0,670	0,712											
Charakterystyka technologiczna																				
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C						550		Spawanie												
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C						500		- wszystkimi metodami; - podgrzanie wstępne do temp. 100÷200°C; - zalecane wyżarzanie odprężające												
Obróbka cieplna			Temp., °C			Obróbka plastyczna				Temp., °C										
Normalizowanie			900÷930			Kucie, spęczanie				950÷1100										
Wyżarzanie odprężające			660÷700			Gięcie rur		850÷1000												
						Formowanie zimne		<300												

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali								
Odkuwki i pręty kute dla energetyki (urządzeń ciśnieniowych): PN/H-94009					Stal stopowa Mo			16M								
										Norma gatunku: PN/H-84024						
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo							
	0,12÷ ÷0,20	0,50÷ ÷0,80	0,17÷ ÷0,37	≤0,040	≤0,040	≤0,3	≤0,35	≤0,25	0,25÷ ÷0,35							
Właściwości mechaniczne																
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej									
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %							
≤250	25	43	18		7	20,6										
250÷500	24	41	18		6											
w temperaturze podwyższonej																
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600	Temperatura graniczna, °C					
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	g≤100 mm	25	23	21,5	20	17,7	16	14					487			
	100÷250 mm	24	22,5	21	19	17							(przy $R_e^t = R_z/10^5$)			
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²				18,5		17,5		16,5		15,5						
Temperatura, °C		400	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550			
$R_{1/10^4}$	N/m ²		22,0	20,6	19,5	17,8	16,3	15,0	13,3	11,7	10,0	8,3	6,5			
$R_{1/10^5}$			16,0	14,9	13,8	12,6	11,3	10,0	8,5	7,0	5,0	4,0	2,5			
$R_{z/10^4}$			31,0	28,0	25,0	22,7	20,2	18,0	15,6	13,6	11,6	9,7	8,0			
$R_{z/10^5}$			22,0	19,8	17,7	15,8	13,9	12,0	10,2	8,4	6,7	5,2	3,7			
Właściwości fizyczne																
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600								
λ , W/(m·K)		49,4	48,3	45,9	43,6	40,7	37,8	34,9								
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)			11,1	12,1	12,9	13,5	13,9	14,1								
Zakres temp., °C		20	100÷150	150÷200	300÷350	350÷400	400÷450	450÷500	500÷550							
c_p , kJ/(kg·K)		0,469	0,503	0,519	0,570	0,595	0,629	0,670	0,712							
Charakterystyka technologiczna																
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C						550		Spawanie								
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C						500		- wszystkimi metodami;								
Obróbka cieplna		Temp., °C		Obróbka plastyczna		Temp., °C		- podgrzewanie wstępne do temp. (100÷200)°C;								
Normalizowanie		900÷930		Kucie		950÷1100		- po spawaniu wyżarzanie odpężające								
Wyżarzanie odpężające		660÷700														

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali								
Rury bez szwu kotłowe: PN/N-74252					Stal stopowa Cr-Mo			15HM								
										Norma gatunku: PN/M-84024						
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu							
	0,11÷ ÷0,18	0,40÷ ÷0,70	0,17÷ ÷0,37	≤0,040	≤0,040	0,8÷ ÷1,1	0,4÷ ÷0,6	≤0,035	≤0,25							
Właściwości mechaniczne																
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej									
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %							
<30	30,5	44÷57	22	50	6,9	20,6										
≥30	29,5	44÷57	22	50	6,9											
w temperaturze podwyższonej																
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	Temperatura graniczna, °C			
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²			27,5	25,5	23,5	21,6	20,6	19,6	17,7				482			
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²					18,5		17,5		16,5		15,2		(przy $R_e^t = R_z/10^5$)			
Temperatura, °C		400	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	600
$R_{1/10^4}$	$\frac{N}{m^2}$		24,5	22,8	21,6	20,2	18,7	17,0	14,9	12,8	10,9	9,1	7,5	6,4	5,4	
$R_{1/10^5}$			19,1	18,6	17,1	15,6	13,9	12,0	10,2	8,3	6,6	5,0	3,7	2,7	2,0	
$R_{z/10^4}$			36,3	32,3	30,4	28,4	26,2	24,0	21,3	18,5	15,8	13,3	11,0	9,2	7,8	
$R_{z/10^5}$			28,4	25,2	23,2	21,2	19,6	17,0	14,3	11,4	8,9	6,7	5,0	3,9	3,1	
$R_{z/2 \cdot 10^5}$			26,0	22,6	19,6	16,7	13,9	11,5	9,6	7,6	6,2	4,7	3,8	3,1	2,5	
Właściwości fizyczne																
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600	700							
λ , W/(m·K)		44,2	43	41,3	39,5	37,2	34,3	31,4								
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)			11,1	12,1	12,9	13,5	13,9	14,1								
Zakres temp., °C		20÷100	100÷150	200÷250	350÷400	400÷450	450÷500	500÷550	550÷600							
c_p , kJ/(kg·K)		0,473	0,544	0,569	0,594	0,628	0,670	0,712	0,754							
Charakterystyka technologiczna																
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C							575			Spawanie						
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C							550			- wszystkimi metodami; - podgrzanie wstępne do temp. (200÷300) °C; - po spawaniu wyżarzanie odprężające						
Obróbka cieplna			Temp., °C		Obróbka plastyczna		Temp., °C									
Normalizowanie			910÷940		Kucie, spęczanie		1100÷950									
Odpuszczanie			680÷730		Gięcie na gorąco		1000÷850									
Wyżarzanie odprężające			600÷650		Formowanie zimne		100÷300									

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																	
Rodzaj wyrobu						Typ stali					Gatunek stali						
Blachy kotłowe: PN/H-92123 Pręty walcowane na wyroby eksploatowane w podwyższonej temperaturze: PN/H-93015 (pręty dla energetyki: PN/H-94009; wytłoczki na kołnierze: BN/0663-02)						Stal stopowa Cr-Mo					15HM						
																Norma gatunku: PN/H-84024	
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu								
	0,11÷ ÷0,18	0,40÷ ÷0,70	0,17÷ ÷0,37	≤0,040	≤0,040	0,80÷ ÷1,10	0,40÷ ÷0,60	≤0,35	≤0,25								
Właściwości mechaniczne																	
w temperaturze ~20 °C											w temp. obniżonej						
Rodzaj wyrobu	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %								
Blachy cienkie ≤16 mm	31	44÷56	10 ⁹ /R _m		6	21											
Blachy grube >16 mm	30																
Pręty	34,5	50÷70	20														
w temperaturze podwyższonej																	
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600						Temperatura graniczna, °C	
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	pręty	27,5	26,5	24,5	22,5	21,6	18,6	16,7								482 (przy $R_e^t = R_z/10^5$)	
	blachy	27,5	25,5	23,5	21,5	20,6	19,6	17,7									
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²				18,5		17,5		16,5		15,5							
Temperatura, °C		460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	
R _{1/10⁴}	N/m ²	22,8	21,6	20,2	18,7	17,0	14,9	12,8	10,9	9,1	7,5	6,4	5,4	4,6	4,0	3,5	
R _{1/10⁵}		18,6	17,1	15,6	13,9	12,0	10,2	8,3	6,6	5,0	3,7	2,7	2,0	1,5	1,2	1,0	
R _{z/10⁴}		32,3	30,4	28,4	26,2	24,0	21,3	18,5	15,8	13,3	11,0	9,2	7,8	6,7	5,8	5,0	
R _{z/10⁵}		25,2	23,2	21,2	19,6	17,0	14,3	11,4	8,9	6,7	5,0	3,9	3,1	2,5	2,2	2,0	
R _{z/2·10⁵}		22,6	19,6	16,7	13,9	11,5	9,6	7,6	6,2	4,7	3,8	3,1	2,5				
Właściwości fizyczne																	
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600									
λ, W/(m·K)		44,2	43	41,3	39,5	37,2	34,3	31,4									
α _o ·10 ⁶ , 1/K (od 20 °C)			11,1	12,1	12,9	13,5	13,9	14,1									
Zakres temp., °C		20	250÷300	300÷350	350÷400	400÷450	450÷500	500÷550	550÷600								
c _p , kJ/(kg·K)		0,473	0,544	0,569	0,594	0,628	0,670	0,712	0,754								
Charakterystyka technologiczna																	
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C						560					Spawanie						
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C						550					- wszystkimi metodami; - podgrzewanie wstępne do temp. (200÷300) °C; - zalecane odprężanie						
Obróbka cieplna		Temp., °C			Obróbka plastyczna			Temp., °C									
Normalizowanie		910÷940			Obróbka na gorąco			1100÷950									
Wyżarzanie odprężające		650÷720			Formowanie zimne			20÷30									
Hartowanie		900÷930															

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																	
Rodzaj wyrobu							Typ stali					Gatunek stali					
Odkuwki i pręty swobodnie kute dla energetyki: PN/H-94009 (odkuwki matrycowe: BN/1311-27)							Stal stopowa Cr-Mo					15HM					
																	Norma gatunku: PN/H-84024
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo										
	0,11÷ ÷0,18	0,40÷ ÷0,70	0,17÷ ÷0,37	≤0,04	≤0,04	0,80÷ ÷1,10	0,40÷ ÷0,60										
Właściwości mechaniczne																	
w temperaturze ~20 °C										w temp. obniżonej							
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	HB·10 ⁻⁷ N/m ²	KM·10 ⁻⁵ N·m/m ²	E·10 ⁻⁷ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %								
≤40	28	46	22	127÷167	8	21											
40÷100	27	45	21	126÷164	7												
100÷250	26	44	20	123÷161	6												
250÷500	25	43	18	119÷156	6												
w temperaturze podwyższonej																	
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600			Temperatura graniczna, °C				
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	g≤100 mm	27	26	24	23	22	19	17	dla g>250 mm wg katalogu lub atestu wyrobu hutniczego			500 (przy $R_e^t = R_z/10^5$)					
	100÷250 mm	26	25	23	22	21	18	16									
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²				18,5		17,5		16,5		15,5							
Temperatura, °C		450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	
$R_{1/10^4}$	$\frac{N}{m^2}$		24,0	22,8	21,6	20,2	18,7	17,0	14,9	12,8	10,9	9,1	7,5	6,4	5,4	4,6	4,0
$R_{1/10^5}$			20,0	18,6	17,1	15,6	13,9	12,0	10,2	8,3	6,6	5,0	3,7	2,7	2,0	1,5	1,2
$R_z/10^4$			34,0	32,3	30,4	28,4	26,2	24,0	21,3	18,5	15,8	13,3	11,0	9,2	7,8	6,7	5,8
$R_z/10^5$			27,0	25,2	23,2	21,2	19,6	17,0	14,3	11,4	8,9	6,7	5,0	3,9	3,1	2,5	2,2
Właściwości fizyczne																	
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600									
λ , W/(m·K)		44	43	41	39,5	37	34	31									
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)			11,1	12,1	12,9	13,5	13,9	14,1									
Zakres temp., °C		20	250÷300	300÷350	350÷400	400÷450	450÷500	500÷550	550÷600								
c_p , kJ/(kg·K)		0,473	0,544	0,569	0,594	0,628	0,670	0,712	0,754								
Charakterystyka technologiczna																	
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C							560		Spawanie								
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C							550		- wszystkimi metodami; - podgrzanie wstępne do temp. (200÷300)°C - po spawaniu odprężanie								
Obróbka cieplna			Temp., °C		Obróbka plastyczna		Temp., °C										
Normalizowanie			910÷940		Kucie		950÷1100										
Odpuszczanie			680÷720														
Odprężanie			600÷650														

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																	
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali									
Rury bez szwu kotłowe: PN/H-74252 (na urządzenia ciśnieniowe i dla energetyki)					Stal stopowa Cr-Mo			10H2M									
										Norma gatunku: PN/H-84024							
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu								
	0,08÷ ÷0,15	0,40÷ ÷0,60	0,15÷ ÷0,50	≤0,030	≤0,030	2,0÷ ÷2,5	0,9÷ ÷1,1	≤0,30	≤0,25								
Właściwości mechaniczne																	
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej										
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %								
<30	26,5	44÷55	20	45	7,8	20,6											
≥30	25,5	44÷55	20	45	7,8												
≤5 przy d _z ≤ 30 mm	25,5	44÷55	20	45	7,8												
w temperaturze podwyższonej																	
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	Temperatura graniczna, °C				
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	g < 16 mm	24,5	23,5	22,6	21,6	20,6	19,6	18,6					477 (przy $R_e^t = R_z/10^5$)				
	g ≥ 16 mm	23,5	22,5	22,6	20,6	19,6	18,6	17,6									
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²				18,5		17,5		16,5		15,5							
Temperatura, °C		470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	
$R_{1/10^4}$	N m ²		21,8	19,8	17,8	16,0	14,3	12,7	11,1	9,7	8,5	7,5	6,6	5,8	5,1	4,5	4,1
$R_{1/10^5}$			14,4	13,1	11,8	10,5	9,4	8,4	7,3	6,4	5,5	4,8	4,1	3,6	3,1	2,8	2,5
$R_z/10^4$			28,4	24,2	22,1	20,0	18,0	16,0	14,2	12,6	11,0	9,8	8,7	7,6	6,7	6,0	5,5
$R_z/10^5$			21,2	19,0	16,9	15,0	13,1	11,5	10,0	8,7	7,5	6,5	5,7	5,0	4,4	4,0	3,6
$R_z/2 \cdot 10^5$			19,2	17,0	14,9	12,7	11,1	9,5	8,0	6,8	5,6	4,7	3,9	3,3	2,8	2,4	
Właściwości fizyczne																	
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600	700								
λ , W/(m·K)		38,4	37,7	37,2	36	33,7	31,4	29									
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)			11,1	12,1	12,9	13,5	13,9	14,1									
Zakres temp., °C		20÷100	100÷150	200÷250	350÷400	400÷450	450÷500	500÷550	550÷600								
c_p , kJ/(kg·K)		0,469	0,503	0,532	0,595	0,629	0,670	0,712	0,754								
Charakterystyka technologiczna																	
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C							600		Spawanie								
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C							580		- wszystkimi metodami; - podgrzanie wstępne do temp. (300÷350) °C; - po spawaniu normalizowanie i odpuszczanie								
Obróbka cieplna			Temp., °C		Obróbka plastyczna		Temp., °C										
Normalizowanie			900÷960		Kucie na gorąco		1100÷950										
Odpuszczanie			680÷760		Gięcie na gorąco		1000÷850										
Wyżarzanie odprężające			600÷650		Gięcie na zimno		100÷300										

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																				
Rodzaj wyrobu					Typ stali					Gatunek stali										
Odkuwki i pręty kute: PN/H-94009 (na urządzenia ciśnieniowe i dla energetyki)					Stal stopowa Cr-Mo					10H2M										
														Norma gatunku: PN/H-84024						
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu											
	0,08÷ ÷0,15	0,40÷ ÷0,60	0,15÷ ÷0,50	≤0,030	≤0,030	2,0÷ ÷2,5	0,90÷ ÷1,10	≤0,30	≤0,25											
Właściwości mechaniczne																				
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej													
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %											
w stanie normalizowanym i odpuszczonym																				
≤ 100	27	49	20		7	20,6														
100÷200	26	44	18		6															
w stanie ulepszonym cieplnie																				
≤ 175	39	59	17		6	20,6														
w temperaturze podwyższonej																				
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	Temperatura graniczna, °C							
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	w stanie normalizow.	25,0	24,0	23,0	22,0	21,0	20,0	19,0					478							
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²				18,5		17,5		16,5		15,5			(przy $R_e^t = R_z/10^5$)							
Temperatura, °C		460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600				
$R_{1/10^4}$	N/m ²		21,8	19,8	17,8	16,0	14,3	12,7	11,1	9,7	8,5	7,5	6,6	5,8	5,1	4,5				
$R_{1/10^5}$			14,4	13,1	11,8	10,5	9,4	8,4	7,3	6,4	5,5	4,8	4,1	3,6	3,1	2,8				
$R_z/10^4$			26,4	24,2	22,1	20,0	18,0	16,0	14,2	12,6	10,0	9,8	8,7	7,6	6,7	6,0				
$R_z/10^5$			21,2	19,0	16,9	15,0	13,1	11,5	10,0	8,7	7,5	6,5	5,7	5,0	4,4	4,0				
Właściwości fizyczne																				
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600												
λ , W/(m·K)		38,4	37,8	37,2	36,0	33,7	31,4	29,0												
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)			11,1	12,1	12,9	13,5	13,9	14,1												
Zakres temp., °C		20	100÷150	200÷250	350÷400	400÷450	450÷500	500÷550	550÷600											
c_p , kJ/(kg·K)		0,469	0,503	0,532	0,595	0,628	0,670	0,713	0,754											
Charakterystyka technologiczna																				
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C							600			Spawanie										
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C							580			- wszystkimi metodami; - podgrzewanie wstępne do temp. (300÷350) °C; - wymagana obróbka cieplna po spawaniu										
Obróbka cieplna			Temp., °C				Obróbka plastyczna										Temp., °C			
Normalizowanie			920÷960				Kucie										950÷1100			
Wyżarzanie odpężające			600÷650				Odpuszczanie										700÷750			
Hartowanie			950÷980																	

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																	
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali									
Rury bez szwu kotłowe: PN/N-74252					Stal stopowa Cr-Mo-V			13HMF									
											Norma gatunku: PN/M-84024						
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	V	Cu							
	0,10÷ ±0,18	0,40÷ ±0,70	0,15÷ ±0,35	≤0,040	≤0,040	0,30÷ ±0,60	0,50÷ ±0,65	≤0,30	0,22÷ ±0,35	≤0,25							
Właściwości mechaniczne																	
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej										
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %								
<16	36,5	49÷69	20		8,8	20,6											
16÷40	35,5																
>40	34,5																
w temperaturze podwyższonej																	
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	Temperatura graniczna, °C				
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²			30,4	28,4	26,5	25,5	24,5	23,5	22,6				468				
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²			20,2		19,3		18,5		17,6		16,6		(przy $R_e^t = R_{z/10^5}$)				
Temperatura, °C		400	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	
$R_{1/10^4}$	N/m ²				28,6	26,9	25,1	23,3	21,6	19,8	18,0	16,3	14,5	12,7	11,1	9,5	8,1
$R_{1/10^5}$					19,9	18,3	16,7	15,2	13,7	12,4	11,1	9,8	8,5	7,4	6,3	5,2	4,1
$R_{z/10^4}$					33,7	31,3	28,9	26,7	24,5	22,5	20,4	18,4	16,6	14,7	13,1	11,5	9,9
$R_{z/10^5}$					25,1	22,8	20,6	18,6	16,7	15,0	13,3	11,7	10,2	8,8	7,5	6,1	4,9
$R_{z/2 \cdot 10^5}$					22,6	20,4	18,2	16,4	14,5	12,8	11,4	9,8	8,5	7,4	6,1	4,9	3,9
Właściwości fizyczne																	
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600	700								
λ , W/(m·K)		47,2	47,0	47,0	44,5	42,2	38,3	36,4									
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)			11,1	12,1	12,9	13,5	13,9	14,1									
Zakres temp., °C		20÷100	100÷150	200÷250	350÷400	400÷450	450÷500	500÷550									
c_p , kJ/(kg·K)		0,463	0,509	0,504	0,544	0,628	0,710	0,812									
Charakterystyka technologiczna																	
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C							Spawanie										
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C							570										
Obróbka cieplna			Temp., °C	Obróbka plastyczna			Temp., °C	- wszystkimi metodami; - podgrzanie wstępne do temp. (200÷300) °C; - po spawaniu wyżarzanie odprężające									
Normalizowanie			950÷980	Przeróbka plastyczna			850÷1100										
Odpuszczanie			680÷720	na gorąco													

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego													
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali					
Pręty: PN/H-93004; PN/H-93026 Blachy cienkie: PN/H-92128 Blachy grube: PN/H-92138 Rury bez szwu: PN/H-74242					Stal stopowa Cr (odporna na korozję)			1H13					
Norma gatunku: PN/H-86020													
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Ti	Cu				
	0,09÷ ÷0,15	≤0,8	≤0,8	≤0,040	≤0,030	12,0÷ ÷14,0	≤0,6	≤0,3	≤0,3				
Właściwości mechaniczne													
w temperaturze ~20 °C						w temp. obniżonej							
Rodzaj wyrobu	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %				
Pręty	41	59	20	60	9	21,6							
Blachy cienkie	25	40	21										
Blachy grube ≤ 40 mm	24	46	21										
Rury	24,5	39	21										
w temperaturze podwyższonej													
Temperatura, °C		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	Temperatura graniczna, °C
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	pręty (g≤100 mm)				41	39	38	35	32				
	blachy, rury	23,5	23,5	23,0	22,6	22,6	22,1	21,1	19,6				
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²					20,6		19,6		19,1		18,1		(przy $R_e^t = R_z/10^5$)
Temperatura, °C		400	450	470	480	500	530	540	550	565	600	650	700
$R_{1/10^4}$	$\frac{N}{m^2}$									7,7	6,7		
$R_{1/10^5}$										6,9	2,5		
$R_{z/10^4}$						28,9							
$R_{z/10^5}$					22	19	16						
Właściwości fizyczne													
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600					
λ , W/(m·K)		29,3											
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)		10,5		11,0		11,5		12,0		12,0			
Zakres temp., °C		20		250÷300		450÷500		600÷700					
c_p , kJ/(kg·K)		0,11		0,13		0,16		0,21					
Charakterystyka technologiczna													
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C						800			Spawanie				
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C						600			- spawalność ograniczona				
Obróbka cieplna			Temp., °C			Obróbka plastyczna			Temp., °C				
Zmiękczenie			750÷800			Kucie			900÷1150		- podgrzewanie wstępne do temp. (300÷350) °C;		
Hartowanie			950÷1050								- po spawaniu zmiękczenie i ulepszenie		
Odpuszczanie			700÷790										

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego															
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali							
Odkuwki i pręty kute dla energetyki: PN/H-94009 (pręty walcowane: PN/H-93004)					Stal stopowa Cr (odporna na korozję)			1H13							
											Norma gatunku: PN/H-86020				
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Ti	Cu						
	0,09÷ ÷0,15	≤0,8	≤0,8	≤0,040	≤0,030	12,0÷ ÷14,0	≤0,6	≤0,3	≤0,3						
Właściwości mechaniczne															
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej								
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %						
≤100	41	59	20		7	21,6									
w temperaturze podwyższonej															
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	Temperatura graniczna, °C		
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	g≤100 mm	42	40	39	36	33									
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²		41		20		19,5		18,5					(przy $R_e^t = R_z/10^5$)		
Temperatura, °C		400	450	470	480	500	530	540	550	565	600	650	700		
R _{1/10⁴}	N/m ²									7,7	6,7				
R _{1/10⁵}										6,9	2,5				
R _{z/10⁴}						28,9									
R _{z/10⁵}				22		19	16								
Właściwości fizyczne															
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600							
λ, W/(m·K)		29,3													
α _o ·10 ⁶ , 1/K (od 20 °C)			10,5	11,0	11,5	12,0	12,0								
Zakres temp., °C		20	250÷300	450÷500	600÷700										
c _p , kJ/(kg·K)		0,11	0,13	0,16	0,21										
Charakterystyka technologiczna															
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C						800		Spawanie							
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C						600		- spawalność ograniczona - podgrzewanie wstępne do temp. (300÷350) °C; - po spawaniu ulepszenie							
Obróbka cieplna		Temp., °C		Obróbka plastyczna		Temp., °C									
Zmiękczenie		750÷800		Kucie		900÷1150									
Hartowanie		950÷1050													
Odpuszczanie		700÷790													

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																							
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali															
Blachy cienkie: PN/H-92128 Blachy grube: PN/H-92138					Stal stopowa Cr (odporna na korozję)			OH17T															
										Norma gatunku: PN/H-86020													
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Ti															
	max. 0,08	max. 0,8	max. 0,8	max. 0,04	max. 0,03	16÷18	max. 0,6	5·C÷0,8															
Właściwości mechaniczne																							
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej																
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %														
<30	(26)	42	18			22,1																	
30÷40	26,5		17,5																				
w temperaturze podwyższonej																							
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600													
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²																							
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²																							
Temperatura, °C																							
$R_{1/10^4}$	$\frac{N}{m^2}$																						
$R_{1/10^5}$																							
$R_{z/10^4}$																							
$R_{z/10^5}$																							
Właściwości fizyczne																							
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600															
λ , W/(m·K)		25,12																					
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)		10,0	10,0	10,5	10,5	11,0																	
Zakres temp., °C		20÷50	50÷100	250÷300	450÷500	600÷700																	
c_p , kJ/(kg·K)		0,46	0,46	0,54	0,67	0,88																	
Charakterystyka technologiczna																							
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C							850				Spawanie												
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C											- dobra spawalność dla blach cienkich, ograniczona dla grubych; - zalecane podgrzewanie i obróbka cieplna												
Obróbka cieplna			Temp., °C				Obróbka plastyczna			Temp., °C													
Wyżarz. zmiękczające			760÷780				Kucie			1050÷800													
Odpuszczanie			650÷700																				
Hartowanie																							

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																					
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali													
Pręty walcowane: PN/H-93004 Pręty kute: PN/H-94053					Stal stopowa Cr (odporna na korozję)			2H17N2													
										Norma gatunku: PN/H-86020											
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni														
	0,11÷ ÷0,17	max. 0,80	max. 0,80	max. 0,04	max. 0,03	16,0÷ ÷18,0	1,50÷ ÷2,50														
Właściwości mechaniczne																					
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej														
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %												
≤60	64	83	10	30	5	21,6															
60÷100	64		9																		
w temperaturze podwyższonej																					
Temperatura, °C		20	250	300	370	400	480	500	590	600											
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	g=18÷40 mm	75,8			78,8		64,5		21,8												
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²																					
Temperatura, °C		400	450	480	590	650															
R _{1/10} ⁴	N/m ²																				
R _{1/10} ⁵																					
R _{Z/10} ³					24,3	7,6	4,2														
R _{Z/10} ⁴					16,9	5,0	2,6														
Właściwości fizyczne																					
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600													
λ , W/(m·K)		25,12																			
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)			10,0	10,5	11,0	11,0	11,0	14,1													
Zakres temp., °C		20																			
c _p , kJ/(kg·K)		0,46																			
Charakterystyka technologiczna																					
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C							850				Spawanie										
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C											- spawanie nie zalecane										
Obróbka cieplna			Temp., °C			Obróbka plastyczna			Temp., °C												
Odpuszczanie			275÷350			Kucie			900÷1050												
Wyżarz. miękczające			620÷660																		
Hartowanie			975÷1040																		

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																			
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali											
Blachy cienkie: PN/H-92128 Blachy grube: PN/H-92138 (pręty walcowane i taśmy: PN/H-93004)					Stal austenityczna Cr-Ni-Ti (odporna na korozję)			1H18N9T											
					Norma gatunku: PN/H-86020														
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Ti											
	≤0,10	≤2,00	≤0,80	≤0,045	≤0,03	17,00÷ ÷19,00	9,00÷ ÷10,00	5·C÷ ÷0,80											
Właściwości mechaniczne																			
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej												
Rodzaj wyrobu	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %										
Blachy cienkie i taśmy	22	51	40		13	19,9													
Blachy grube <40 mm	21	51	38			19,9													
Taśmy		>51	35		10														
w temperaturze podwyższonej																			
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600									Temperatura graniczna, °C
$R_{02} \cdot 10^{-7}$		$\frac{N}{m^2}$	16,0	15,0	14,0	13,5	13,0	12,5	12,0	11,5									
$R_1 \cdot 10^{-7}$			19,0	18,0	17,0	16,5	16,0	15,5	15,0	14,5									
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²		18,6		17,9		17,2		16,4											(przy $R_e^t = R_z/10^5$)
Temperatura, °C		500	550	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700			
$R_{1/10^4}$	$\frac{N}{m^2}$																		
$R_{1/10^5}$																			
$R_z/10^4$				18,0	16,8	16,5	14,0	12,9	11,9	11,0	10,0	9,2	8,3	7,4	6,5	5,5			
$R_z/10^5$				12,8	11,5	10,5	9,9	8,7	7,8	7,2	6,5	5,8	5,2	4,6	3,7	3,0			
Właściwości fizyczne																			
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600											
λ , W/(m·K)		20,2	22,6			25,9		29											
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)			16,0	17,0	17,0	18,0	18,0	18,7											
Zakres temp., °C		20	50÷100	250÷300	450÷500	600÷700													
c_p , kJ/(kg·K)		0,42	0,50	0,55	0,59	0,63													
Charakterystyka technologiczna																			
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C						875		Spawanie											
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C						700÷800		- spawalność b. dobra;											
Obróbka cieplna			Temp., °C		Obróbka plastyczna		Temp., °C		- obróbka cieplna nie wymagana										
Przesycanie			1020÷1070		Formow. na gorąco		900÷1150												
Wyżarzanie stabilizujące			850÷870		Bardzo dobra zdolność do tłoczenia na zimno														

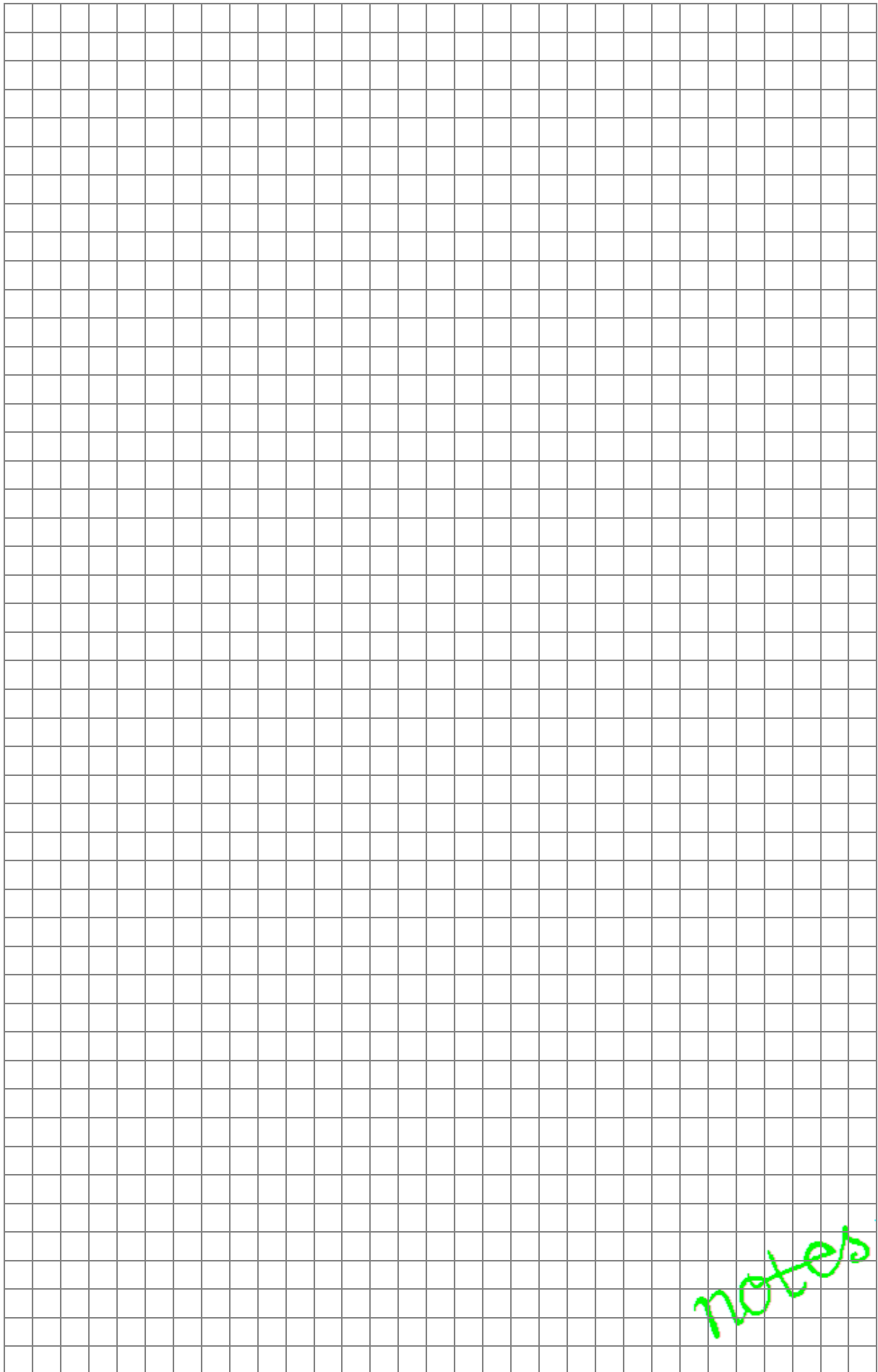
Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																	
Rodzaj wyrobu					Typ stali					Gatunek stali							
Odkuwki i pręty kute dla urządzeń ciśnieniowych oraz energetyki: PN/H-94009 (pręty walcowane: PN/H-93004)					Stal austenityczna Cr-Ni-Ti (odporna na korozję)					1H18N9T							
														Norma gatunku: PN/H-86020			
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Ti									
	≤0,10	≤2,00	≤0,80	≤0,045	≤0,03	17,00÷ ÷19,00	9,00÷ ÷10,00	5·C÷ ÷0,80									
Właściwości mechaniczne																	
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej										
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %								
≤100	20	54	40		10	19,9											
w temperaturze podwyższonej																	
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600			Temperatura graniczna, °C				
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²			16	15	14	13,5	13	12,5	12								
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²			19,0		18,2		17,5		16,7				(przy $R_e^t = R_{z/10^5}$)				
Temperatura, °C		500	550	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700	
$R_{1/10^4}$	$\frac{N}{m^2}$																
$R_{1/10^5}$																	
$R_{z/10^4}$					18,0	16,5	15,5	14,0	12,9	11,9	11,0	10,0	9,2	8,3	7,4	6,5	5,5
$R_{z/10^5}$					12,8	11,5	10,5	9,5	8,7	7,8	7,2	6,5	5,8	5,2	4,4	3,7	3,0
Właściwości fizyczne																	
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600									
λ , W/(m·K)		20,2	22,6				25,9			29							
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)				16,0	17,0	17,0	18,0	18,0									
Zakres temp., °C		20	50÷100	250÷300	450÷500	600÷700											
c_p , kJ/(kg·K)		0,42	0,50	0,55	0,59	0,63											
Charakterystyka technologiczna																	
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C							875			Spawanie							
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C							700÷800			- spawalność dobra; - obróbka cieplna nie wymagana							
Obróbka cieplna			Temp., °C		Obróbka plastyczna		Temp., °C										
Przesycanie			1010÷1020		Kucie		1150÷900										
Wyżarzanie stabiliz.			850÷840														

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego																	
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali									
Rury bez szwu: PN/H-74242					Stal austenityczna Cr-Ni-Ti (odporna na korozję)			1H18N10T									
					Norma gatunku: PN/H-86020												
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Ti									
	≤0,10	≤2,00	≤0,80	≤0,045	≤0,03	17,00÷ ÷19,00	10,00÷ ÷11,00	5·C÷ ÷0,80									
Właściwości mechaniczne																	
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej										
Grubość, mm	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %								
katalog.	24,5	54,5	36			20,3											
w temperaturze podwyższonej																	
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600			Temperatura graniczna, °C				
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²			15,7	15	13,7	13,5	12,7	12,3	11,8								
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²			19,0		18,2		17,5		16,7							(przy $R_e^t = R_z/10^5$)	
Temperatura, °C		500	550	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700	
$R_{1/10^4}$	$\frac{N}{m^2}$																
$R_{1/10^5}$																	
$R_{z/10^4}$					18,0	16,8	16,5	14,0	12,9	11,9	11,0	10,0	9,2	8,3	7,4	6,5	5,5
$R_{z/10^5}$					12,8	11,5	10,5	9,9	8,7	7,8	7,2	6,5	5,8	5,2	4,4	3,7	3,0
Właściwości fizyczne																	
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600									
λ , W/(m·K)			20,2	22,6		25,9		29									
$\alpha_0 \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)			16,0		17,0		17,0		18,0		18,0		18,7				
Zakres temp., °C		20	50÷100	250÷300	450÷500	600÷700											
c_p , kJ/(kg·K)		0,42	0,50	0,55	0,59	0,63											
Charakterystyka technologiczna																	
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C						875		Spawanie									
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C						700÷800		- spawalność b. dobra; - obróbka cieplna nie wymagana									
Obróbka cieplna			Temp., °C			Obróbka plastyczna						Temp., °C					
Przesycanie			1010÷1020			Kucie			1150÷900								
Wyżarzanie stabiliz.			850÷840														

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego														
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali						
Blachy cienkie: PN/H-92128 Blachy grube: PN/H-92138 Pręty ciągnięone i kute: PN/H-93026/94053					Stal żaroodporna Cr-Al-Si			H13JS						
					Norma gatunku: PN/H-86022									
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Al	Cu	Ti				
	≤0,12	≤0,80	1,00÷ ÷1,30	≤0,04	≤0,03	12,00÷ ÷14,00	≤0,50	0,80÷ ÷1,10	≤0,3	≤0,2				
Właściwości mechaniczne														
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej							
Rodzaj wyrobu	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %					
Blachy cienkie 0,5÷4 mm		49	15			20,6								
Blachy grube 3÷40 mm	39,5	49	13											
Pręty	39,5	50÷55	15			16÷20,7								
w temperaturze podwyższonej														
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	Temperatura graniczna, °C	
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²			24,0	23,2	22,5	21,7	21,0	20,0	18,0	15,0	9,0	5,5	3,0	
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²			19,5		19,0		18,5		17,0		15,5		13,5	(przy $R_e^t = R_z/10^5$)
Temperatura, °C		500	550	600	650	700	750	800	850	900				
$R_{1/10^4}$	N/m ²				3,5	2,2	1,0	0,6	0,4	0,25	0,15			
$R_{1/10^5}$					3,9		1,5		0,5		0,25			
$R_{z/10^4}$					2,9		0,8		0,3		0,15			
$R_{z/10^5}$					1,32		0,37		0,13		0,06			
Właściwości fizyczne														
Temperatura, °C		20	100	300	500	700	800	900	1000					
λ , W/(m·K)		17,4	18,6	20,3	22,7	21,0	22,1	23,0	24,0					
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)			10,0	11,0	11,7	12,3	12,5	13,0	13,5					
Zakres temp., °C		20÷50	50÷100	100÷150	200÷250	300÷350	350÷400	400÷450	450÷500					
c_p , kJ/(kg·K)		0,12												
Charakterystyka technologiczna														
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C						950		Spawanie						
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C						950		- podgrzanie wstępne do temp. (100÷300) °C; - wymagane wyżarzanie w temp. (750÷800)°C						
Obróbka cieplna		Temp., °C		Obróbka plastyczna		Temp., °C								
Wyżarz. zmiękczające		800÷850		Formow. na gorąco Formowanie zimne		800÷1100 100÷300								

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego															
Rodzaj wyrobu					Typ stali			Gatunek stali							
Blachy grube: PN/H-92138 Pręty walcowane i kute: PN/H-93004/94053					Stal żaroodporna Cr-Al-Si			H24JS							
										Norma gatunku: PN/H-86022					
Skład chem., %	C	Mn	Si,Al	P	S	Cr	Ni	Cu	Ti						
	≤0,12	≤1,0	1,30÷ ÷1,60	≤0,045	≤0,030	23,0÷ ÷25,0	≤0,50	≤0,30	≤0,20						
Właściwości mechaniczne															
w temperaturze ~20 °C							w temp. obniżonej								
Rodzaj wyrobu	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	$KM \cdot 10^{-5}$ N·m/m ²	$E \cdot 10^{-7}$ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %						
Blachy	39,5	49	12			20,6									
Pręty	35	50÷55	15			20,6									
w temperaturze podwyższonej															
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	Temperatura graniczna, °C		
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²		24,0	23,2	22,5	21,7	21,0	20,0	18,0	15,0	9,0	5,5	3,0			
$E \cdot 10^{-7}$, kN/m ²		19,2		18,6		18,2		17,0		15,2		13,2	(przy $R_e^t = R_z/10^5$)		
Temperatura, °C		500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	
$R_{l/10^3}$	$\frac{N}{m^2}$			3,0		1,0		0,5		0,25		0,12			
$R_{l/10^4}$							0,6	0,4	0,25	0,15	0,1	0,07		0,03	
$R_{z/10^4}$				2,9		0,8		0,3		0,15		0,07			
$R_{z/10^5}$				1,32		0,37		0,13		0,08		0,025			
Właściwości fizyczne															
Temperatura, °C		20	100	200	300	400	500	600	700						
λ , W/(m·K)		15,11	16,28	17,44	18,6	20,35	21,51	22,67	20,5						
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)		10,0					11,5		12,0						
Temperatura, °C		800	900	1000	1100	1200	Dla temperatury pośredniej interpolacja logarytmiczna								
λ , W/(m·K)		22,0	23,0	24,0	25,0	26,0	Zakres temp., °C		20÷100						
$\alpha_o \cdot 10^6$, 1/K (od 20 °C)				13,5	14,2	15	c_p , kJ/(kg·K)		0,12						
Charakterystyka technologiczna															
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C						1050		Spawanie							
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C						1050		- podgrzewanie wstępne do temp. (100÷300) °C; - wyżarzanie w temp. (750÷800) °C							
Obróbka cieplna		Temp., °C		Obróbka plastyczna		Temp., °C									
Wyżarz. zmięczające		850÷900		Formowanie na gorąco		800÷1050									
Wyżarzanie odprężające		~750													
Hartowanie		-													

Charakterystyka ogólna wyrobu hutniczego															
Rodzaj wyrobu					Typ stali					Gatunek stali					
Blachy cienkie: PN/H-92128 Blachy grube: PN/H-92138 Pręty walcowane i kute: PN/H-93004/94053 Rury bez szwu: PN/H-74242					Stal żaroodporna Cr-Ti					H25T					
														Norma gatunku: PN/H-86022	
Skład chem., %	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Ti	Cu						
	≤0,15	≤0,80	≤1,00	≤0,45	≤0,30	24,00÷ ÷27,00	≤0,60	4·C%÷ ÷0,80							
Właściwości mechaniczne															
w temperaturze pokojowej							w temp. obniżonej								
Rodzaj wyrobu	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	$R_m \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %	Z %	KM·10 ⁻⁵ N·m/m ²	E·10 ⁻⁷ kN/m ²	Temp., °C	$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²	A ₅ %						
Blachy cienkie	29	44,0	12			20,6									
Blachy grube	29	44,1	12												
Rury		44,0	20												
Pręty	30	44,0	20	45											
w temperaturze podwyższonej															
Temperatura, °C		200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800	Temperatura graniczna, °C		
$R_e \cdot 10^{-7}$ N/m ²															
E·10 ⁻⁷ , kN/m ²						18,5				15,5		11,5	(przy $R_e^t = R_z/10^5$)		
Temperatura, °C		400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	
R _{I/10⁴}	N/ m ²					2,9		1,0		0,4		0,15		0,07	
R _{I/10⁵}				5,5	2,5	1,1	0,5	0,2	0,1						
R _{Z/10⁴}				8,4	5,3	3,0	1,7	1,0	0,7	0,4	0,3				
R _{Z/10⁵}				6,0	3,6	2,0	1,2	0,8	0,5	0,3	0,2				
Właściwości fizyczne															
Temperatura, °C		20	100	300	400	500	700	900	1000						
λ, W/(m·K)		19,7	22,9	23,2			24,42	22							
α _o ·10 ⁶ , 1/°C (od 20 °C)		10,0				11,5			12,5	13,5					
Zakres temp., °C		50÷100	250÷300	450÷500	600÷700										
c _p , kJ/(kg·K)		0,11	0,13	0,16	0,21										
Charakterystyka technologiczna															
Żaroodporność w atmosferze utleniającej do temp., °C							1100			Spawanie					
Gwarantowana temperatura eksploatacji, °C							1100			- podgrzewanie wstępne do temp. (100÷300) °C; - wymagane wyżarzanie (~750 °C) elementów o złożonym kształcie					
Obróbka cieplna		Temp., °C		Obróbka plastyczna		Temp., °C									
Zmiękczenie		730÷780		Kucie Zginanie na gorąco Zginanie na zimno		700÷1050 950÷900 200÷400									



notes

7. ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNE WYBRANYCH ELEMENTÓW APARATURY

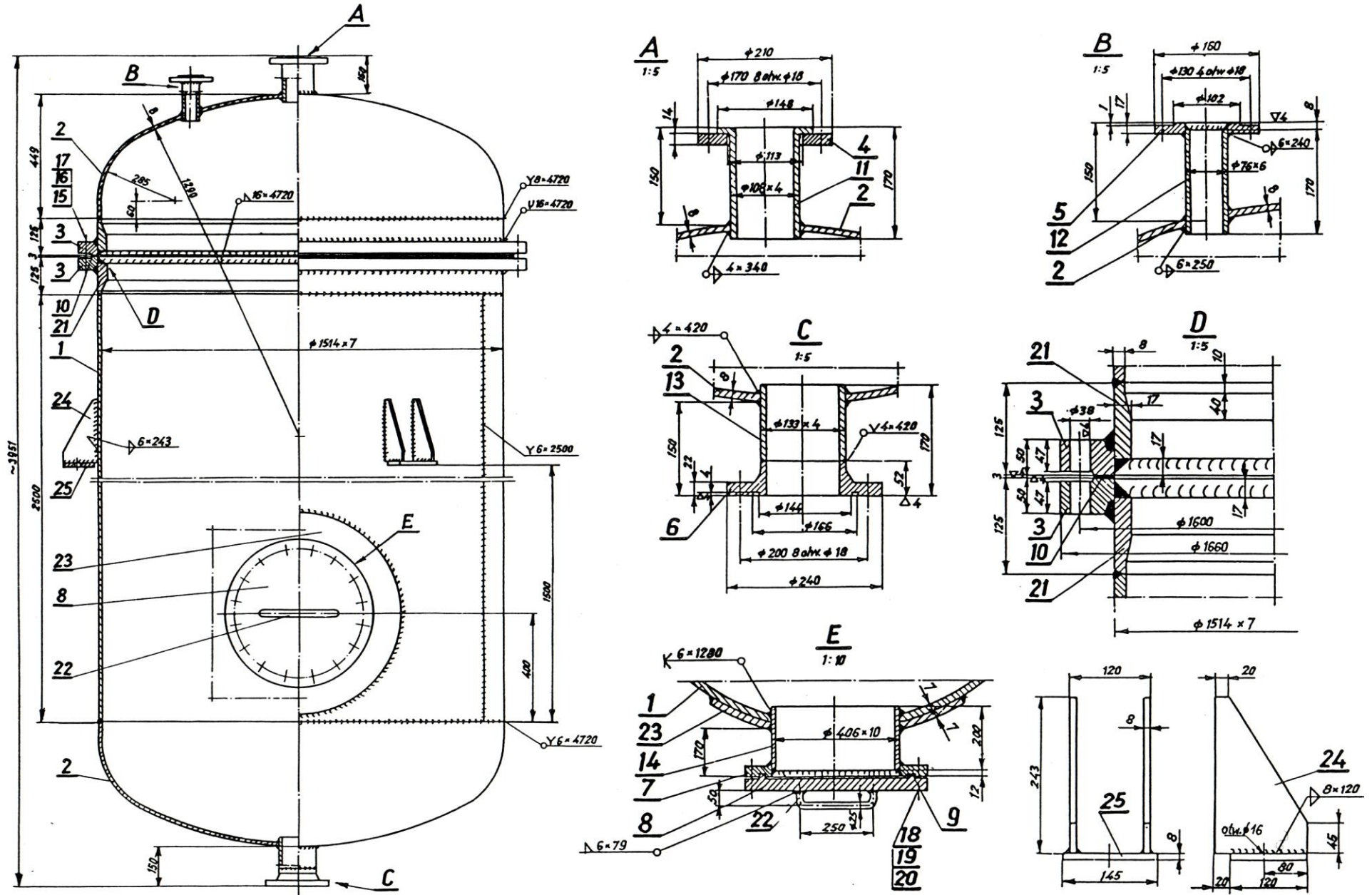
7.1. Charakterystyka konstrukcyjna

Zawarte w treści skryptu rysunki, dają na ogół pogląd jak powinno się konstruować i wymiarować odosobnione elementy aparatury, jakkolwiek zwraca się niejednokrotnie uwagę na formę ich wzajemnego połączenia. W uzupełnieniu do podanych w poprzednich rozdziałach przykładów, poniżej - na rys. 7.1÷7.16 - wskazuje się na dalsze, bardziej szczegółowe zestawienia konstrukcyjne, charakteryzujące wybrane elementy i podzespoły aparatury procesowej.

W wyborze przykładów konstrukcyjnych - z oczywistych względów w małej liczbie - kierowano się przesłanką, aby przedstawić możliwie dużą różnorodność rozwiązań. W szczególności zwraca się uwagę na:

- ogólne rozwiązania konstrukcyjne wybranych typów aparatury procesowej,
- wzajemne połączenie powłok i elementów o różnym kształcie,
- konstrukcję elementów aparatury typu zbiornikowego i płaszczowo-rurkowego,
- wykonanie podzespołów aparatury najliczniejszego przeznaczenia (wymienniki ciepła, zbiorniki, mieszalniki, wyparki, kolumny).

Przedstawione w tym rozdziale przykłady, stanowią w znacznej części fragmenty z dokumentacji konstrukcyjno-koncesyjnej aparatów przemysłowych, stąd na rysunkach tych zachowano oryginalne oznaczenie, nazewnictwo i wymiarowanie. Zrezygnowano natomiast ze szczegółowego opisu detali (jednak przy zachowaniu ich numeracji), pozostawiając czytelnikowi swobodę w interpretacji danego rozwiązania konstrukcyjnego. Niektóre z rysunków, co zaznaczono w ich opisie, zaczerpnięto z „Atlasu konstrukcji aparatury chemicznej” pod red. J. Pikonia [8].



Rys. 7.1. Pionowy zbiornik ciśnieniowy, wg [8]

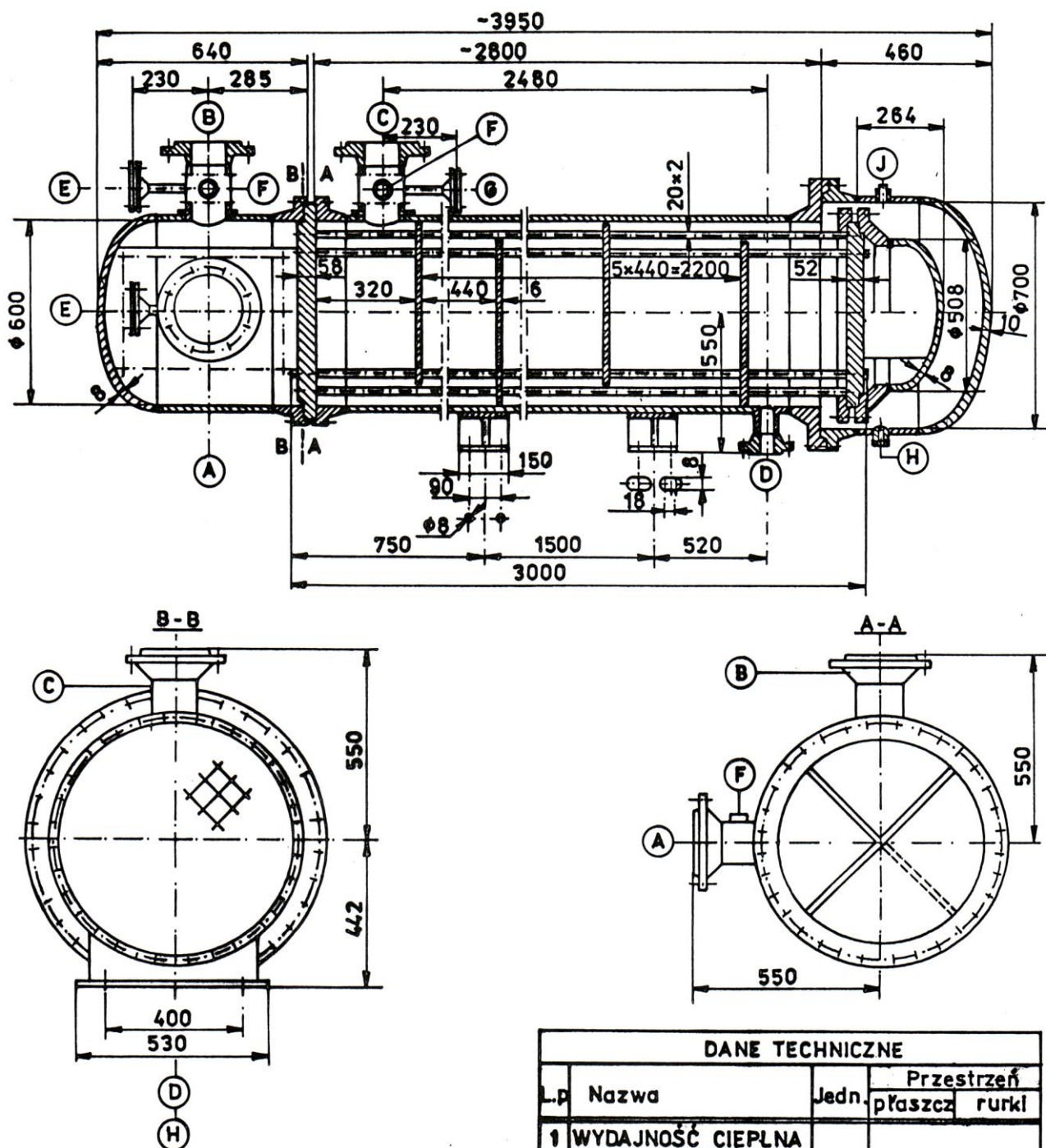
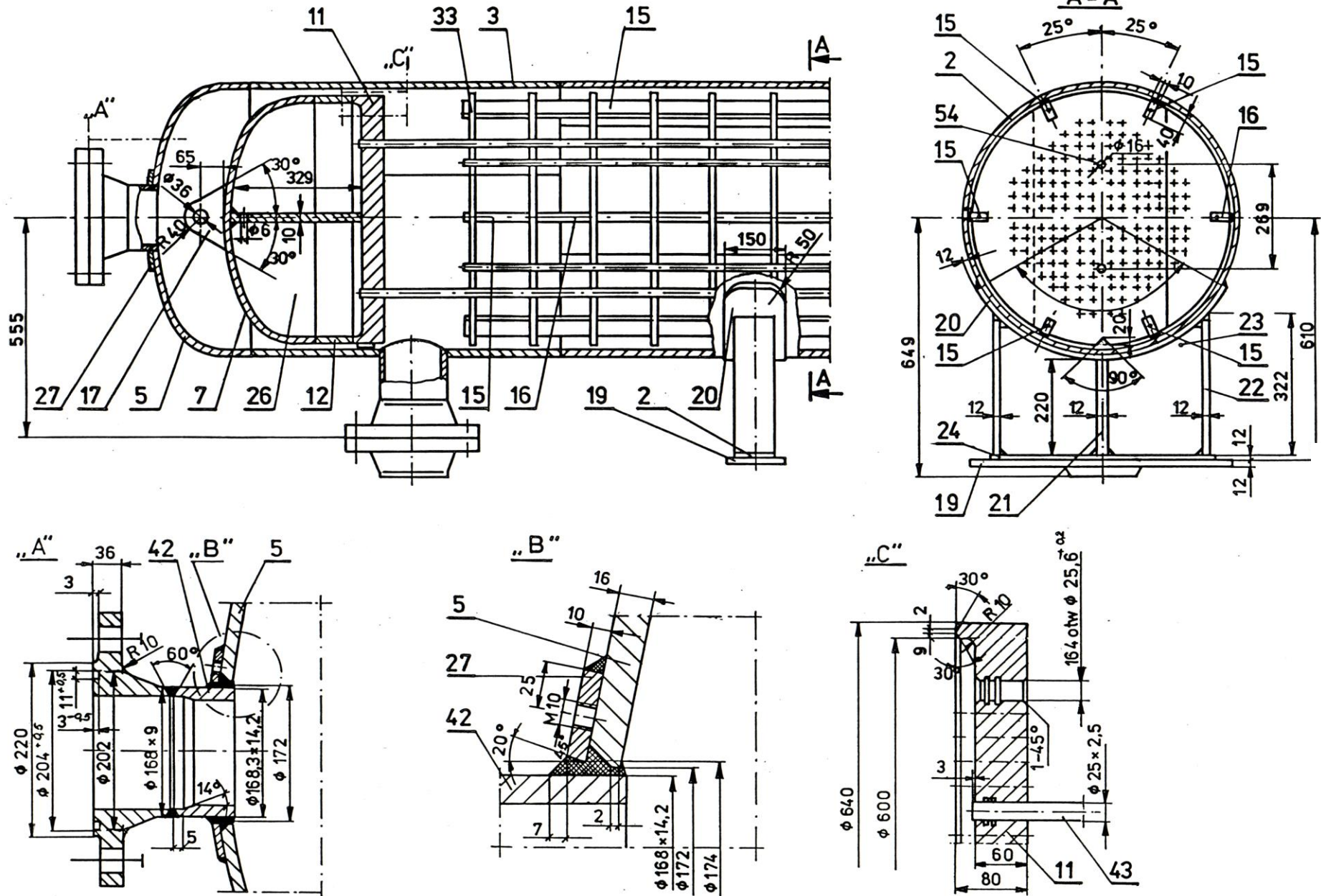


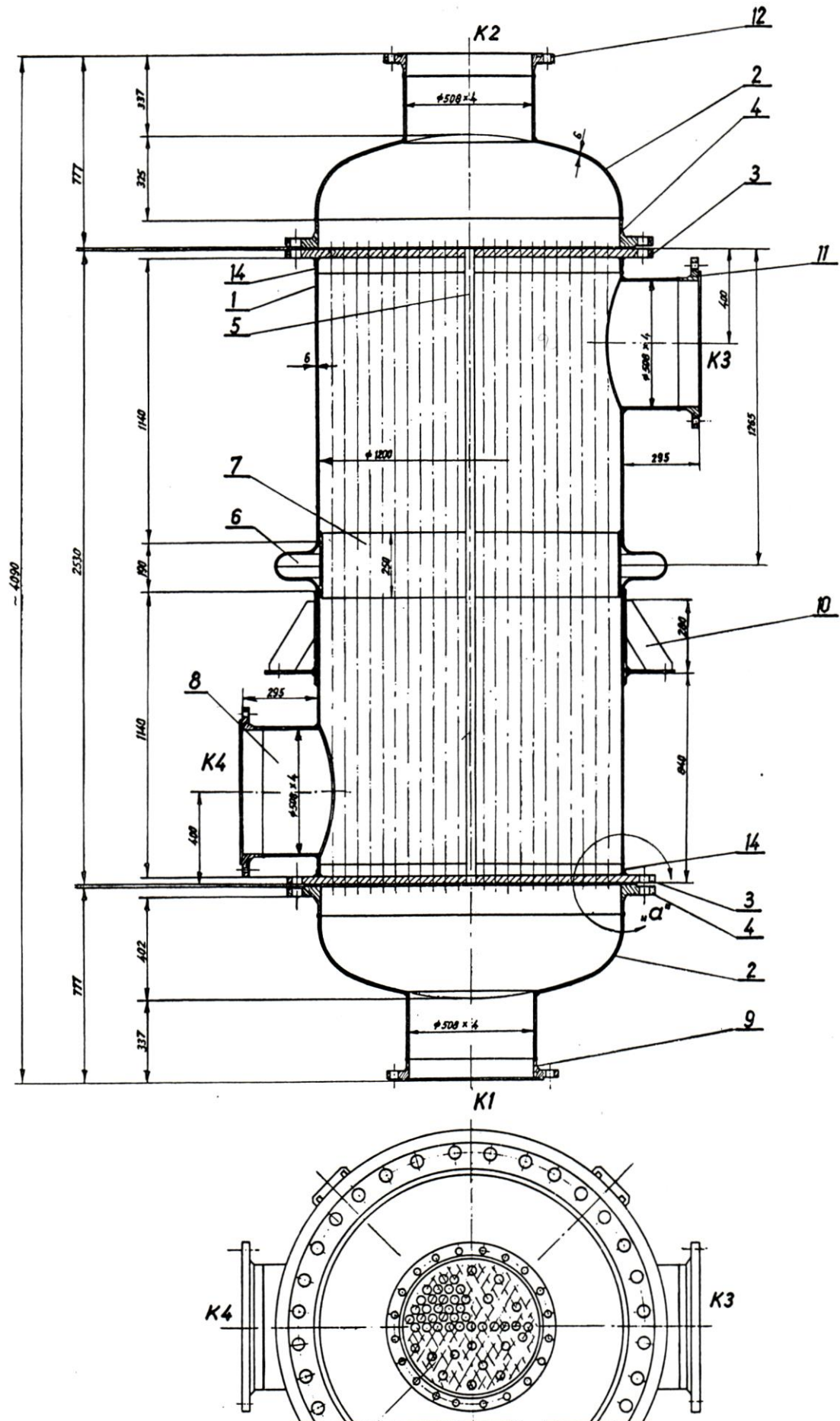
TABELA KRÓCICÓW				
Lp	Oznac.	Przeznaczenie	P_{nom}	D_{nom}
1	A	WLOT WODY	40	150
2	B	WYLOT WODY	40	150
3	C	WYLOT PARY	40	150
4	D	SPUST KONDENSATU	40	80
5	E	KRÓCIEC POMIAROWY	40	50
6	F	KRÓCIEC CZUJNIKA TERM.	M27x2	
7	G	KRÓCIEC POM. Z ZAŚL.	40	50
8	H	SPUST KONDENSATU		R3/4"
9	J	ODPOWIETRZENIE		R3/4"

DANE TECHNICZNE				
Lp	Nazwa	Jedn.	Przestrzeń	
			plaszcz	ruknl
1	WYDAJNOŚĆ CIEPLNA			
2	CZYNNIK		PARA	WODA
3	TEMP. ROBOCZA	°C	250	200
4	TEMP. OBLICZENIOWA	°C	250	200
5	CISNIENIE ROBOCZE	bar	16	16
6	CISNIENIE OBLICZ.	bar	16	16
7	CISNIENIE PRÓBNE	bar	20	20
8	POW. WYMIANY CIEPŁA	m ²	~55,8	
9	POJEMNOŚĆ	m ³	-0,53	-0,38
10	MASA APARATU	kg	~2300	
PODSTAWOWE MATERIAŁY KONSTRUKCYJNE			St35X; St36K; St41K K18/l; 25HM; 35;20G	

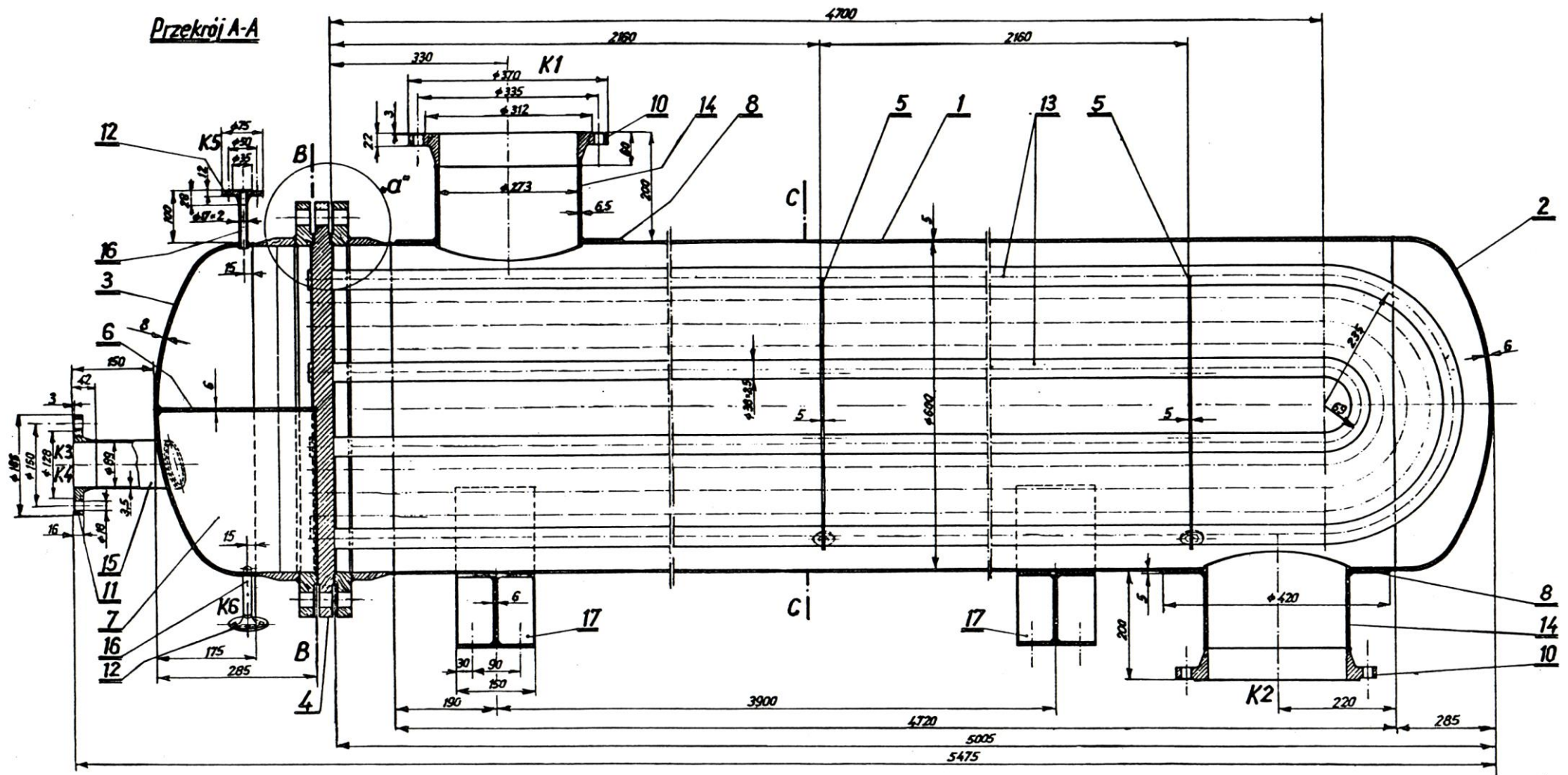
Rys. 7.2. Czterodrogowy wymiennik ciepła z głowicą swobodną



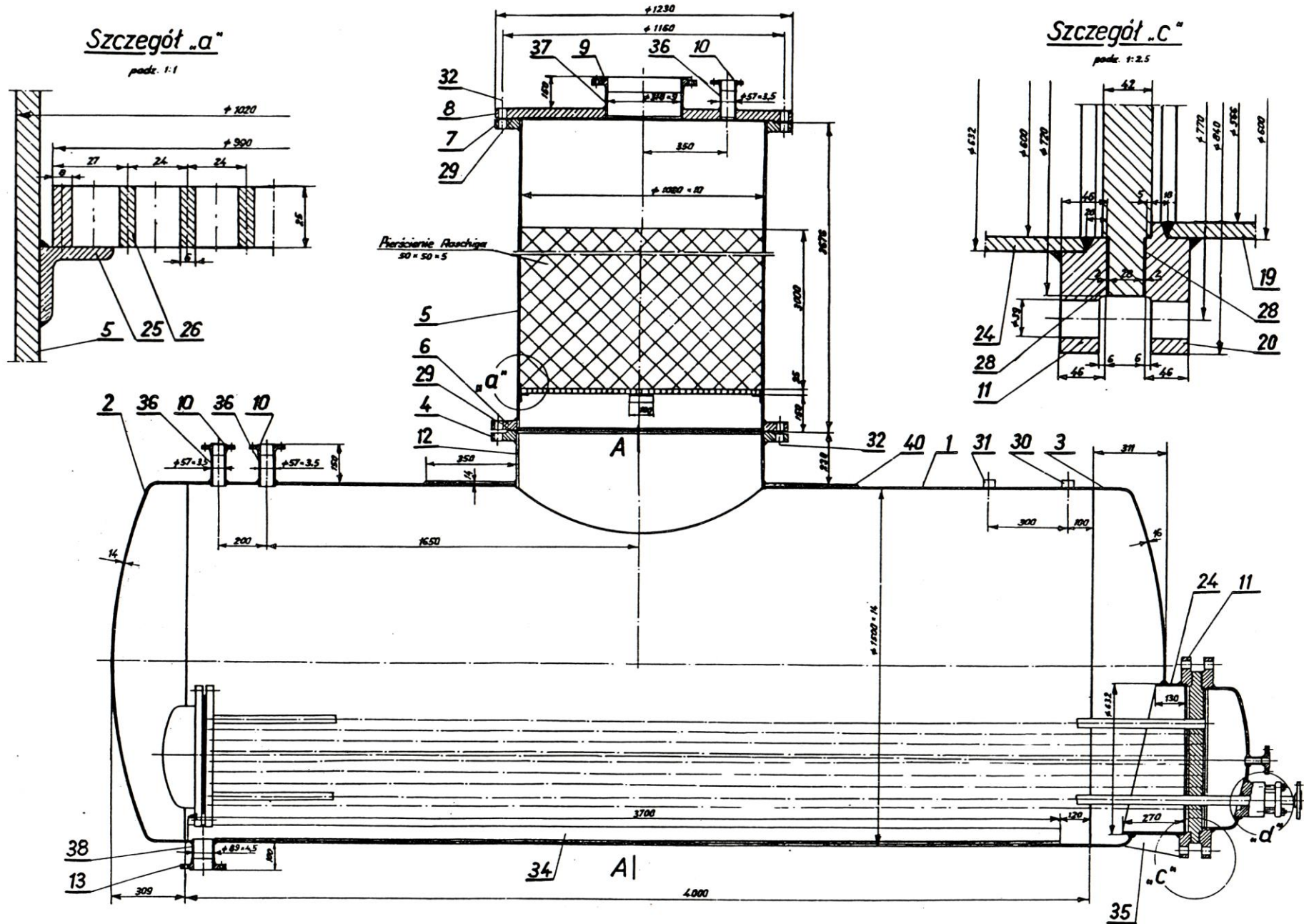
Rys. 7.3. Głowica kompensacyjna aparatu płaszczowo-rurkowego



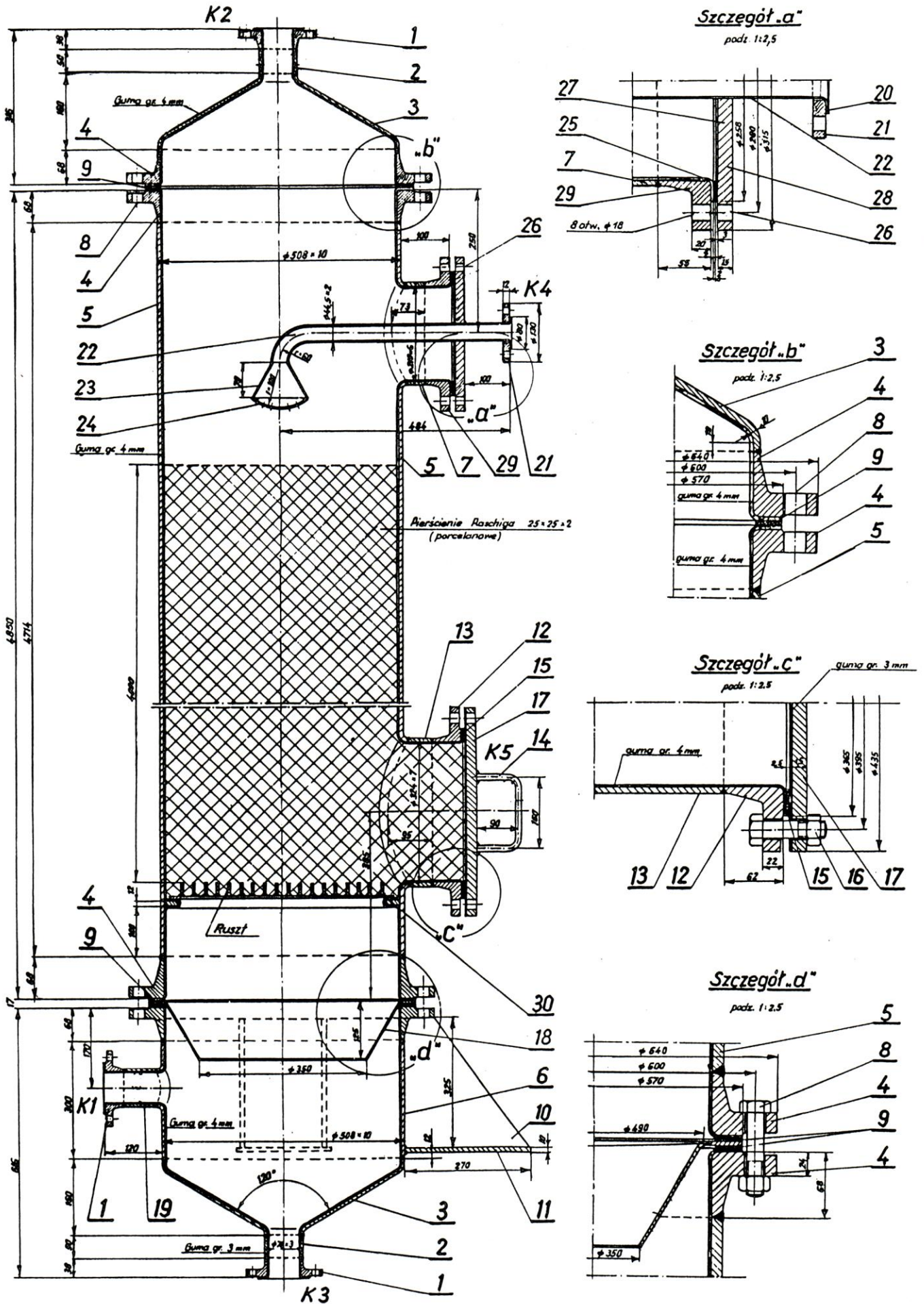
Rys. 7.4. Wymiennik ciepła z kompensatorem soczewkowym, wg [8]



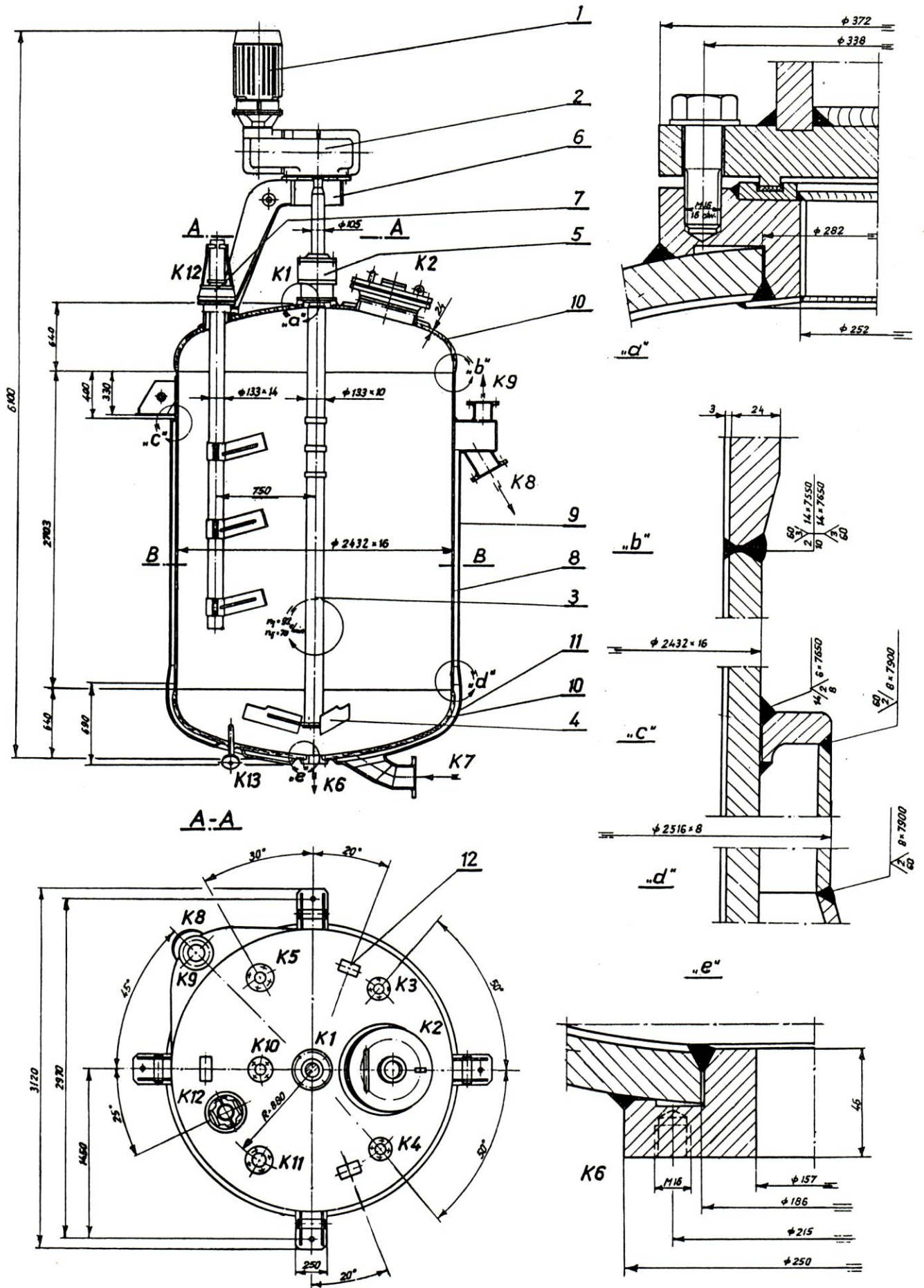
Rys. 7.5. Wymiennik ciepła U-rurkowy, wg [8]



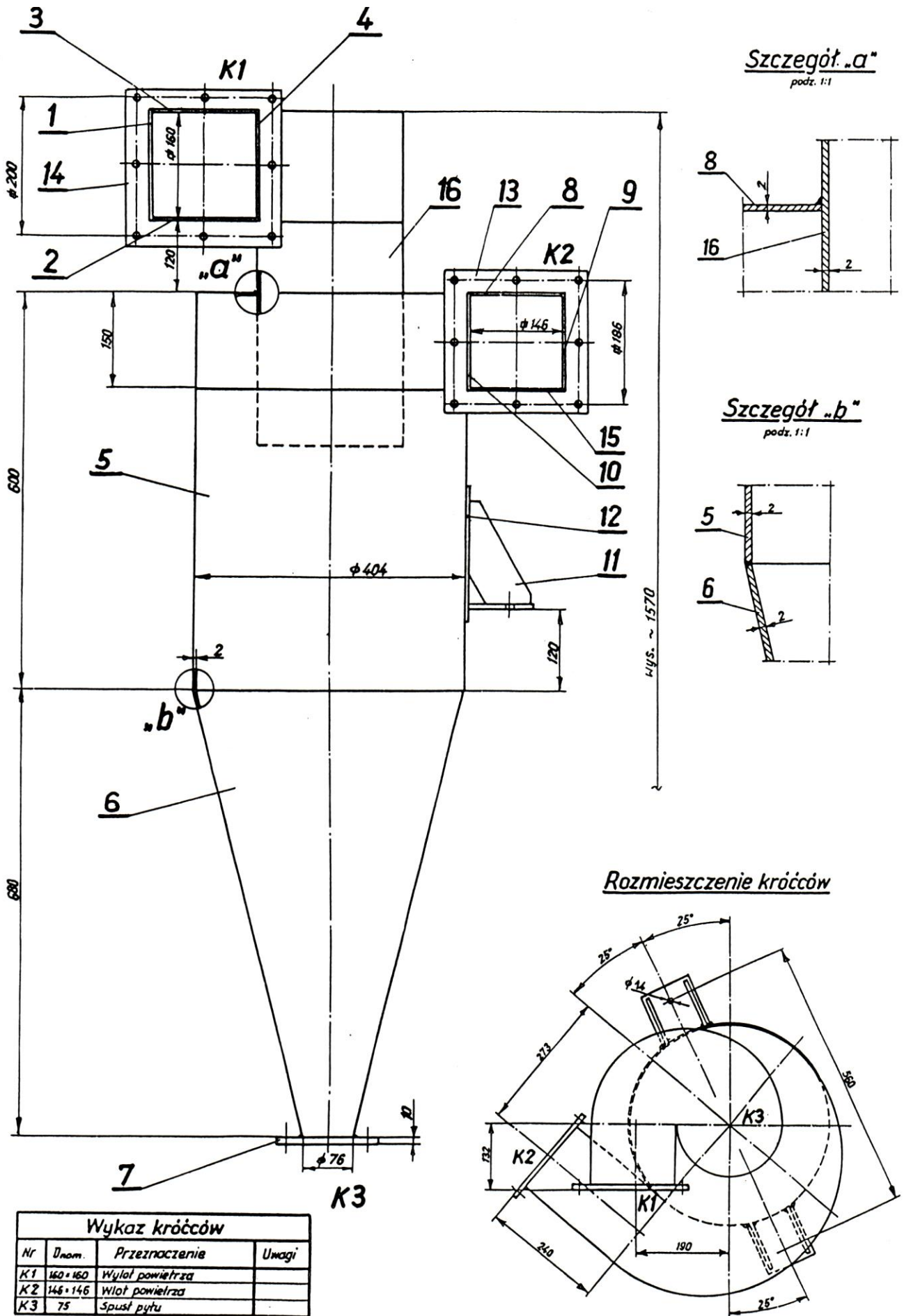
Rys. 7.6. Kocioł kolumny destylacyjnej z wypełnieniem usypowym, wg [8]



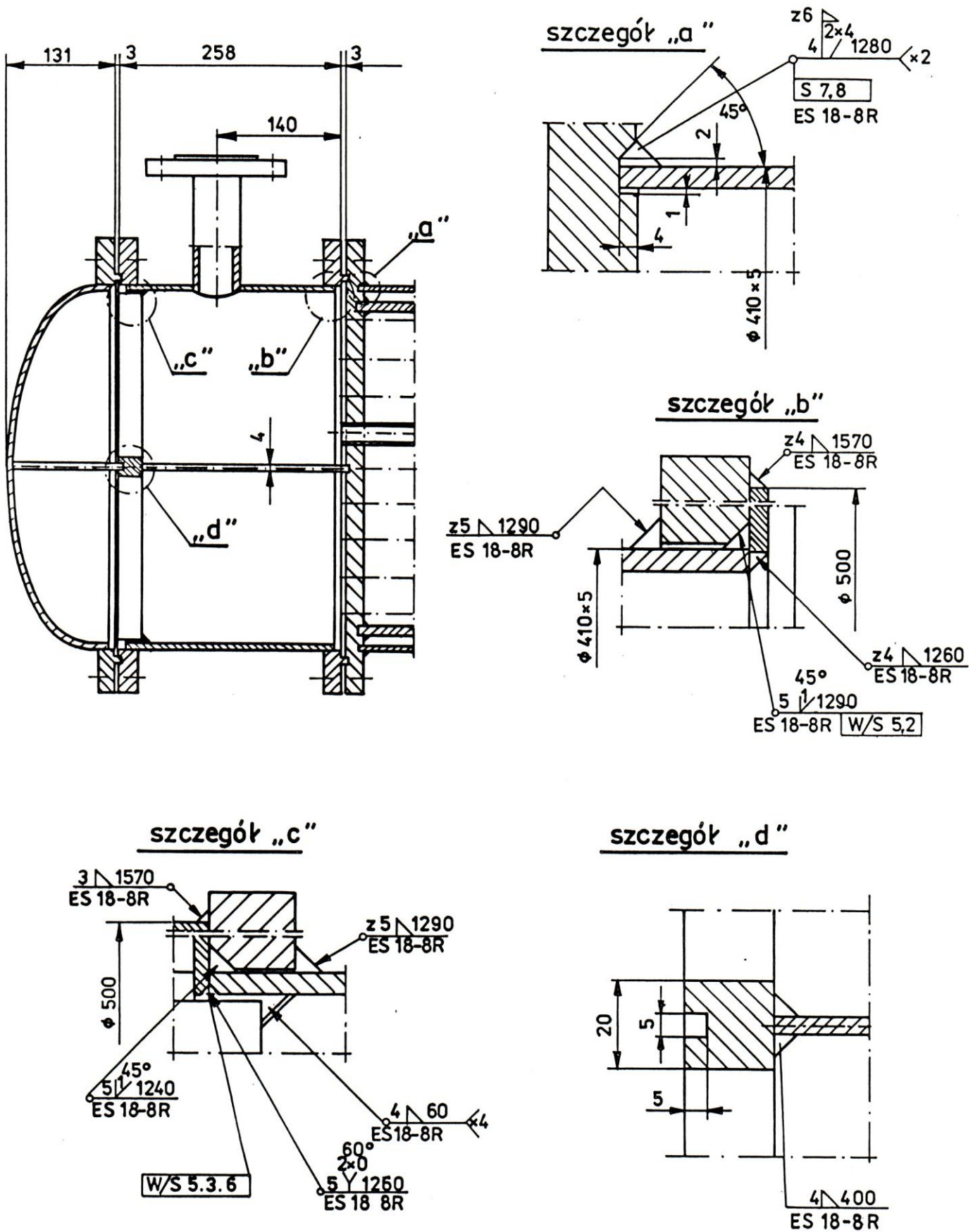
Rys. 7.7. Skruber z wypełnieniem usypowym, zraszany za pomocą dyszy zamkniętej, wg [8]



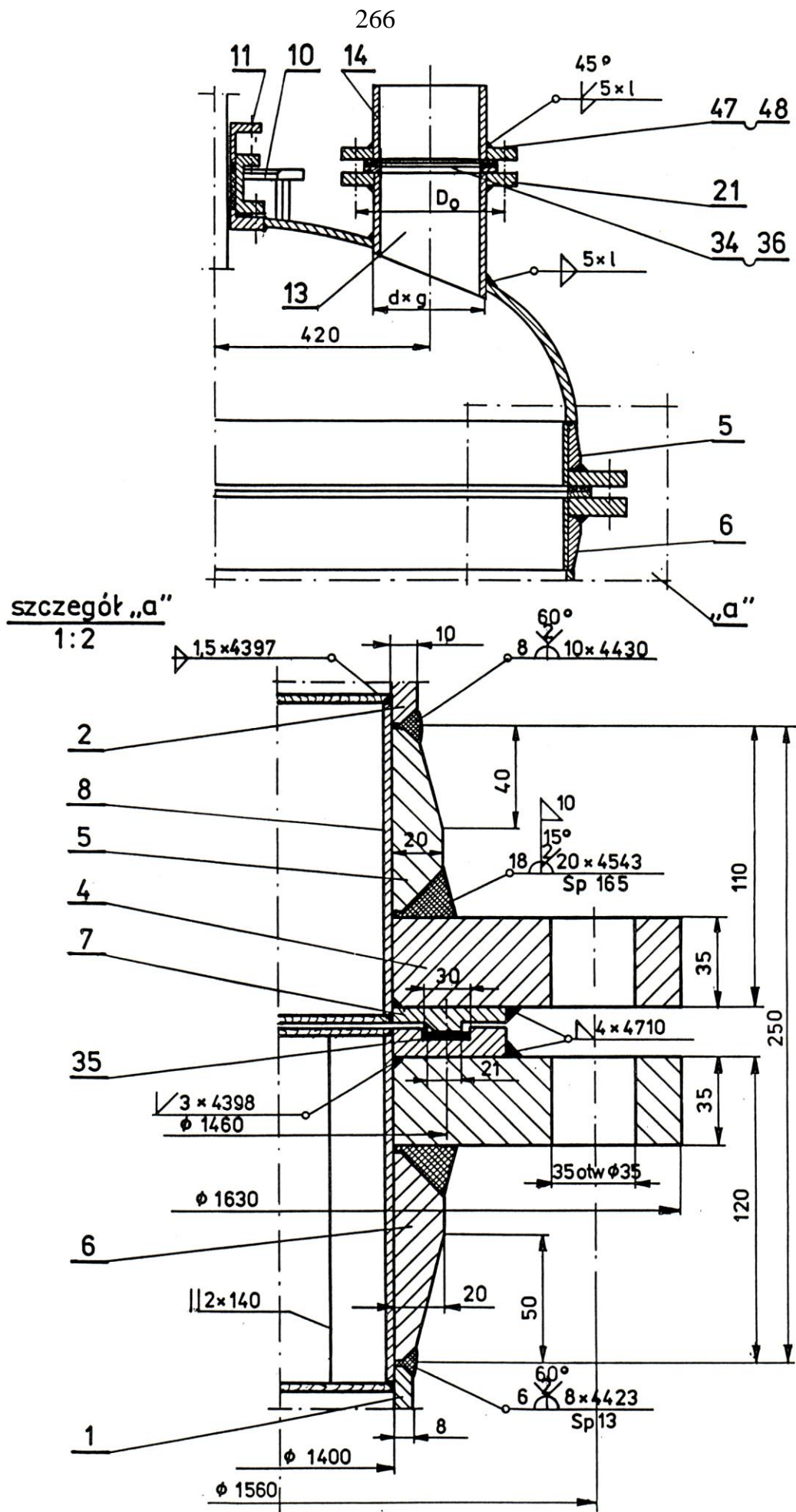
Rys. 7.8. Elementy autoklawu ciśnieniowego, wg [8]



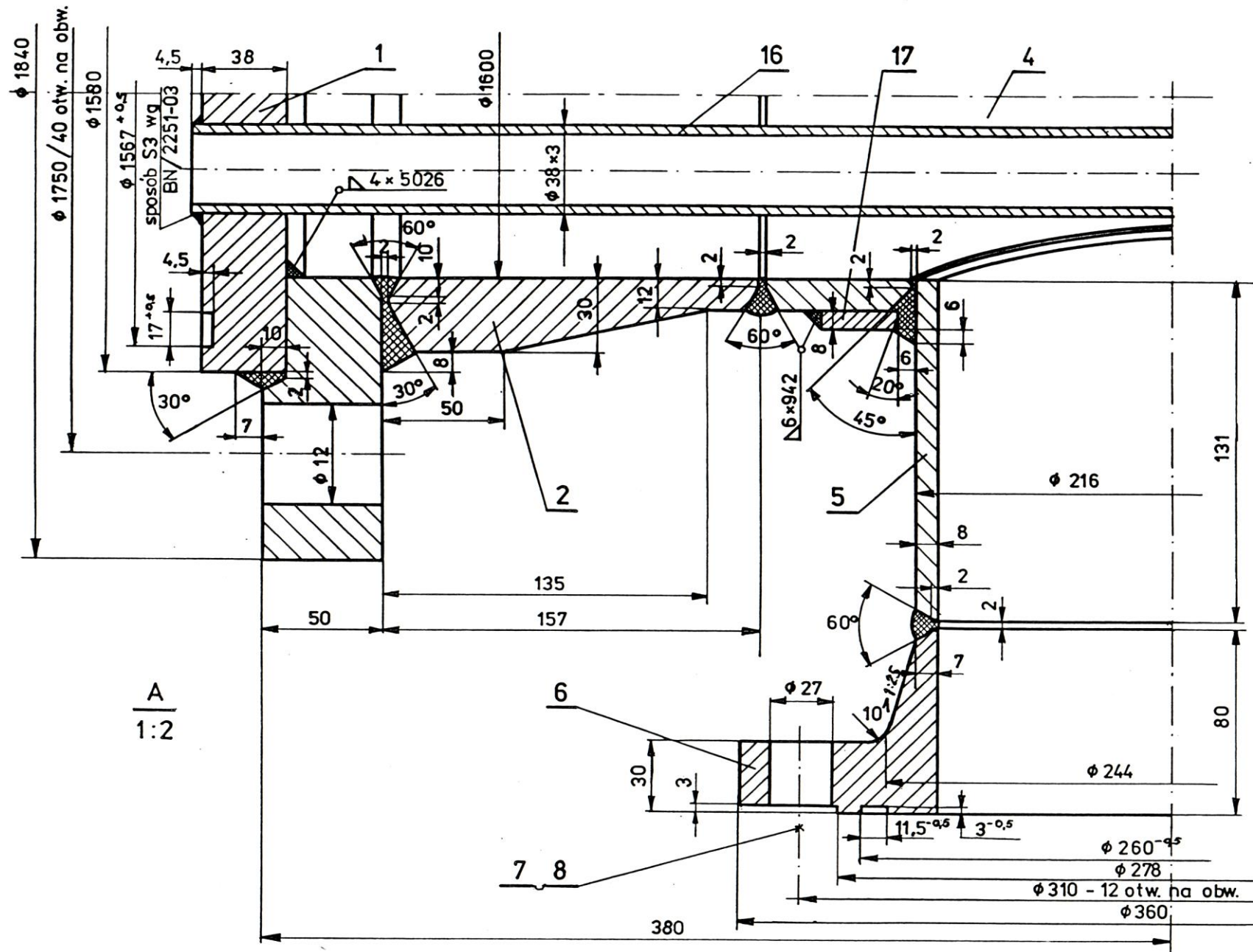
Rys. 7.9. Cyklon niskociśnieniowy, wg [8]



Rys. 7.10. Elementy komory przepływowej dwudrogowego wymiennika ciepła



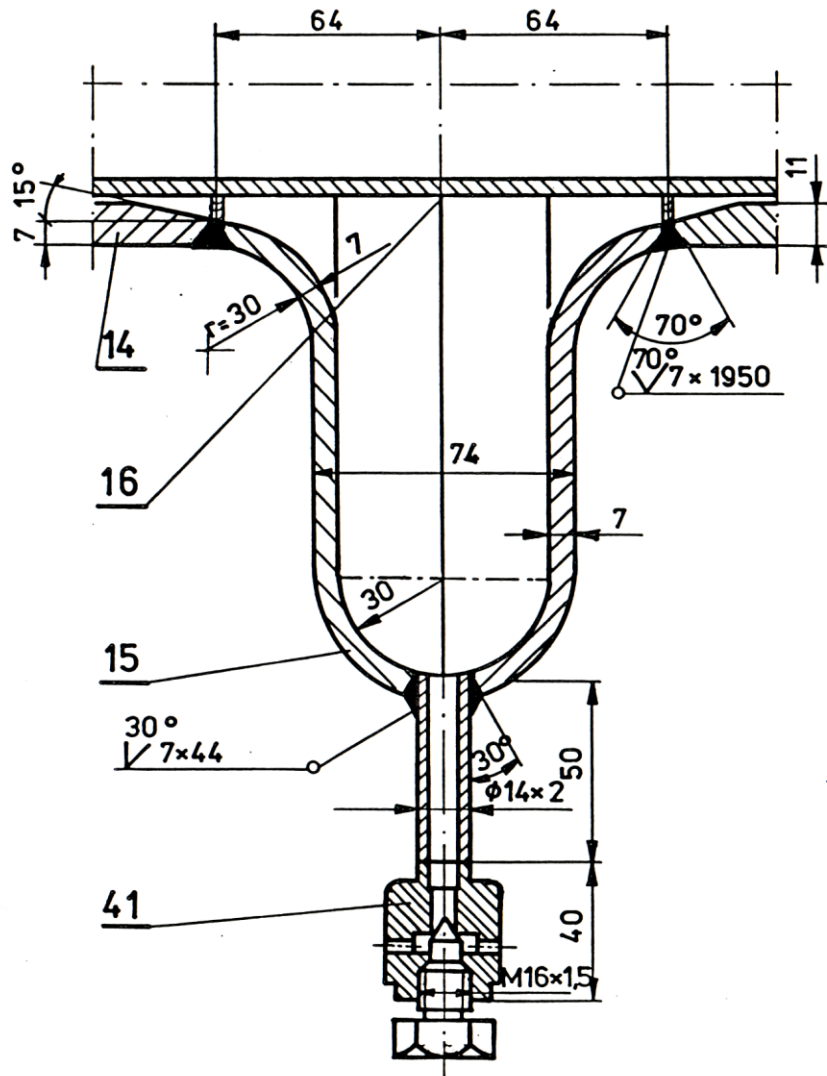
Rys. 7.11. Elementy przyłączeniowe aparatu typu zbiornikowego



Rys. 7.12. Dno sitowe z połączeniem kołnierowo-śrubowym

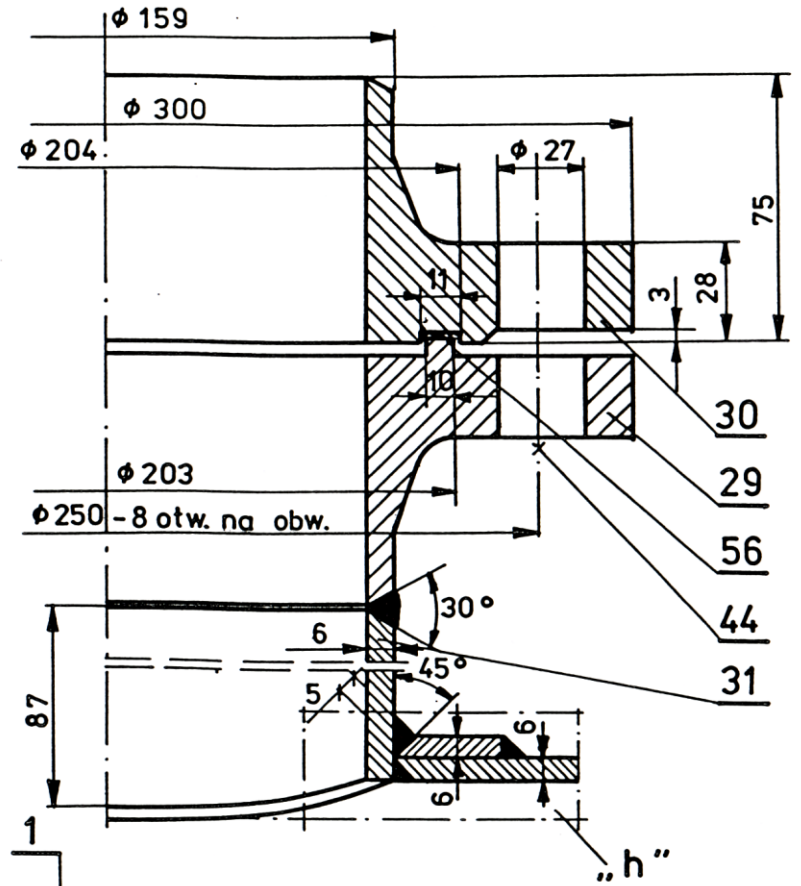
szczęgół „e”

1:2



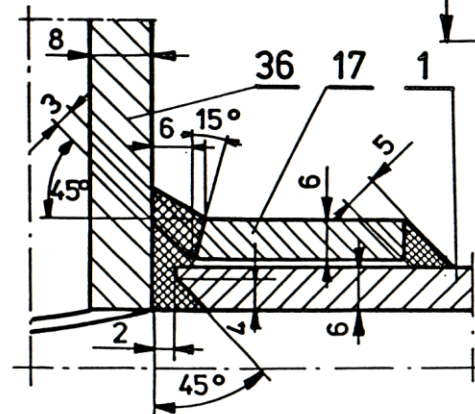
Króciec B

1:2

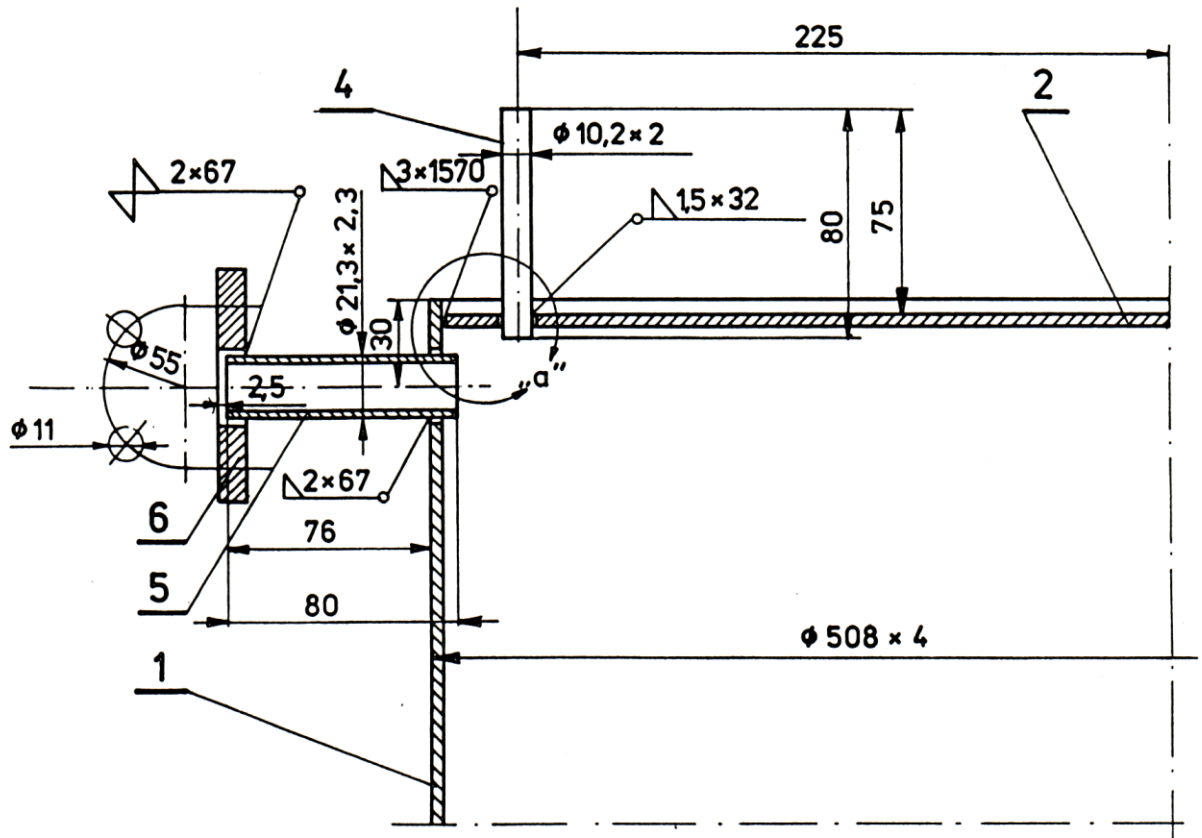


szczęgół „h”

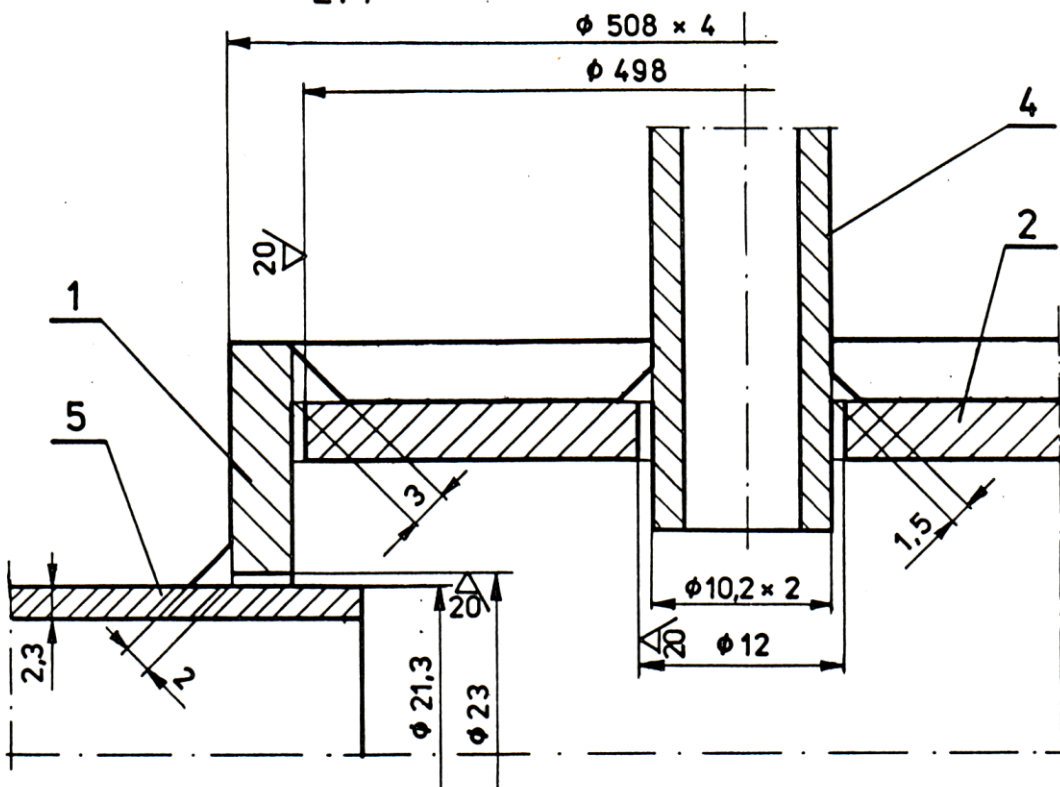
1:1



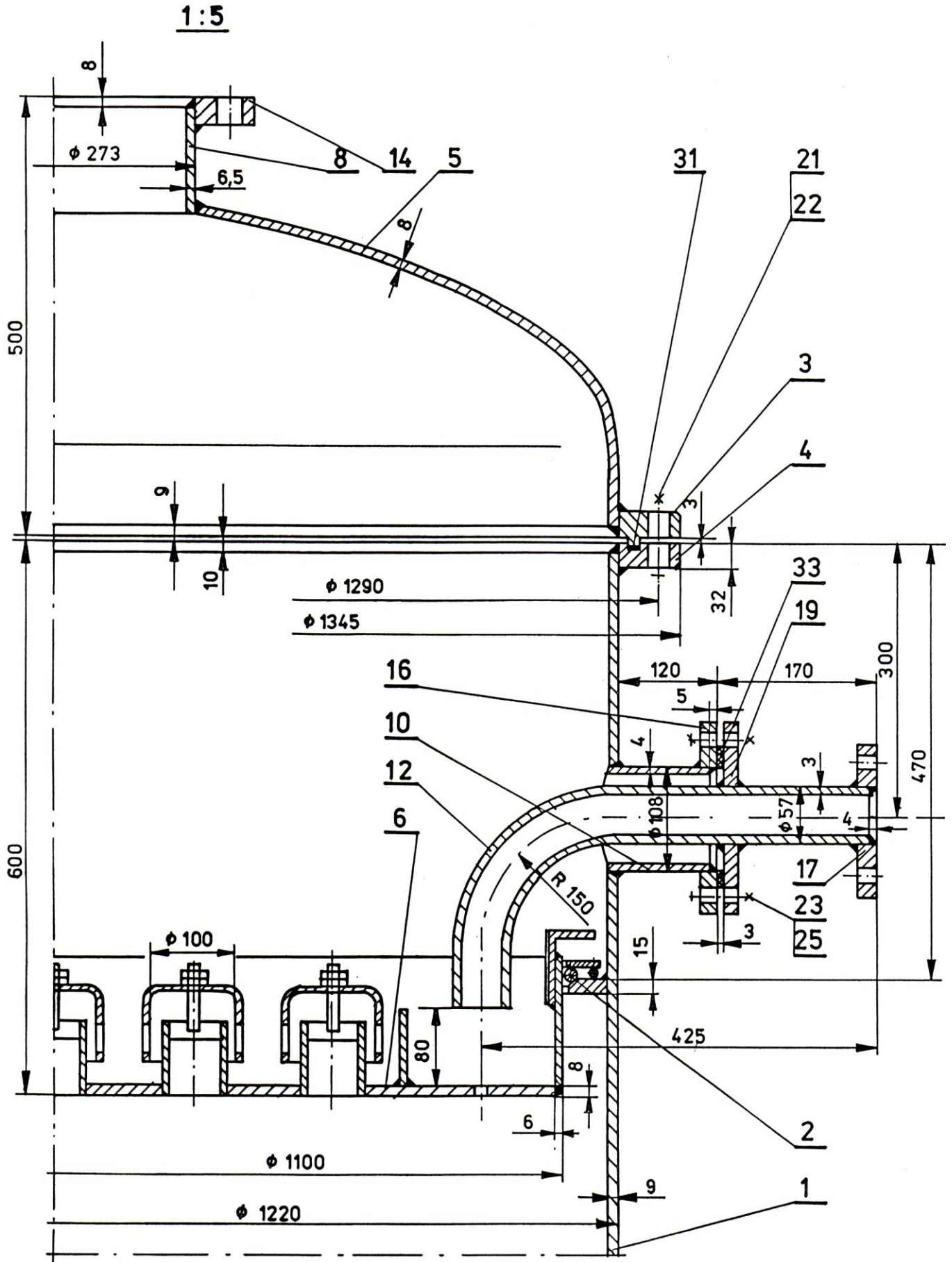
Rys. 7.13. Elementy wymiennika ciepła



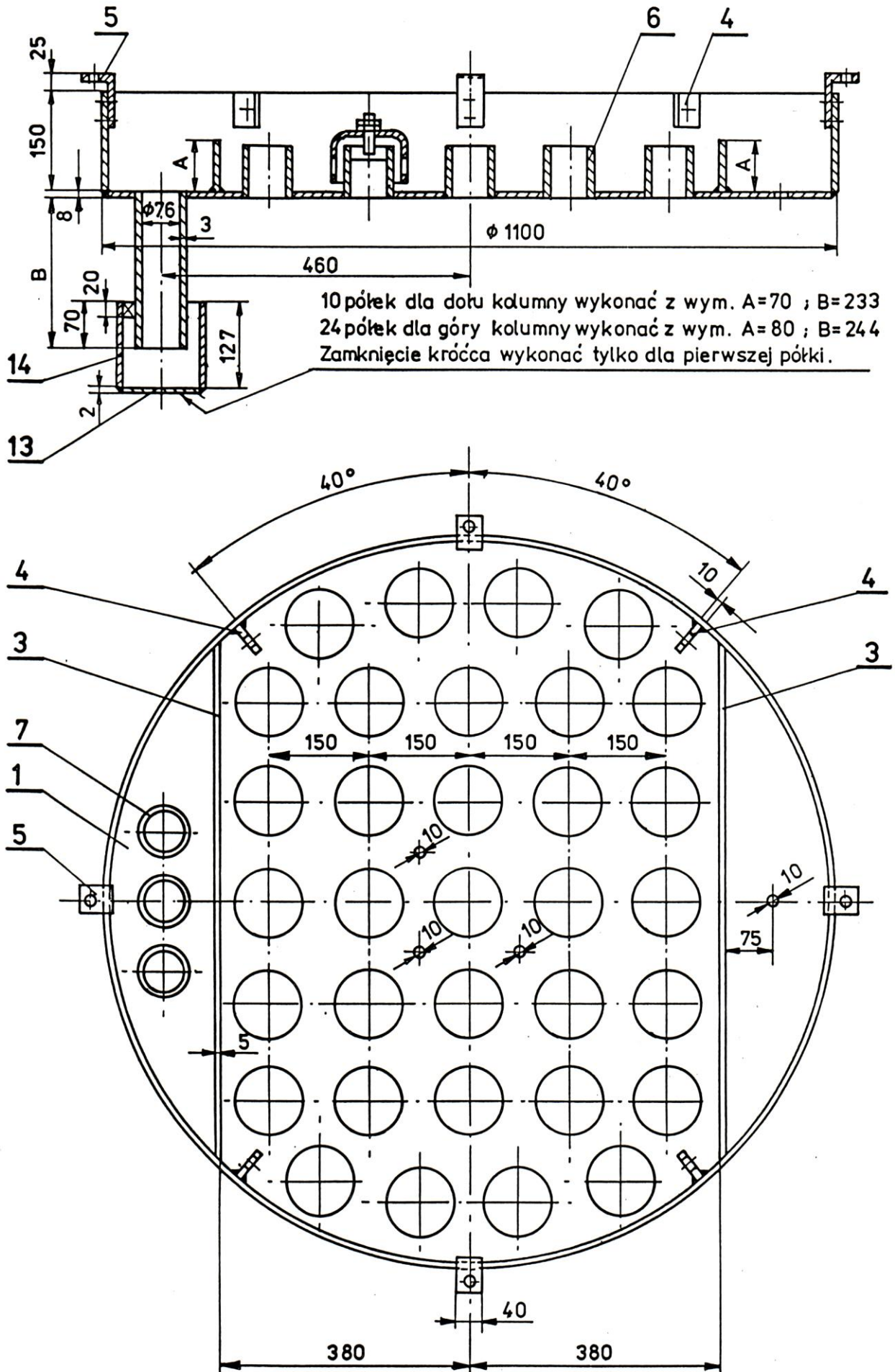
Szczegół „a”
2:1



Rys. 7.14. Łączenie elementów zbiornika bezciśnieniowego



Rys. 7.15. Szczyt kolumny półkowej kołpakowej



Rys. 7.16. Półka kołpakowa z przelewem rurowym

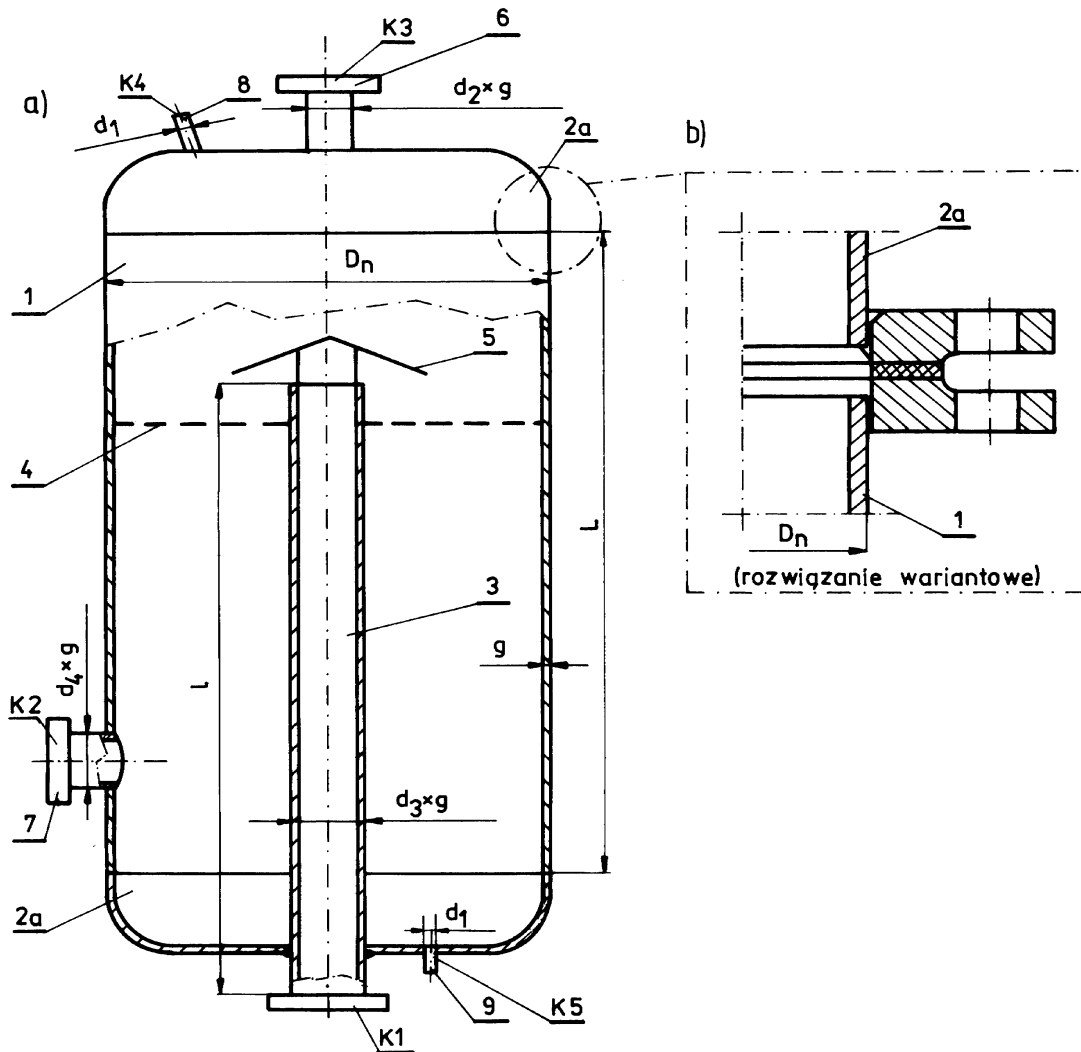
7.2. Przykład obliczeniowy

Przykład obejmuje obliczenia wytrzymałościowe wybranych elementów zbiornika ciśnieniowego ($p_0 = 0,6 \text{ MPa}$, $t_0 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$), którego schemat konstrukcyjny przedstawiono na rys. 7.17. Elementami tymi są:

- płaszcz zbiornika (część cylindryczna) – $D_n = 350 \text{ mm}$;
- dno płaskie z wyobleniem (dolne i górne) – $D_n = 350 \text{ mm}$;
- połączenie kołnierzo-śrubowe główne zbiornika (wykonanie wariantowe) – $D_n = 350 \text{ mm}$;
- połączenie kołnierzo-śrubowe króćców zbiornika oraz orurowania instalacji – $D_n = 40 \text{ mm}$ ($d_z \times g = 44,5 \times 2,9 \text{ mm}$), $D_n = 80 \text{ mm}$ ($d_z \times g = 88,9 \times 4,5 \text{ mm}$).

Obliczenia przeprowadzono techniką komputerową, wykorzystując programy DT-Zbiornik i DT-Flange. Wyniki obliczeń – w formie wydruku komputerowego – zestawiono w tabeli 7.1, w której uwzględniono także arkusze obliczeniowe (por. pkt 3.6) typowych elementów projektowanego zbiornika (element walcowy, kołnierz, dno).

Rezultaty obliczeń zobrazowano na rys. 7.18 (zestawienie konstrukcyjne aparatu) i rys. 7.19 (kołnierz główny).



Rys. 7.17. Schemat odgazowywacza zbiornikowego: a) zbiornik; b) połączenie kołnierzo-śrubowe dna górnego (wariant). 1- płaszcz zbiornika, 2- dna zamykające, 3- rura dopływowa, 4- sitko stabilizujące, 5- kominek, 6- króciec zaworu bezpieczeństwa, 7- króciec odpływowy, 8- króciec odpowietrzający, 9- króciec spustowy

Obliczenia konstrukcyjne elementów zbiornika

POLITECHNIKA OPOLSKA

DT-Zbiornik; DT-Flange: Wersja edukacyjna

NAZWA : KONSTRUKCJA APARATURY PROCESOWEJ

POZ. NR: PO/KM-7

ZLEC. NR: SKRYPT PO.

DATA: 06-11-1997

DT-ZBIORNIK v.3.0 D0104

PRZEPISY: WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO DT-UC-90/WO-O

OBLICZENIA WYTRZYMALOSCIOWE

INSTALACJA/LOKALIZACJA: KATEDRA INZYNIERII PROCESOWEJ

NUMER ZAMOWIENIA: 1997

ZAMAWIAJACY: KONSTRUKCJA APARATURY

NR RYSUNKU: 7.17

BUDOWA I PRZEZNACZENIE: INSTALACJA ODGAZOWANIA WODY
(PRZYKLAD OBLICZENIOWY)

CHARAKTERYSTYKA I PARAMETRY

WYSZCZEGOLNIENIE	JEDNOSTKA	PLASZCZ	RURKI
MEDIUM:	-	woda	
CISNIENIE ROBOCZE:	MPa		0,6
CISNIENIE OBLICZENIOWE:	MPa		0,6
CISNIENIE SPRAWDZAJACE:	MPa		0,6
CISNIENIE PROBNE:			
PROBA HYDRAULICZNA:	MPa		0,75
PROBA PNEUMATYCZNA:	MPa		-
CZYNNIK PROBNY:	-	woda	
TEMPERATURA SCIANEK PODCZAS PROBY:	°C		20
TEMPERATURA ROBOCZA:	°C		50
TEMPERATURA OBLICZENIOWA:	°C		50
NADDATEK NA KORUZJE:	mm		0,1
DOPUSZCZALNE CISNIENIE ZEWNETRZNE:	MPa		-
DOPUSZCZALNA OWALIZACJA:	mm		-
POJEMNOSC:	m ³		0,65
POWIERZCHNIA WYMIANY CIEPLA:	m ²		-
MINIMALNA TEMPERATURA METALU:	°C		-
PRZY CISNIENIU:	MPa		-
WSPOLCZYNNIK ZLACZY SPAWANYCH:	-		1,0
CHARAKTERYSTYKA CZYNNIKA ROBOCZEGO:			
TOKSYCZNOSC:	-		nie
ZAPALNOSC:	-		nie
WYBUCHOWOSC:	-		nie
MAKSYMALNA TEMPERATURA:	°C		50
MINIMALNA TEMPERATURA:	°C		4
MASA APARATU PUSTEGO:	kg		95
MASA APARATU PODCZAS PROBY:	kg		160

Syst. Arkusz Wydruk Material Parametr Okienko Edycja Zbior SKRYPT.ZBD

[] W0-0/01: Elementy walcowe podlegajace cisnieniu wewnetrznemu

Element: **CYLINDRYCZNY**
 Rys. Nr: 7.18
 Poz. Nr: 1
 Srednica: **W ewnetrzna**
 po = 0.600 MPa
 to = 50.00 °C

Obliczenia poprawne.

Material: 1H18N9T	c1 = 0.35 mm	Beta = 1.057
wedlug: PN-86/H-92138	c2 = 0.10 mm	Alfa = 1.000
Wlasn.: Re0.2t	c3 = 0.00 mm	go = 0.77 mm
Re0.2t = 195.00 MPa	z = 1.00	g = 0.87 mm
wedlug: DT-UT-90/W0-M		gmin = 1.22 mm
x = 1.65	Dw = 350.00 mm	gn = 10.00 mm
		grz = 9.65 mm
k = 118.18 MPa	Dz = 370.00 mm	dn = 117.66 mm
		dmax = 185.00 mm

Nowy

Schowaj

Kasuj

Poprz.

Nast.

Strona

2 / 7

0

F1 Info F9 Wpisz | Wybrana grubosc nominalna

Syst. Arkusz Wydruk Material Parametr Okienko Edycja Zbior SKRYPT.ZBD

[] W0-0/18: Otwory w sciankach i wzmacnienia otworow

Element: **PLASZCZ**
 Rys. Nr: 7.18
 Poz. Nr: 1
 Typ elem: **W alec**
 po = 0.600 MPa
 to = 50.00 °C

Wzmocnienie nie wymagane.

Material: 1H18N9T	c2 = 0.10 mm	
Ret = 195.00 MPa	d = 80.45 mm	dn = 117.66 mm
x = 1.65	gokr = 0.20 mm	F1 = mm ²
k = MPa	grzkr = 4.15 mm	F2 = mm ²
Material: 1H18N10T	h1 = 50.00 mm	F3 = mm ²
Ret = 191.00 MPa	h2 = 2.00 mm	F4 = mm ²
Material: 1H18N9T	D = 160.00 mm	F5 = mm ²
Ret = 195.00 MPa	Dnz = 0.00 mm	Fsp = 0.00 mm ²
Dz = 358.00 mm	Dnw = 0.00 mm	Fwzm = mm ²
Dw = 350.00 mm	gz = 0.00 mm	Fstr = mm ²
grz = 9.65 mm	gw = 0.00 mm	
	Fsp = 0.00 mm ²	

Nowy

Schowaj

Kasuj

Poprz.

Nast.

Strona

3 / 7

0

F1 Info F2 Zapisz F3 Otworz Alt+F3 Zamknij F10 Menu Alt+K Koniec

POLITECHNIKA OPOLSKA - Wersja edukacyjna
 NAZWA : KONSTRUKCJA APARATURY PROCESOWEJ
 POZ. NR: PO/KM-7

ZLEC. NR: SKRYPT PO.
 DATA: 06-11-1997

DT-ZBIORNIK v.3.0 D0104

PRZEPISY: WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO DT-UC-90/WO-O

WO-O/01: ELEMENTY WALCOWE PODLEGAJACE CISNIENIU WEWNETRZNEMU

ELEMENT: CYLINDRYCZNY

RYS. NR: 7.18

POZ. NR: 1

 WZORY OBLICZENIOWE WEDLUG WO-O/01-3.1:

$$(1) \quad g_o = \frac{p_o \cdot D_w}{(2.3/\text{Alfa}) \cdot k \cdot z - p_o}$$

$$(2) \quad g_o = \frac{p_o \cdot D_z}{(2.3/\text{Alfa}) \cdot k \cdot z + p_o}$$

CISNIENIE OBLICZENIOWE $p_o = 0.600$ MPa
 TEMPERATURA OBLICZENIOWA $t_o = 50.00$ °C

MATERIAL 1H18N9T
 WEDLUG PN-86/H-92138
 WLASNOSCI WYTRZYMALOSCIOWE $Re_{0.2t} = 195.00$ MPa
 WEDLUG DT-UT-90/WO-M
 WPOLCZYNNIK BEZPIECZENSTWA $x = 1.65$
 NAPREZENIA DOPUSZCZALNE, $k = Re_{0.2t}/x$ $k = 118.18$ MPa

WSPOLCZYNNIK WYTRZYMALOSCIOWY $z = 1.00$

TECHNOLOGICZNY NADDATEK GRUBOSCI $c_1 = 0.35$ mm
 EKSPLOATACYJNY NADDATEK GRUBOSCI $c_2 = 0.10$ mm
 NADDATEK GRUBOSCI NA DODATKOWE NAPREZENIA $c_3 = 0.00$ mm

SREDNICA WEWNETRZNA ELEMENTU WALCOWEGO $D_w = 350.00$ mm
 SREDNICA ZEWNETRZNA ELEMENTU WALCOWEGO $D_z = 370.00$ mm

STOSUNEK SREDNICY ZEWNETRZNEJ DO WEWNETRZNEJ $\text{Beta} = 1.057$
 WSPOLCZYNNIK WEDLUG TABLICY 2 WO-O/01 $\text{Alfa} = 1.000$

GRUBOSC OBLICZENIOWA WEDLUG WZORU (1) $g_o = 0.77$ mm
 NAJMIEJSZA WYMAGANA GRUBOSC, $g = g_o + c_2 + c_3$ $g = 0.87$ mm
 MINIMALNA GRUBOSC NOMINALNA, $g_{min} = g + c_1$ $g_{min} = 1.22$ mm
 PRZYJETA GRUBOSC NOMINALNA $g_n = 10.00$ mm
 GRUBOSC RZECZYWISTA, $g_{rz} = g_n - c_1$ $g_{rz} = 9.65$ mm

 WARUNEK WYTRZYMALOSCI:

$$g_{rz} = 9.65 \text{ mm} \geq g = 0.87 \text{ mm}$$

WARUNEK JEST SPELNIONY.

NAJWIEKSZY OTWOR NIE WYMAGAJACY WZMOCNIENIA $d_n = 117.66$ mm
 MAKSYMALNA DOPUSZCZALNA SREDNICA OTWORU $d_{max} = 185.00$ mm

POLITECHNIKA OPOLSKA - Wersja edukacyjna
 NAZWA : KONSTRUKCJA APARATURY PROCESOWEJ
 POZ. NR: PO/KM-7

ZLEC. NR: SKRYPT PO.
 DATA: 06-11-1997

DT-ZBIORNIK v.3.0 D0104

PRZEPISY: WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO DT-UC-90/WO-O

WO-O/18: OTWORY W SCIANKACH I WZMOCNIENIA SCIANEK OSLABIONYCH OTWORAMI

ELEMENT: PLASZCZ

RYS. NR: 7.18

POZ. NR: 1

 WZORY OBLICZENIOWE WEDLUG WO-O/18:

$$(1) \quad go = \frac{po \cdot Dw}{(2.3/Alfa) \cdot k - po}$$

$$(2) \quad Zrz = po \cdot (Dw + grz - c2) / (2.3/Alfa \cdot k \cdot (grz - c2))$$

$$(3) \quad dn = \min(200, 0.35 \cdot Dz, 8.1 \cdot ((Dw \cdot (grz - c2) \cdot (1 - Zrz))^{1/3}))$$

$$(4) \quad Fstr = (d + 2 \cdot c2) \cdot go, \text{ POLA WZMOCNIEN Fi WG WO-O/18 RYS. 2 I 5}$$

 CISNIENIE OBLICZENIOWE po = 0.600 MPa
 TEMPERATURA OBLICZENIOWA to = 50.00 °C
 MATERIAL ELEMENTU OSLABIONEGO OTWOREM 1H18N9T
 GRANICA PLASTYCZNOSCI W TEMP. OBLICZENIOWEJ Ret = 195.00 MPa
 WPOLCZYNNIK BEZPIECZENSTWA x = 1.65
 NAPREZENIA DOPUSZCZALNE k = MPa
 MATERIAL KROCCA 1H18N10T
 GRANICA PLASTYCZNOSCI W TEMP. OBLICZENIOWEJ Ret = 191.00 MPa
 MATERIAL NAKLADKI 1H18N9T
 GRANICA PLASTYCZNOSCI W TEMP. OBLICZENIOWEJ Ret = 195.00 MPa
 SREDNICA ZEWNETRZNA Dz = 358.00 mm
 SREDNICA WEWNETRZNA Dw = 350.00 mm
 GRUBOSC OBLICZENIOWA go = mm
 GRUBOSC RZECZYWISTA grz = 9.65 mm
 EKSPLOATACYJNY NADDATEK GRUBOSCI c2 = 0.10 mm
 SREDNICA OTWORU d = 80.45 mm
 GRUBOSC OBLICZENIOWA KROCCA gokr = 0.20 mm
 GRUBOSC RZECZYWISTA KROCCA grzkr = 4.15 mm
 WYSOKOSC KROCCA/GRANICA h1 = 50.00/ mm
 GLEBOKOSC WPUSZCZENIA KROCCA/GRANICA h2 = 2.00/ mm
 SREDNICA NAKLADKI ZEWNETRZNEJ/GRANICA Dnz = 0.00/ mm
 SREDNICA NAKLADKI WEWNETRZNEJ/GRANICA Dnw = 0.00/ mm
 GRUBOSC NAKLADKI ZEWNETRZNEJ gz = 0.00 mm
 GRUBOSC NAKLADKI WEWNETRZNEJ gw = 0.00 mm

 WSPOLCZYNNIK Zrz =
 NAJWIEKSZY OTWOR NIE WYMAGAJACY WZMOCNIENIA dn = 117.66 mm

$$Fwzm = 2 \cdot (F1 + F2 \cdot k1 + F3 \cdot k2 + F4 \cdot k1 + F5 \cdot k1 + Fsp)$$

$$Fwzm = 2 \cdot (+ + + + + 0.00) = \text{mm}^2$$

$$k1 = \quad k2 = \quad - \text{WSPOLCZYNNIKI ki UWZGLEDNIAJACE WLASNOSCI}$$

WARUNEK WZMOCNIENIA:

$$d = 80.45 \text{ mm} < dn = 117.66 \text{ mm}$$

WZMOCNIENIE NIE JEST WYMAGANE.

POLITECHNIKA OPOLSKA - Wersja edukacyjna
 NAZWA : KONSTRUKCJA APARATURY PROCESOWEJ
 POZ. NR: PO/KM-7

ZLEC. NR: SKRYPT PO.
 DATA: 06-11-1997

DT-ZBIORNIK v.3.0 D0104

PRZEPISY: WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO DT-UC-90/WO-O

WO-O/01: ELEMENTY WALCOWE PODLEGAJACE CISNIENIU WEWNETRZNEMU

ELEMENT: KROCIEC - K1/K2

RYS. NR: 7.18

POZ. NR: 3, 7

 WZORY OBLICZENIOWE WEDLUG WO-O/01-3.1:

$$(1) \quad go = \frac{po * Dw}{(2.3/Alfa) * k * z - po}$$

$$(2) \quad go = \frac{po * Dz}{(2.3/Alfa) * k * z + po}$$

CISNIENIE OBLICZENIOWE $po = 0.600$ MPa
 TEMPERATURA OBLICZENIOWA $to = 50.00$ °C

MATERIAL $1H18N10T$
 WEDLUG PN-85/H-74242
 WLASNOSCI WYTRZYMALOSCIOWE $Re0.2t = 191.00$ MPa
 WEDLUG PN-85/H-74242
 WPOLCZYNNIK BEZPIECZENSTWA $x = 1.65$
 NAPREZENIA DOPUSZCZALNE, $k = Re0.2t/x$ $k = 115.76$ MPa

WSPOLCZYNNIK WYTRZYMALOSCIOWY $z = 1.00$

TECHNOLOGICZNY NADDATEK GRUBOSCI $c1 = 0.45$ mm
 EKSPLOATACYJNY NADDATEK GRUBOSCI $c2 = 0.10$ mm
 NADDATEK GRUBOSCI NA DODATKOWE NAPREZENIA $c3 = 0.00$ mm

SREDNICA WEWNETRZNA ELEMENTU WALCOWEGO $Dw = 79.90$ mm
 SREDNICA ZEWNETRZNA ELEMENTU WALCOWEGO $Dz = 88.90$ mm

STOSUNEK SREDNICY ZEWNETRZNEJ DO WEWNETRZNEJ $Beta = 1.113$
 WSPOLCZYNNIK WEDLUG TABLICY 2 WO-O/01 $Alfa = 1.000$

GRUBOSC OBLICZENIOWA WEDLUG WZORU (2) $go = 0.20$ mm
 NAJMIEJSZA WYMAGANA GRUBOSC, $g = go + c2 + c3$ $g = 0.30$ mm
 MINIMALNA GRUBOSC NOMINALNA, $gmin = g + c1$ $gmin = 0.75$ mm
 PRZYJETA GRUBOSC NOMINALNA $gn = 4.50$ mm
 GRUBOSC RZECZYWISTA, $grz = gn - c1$ $grz = 4.05$ mm

 WARUNEK WYTRZYMALOSCI:

$$grz = 4.05 \text{ mm} \geq g = 0.30 \text{ mm}$$

WARUNEK JEST SPELNIONY.

NAJWIEKSZY OTWOR NIE WYMAGAJACY WZMOCNIENIA $dn = 31.12$ mm
 MAKSYMALNA DOPUSZCZALNA SREDNICA OTWORU $dmax = 79.90$ mm

POLITECHNIKA OPOLSKA - Wersja edukacyjna
 NAZWA : KONSTRUKCJA APARATURY PROCESOWEJ
 POZ. NR: PO/KM-7

ZLEC. NR: SKRYPT PO.
 DATA: 06-11-1997

DT-ZBIORNIK v.3.0 D0104

PRZEPISY: WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO DT-UC-90/WO-O

WO-O/01: ELEMENTY WALCOWE PODLEGAJACE CISNIENIU WEWNETRZNEMU

ELEMENT: KROCIEC - K3
 RYS. NR: 7.18
 POZ. NR: 6

 WZORY OBLICZENIOWE WEDLUG WO-O/01-3.1:

$$(1) \quad go = \frac{po \cdot Dw}{(2.3/Alfa) \cdot k \cdot z - po}$$

$$(2) \quad go = \frac{po \cdot Dz}{(2.3/Alfa) \cdot k \cdot z + po}$$

CISNIENIE OBLICZENIOWE $po = 0.600$ MPa
 TEMPERATURA OBLICZENIOWA $to = 50.00$ °C

MATERIAL $1H18N10T$
 WEDLUG PN-85/H-74242
 WŁASNOSCI WYTRZYMALOSCIOWE $Re_{0.2t} = 191.00$ MPa
 WEDLUG PN-85/H-74242
 WPOLCZYNNIK BEZPIECZENSTWA $x = 1.65$
 NAPREZENIA DOPUSZCZALNE, $k = Re_{0.2t}/x$ $k = 115.76$ MPa

WSPOLCZYNNIK WYTRZYMALOSCIOWY $z = 1.00$

TECHNOLOGICZNY NADDATEK GRUBOSCI $c1 = 0.29$ mm
 EKSPLOATACYJNY NADDATEK GRUBOSCI $c2 = 0.10$ mm
 NADDATEK GRUBOSCI NA DODATKOWE NAPREZENIA $c3 = 0.00$ mm

SREDNICA WEWNETRZNA ELEMENTU WALCOWEGO $Dw = 38.70$ mm
 SREDNICA ZEWNETRZNA ELEMENTU WALCOWEGO $Dz = 44.50$ mm

STOSUNEK SREDNICY ZEWNETRZNEJ DO WEWNETRZNEJ $Beta = 1.150$
 WSPOLCZYNNIK WEDLUG TABLICY 2 WO-O/01 $Alfa = 1.000$

GRUBOSC OBLICZENIOWA WEDLUG WZORU (2) $go = 0.10$ mm
 NAJMNIEJSZA WYMAGANA GRUBOSC, $g = go + c2 + c3$ $g = 0.20$ mm
 MINIMALNA GRUBOSC NOMINALNA, $g_{min} = g + c1$ $g_{min} = 0.49$ mm
 PRZYJETA GRUBOSC NOMINALNA $gn = 2.90$ mm
 GRUBOSC RZECZYWISTA, $grz = gn - c1$ $grz = 2.61$ mm

 WARUNEK WYTRZYMALOSCI:

$$grz = 2.61 \text{ mm} \geq g = 0.20 \text{ mm}$$

WARUNEK JEST SPELNIONY.

NAJWIEKSZY OTWOR NIE WYMAGAJACY WZMOCNIENIA $dn = 15.57$ mm
 MAKSYMALNA DOPUSZCZALNA SREDNICA OTWORU $d_{max} = 38.70$ mm

Syst. Arkusz Wydruk Material Parametr Okienko Edycja Zbior SKRYPT.ZBD

W0-0/12: Okragle dna plaskie

Element: DENKO GORNE

Rys. Nr: 7.18

Poz. Nr: 2a

Typ dna: 1

po = 0.600 MPa

to = 50.00 °C

Obliczenia poprawne.

Material: 1H18N9T c1 = 0.55 mm

wedlug: PN-86/H-92138 c2 = 0.10 mm

Wlasn.: Re0.2t c3 = 0.00 mm go = 8.33 mm

Re0.2t = 195.00 MPa z = 0.85 g = 8.43 mm

wedlug: DT-UT-90/W0-M Dw = 338.00 mm gmin = 8.98 mm

x = 1.65 rw = 30.00 mm gn = 10.00 mm

k = 118.18 MPa grz = 9.45 mm

Nowy Schowaj Kasuj Poprz. Nast. Strona

6 / 7 0

F1 Info F2 Zapisz F3 Otworz Alt+F3 Zamknij F10 Menu Alt+K Koniec

Syst. Arkusz Wydruk Material Parametr Okienko Edycja Zbior SKRYPT.ZBD

W0-0/12: Okragle dna plaskie

Element: DENKO DOLNE

Rys. Nr: 7.18

Poz. Nr: 2b

Typ dna: 1

po = 0.600 MPa

to = 50.00 °C

Obliczenia poprawne.

Material: 1H18N9T c1 = 0.55 mm

wedlug: PN-86/H-92138 c2 = 0.10 mm

Wlasn.: Re0.2t c3 = 0.00 mm go = 8.87 mm

Re0.2t = 195.00 MPa z = 0.75 g = 8.97 mm

wedlug: DT-UT-90/W0-M Dw = 338.00 mm gmin = 9.52 mm

x = 1.65 rw = 30.00 mm gn = 10.00 mm

k = 118.18 MPa grz = 9.45 mm

Nowy Schowaj Kasuj Poprz. Nast. Strona

7 / 7 0

F1 Info F2 Zapisz F3 Otworz Alt+F3 Zamknij F10 Menu Alt+K Koniec

POLITECHNIKA OPOLSKA - Wersja edukacyjna
 NAZWA : KONSTRUKCJA APARATURY PROCESOWEJ
 POZ. NR: PO/KM-7

ZLEC. NR: SKRYPT PO.
 DATA: 06-11-1997

DT-ZBIORNIK v.3.0 D0104

PRZEPISY: WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO DT-UC-90/WO-O

WO-O/12: OKRAGLE DNA PŁASKIE W ELEMENTACH WALCOWYCH

ELEMENT: DENKO GORNE

RYS. NR: 7.18

POZ. NR: 2a

TYP DNA: WEDLUG WO-O/12 - RYS. 1

WZOR OBLICZENIOWY WEDLUG WO-O/12-3:

$$g_o = C \cdot (D_w - r_w) \cdot (p_o / k_z)^{1/2}$$

CISNIENIE OBLICZENIOWE

$p_o = 0.600$ MPa

TEMPERATURA OBLICZENIOWA

$t_o = 50.00$ °C

MATERIAL

1H18N9T

WŁASNOSCI WYTRZYMALOSCIOWE

WEDLUG PN-86/H-92138

$Re_{0.2t} = 195.00$ MPa

WSPÓLNY KRYTERIUM BEZPIECZENSTWA

WEDLUG DT-UT-90/WO-M

$x = 1.65$

NAPREZENIA DOPUSZCZALNE, $k = Re_{0.2t}/x$

$k = 118.18$ MPa

WSPÓLNY KRYTERIUM WYTRZYMALOSCIOWY

$z = 0.85$

TECHNOLOGICZNY NADDATEK GRUBOSCI

$c_1 = 0.55$ mm

EKSPLOATACYJNY NADDATEK GRUBOSCI

$c_2 = 0.10$ mm

NADDATEK GRUBOSCI NA DODATKOWE NAPREZENIA

$c_3 = 0.00$ mm

SREDNICA OBLICZENIOWA DNA

$D_w = 338.00$ mm

PROMIEN WYOBLANIA

$r_w = 30.00$ mm

WSPÓLNY KRYTERIUM C

$C = 0.35$

GRUBOSC OBLICZENIOWA

$g_o = 8.33$ mm

NAJMNIEJSZA WYMAGANA GRUBOSC, $g = g_o + c_2 + c_3$

$g = 8.43$ mm

MINIMALNA GRUBOSC NOMINALNA, $g_{min} = g + c_1$

$g_{min} = 8.98$ mm

PRZYJETA GRUBOSC NOMINALNA

$g_n = 10.00$ mm

GRUBOSC RZECZYWISTA, $g_{rz} = g_n - c_1$

$g_{rz} = 9.45$ mm

WARUNEK WYTRZYMALOSCI:

$$g_{rz} = 9.45 \text{ mm} \geq g = 8.43 \text{ mm}$$

WARUNEK JEST SPELNIONY.

WYMAGANIA KONSTRUKCYJNE:

$r_w = 30.00$ mm ≥ 30.00 mm (TAK)

POLITECHNIKA OPOLSKA - Wersja edukacyjna
 NAZWA : KONSTRUKCJA APARATURY PROCESOWEJ
 POZ. NR: PO/KM-7

ZLEC. NR: SKRYPT PO.
 DATA: 06-11-1997

DT-ZBIORNIK v.3.0 D0104

PRZEPISY: WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO DT-UC-90/WO-O

WO-O/12: OKRAGLE DNA PŁASKIE W ELEMENTACH WALCOWYCH

ELEMENT: DENKO DOLNE

RYS. NR: 7.18

POZ. NR: 2b

TYP DNA: WEDLUG WO-O/12 - RYS. 1

WZOR OBLICZENIOWY WEDLUG WO-O/12-3:

$$go = C * (Dw - rw) * (po / kz) ^ (1/2)$$

CISNIENIE OBLICZENIOWE

po = 0.600 MPa

TEMPERATURA OBLICZENIOWA

to = 50.00 °C

MATERIAL

1H18N9T

WLASNOSCI WYTRZYMALOSCIOWE

WEDLUG PN-86/H-92138

Re0.2t = 195.00 MPa

WPOLCZYNNIK BEZPIECZENSTWA

x = 1.65

NAPREZENIA DOPUSZCZALNE, k = Re0.2t/x

WEDLUG DT-UT-90/WO-M
 k = 118.18 MPa

WSPOLCZYNNIK WYTRZYMALOSCIOWY

z = 0.75

TECHNOLOGICZNY NADDATEK GRUBOSCI

c1 = 0.55 mm

EKSPLOATACYJNY NADDATEK GRUBOSCI

c2 = 0.10 mm

NADDATEK GRUBOSCI NA DODATKOWE NAPREZENIA

c3 = 0.00 mm

SREDNICA OBLICZENIOWA DNA

Dw = 338.00 mm

PROMIEN WYOBLLENIA

rw = 30.00 mm

WSPOLCZYNNIK C

C = 0.35

GRUBOSC OBLICZENIOWA

go = 8.87 mm

NAJMNIEJSZA WYMAGANA GRUBOSC, g = go+c2+c3

g = 8.97 mm

MINIMALNA GRUBOSC NOMINALNA, gmin = g+c1

gmin = 9.52 mm

PRZYJETA GRUBOSC NOMINALNA

gn = 10.00 mm

GRUBOSC RZECZYWISTA, grz = gn-c1

grz = 9.45 mm

WARUNEK WYTRZYMALOSCI:

$$grz = 9.45 \text{ mm} \geq g = 8.97 \text{ mm}$$

WARUNEK JEST SPELNIONY.

WYMAGANIA KONSTRUKCYJNE:

rw = 30.00 mm \geq 30.00 mm (TAK)

Sys Arkusz Wydruk Material Parametr Okienko Edycja Zbiory SKRYPT.DTF

[] DT-UC-90/WO-0/19 - KOLNIERZ KRYZOWY

Element **KOLNIERZ GLOWNY**

MATERIAL		KRYZA	SZYJKA	SRUBY
		1H18N9T	1H18N9T	Bez oznaczen
to =	50.00 °C	USZCZELKA	Teflon (T)	
Po =	0.60 MPa	Guszcz	3	ILOSC SRUB ns = 12.00
c2 =	0.10 mm	TYP	2	ROZMIAR SRUB M20
		Du =	388.00 mm	do = 22.00 mm
Dzk =	490.00 mm	U =	28.00 mm	ds = 16.93 mm
Dwk =	359.00 mm	Ucz =	18.36 mm	Do = 445.00 mm
Dz =	358.00 mm	Sim =	12.00 MPa	Psi = 0.75
g =	4.00 mm	Sir =	2.46 MPa	
c1 =	0.10 mm	b =	1.18	
h =	22.00 mm			
MONTAZ				
		napr. dop.	KRYZA 195.45	SZYJKA 195.45
		napr. obl.	68.91	139.76
PRACA				
		napr. dop.	150.00	150.00
		napr. obl.	34.87	90.31
SRUBY				163.64
				132.93
				115.00
				67.27

Oblicz Nowy Schowaj Kasuj Poprz. Nast. Strona

1 / 3 0

F1 Info F2 Zapisz F3 Otworz Alt+F3 Zamknij F10 Menu Alt+K Koniec

Sys Arkusz Wydruk Material Parametr Okienko Edycja Zbiory SKRYPT.DTF

[] DT-UC-90/WO-0/19 - KOLNIERZ KRYZOWY

Element **KROCIEC - K1/K2**

MATERIAL		KRYZA	SZYJKA	SRUBY
		1H18N9T	1H18N9T	Bez oznaczen
to =	50.00 °C	USZCZELKA	Teflon (T)	
Po =	0.60 MPa	Guszcz	3	ILOSC SRUB ns = 4.00
c2 =	0.10 mm	TYP	2	ROZMIAR SRUB M16
		Du =	109.00 mm	do = 18.00 mm
Dzk =	190.00 mm	U =	19.00 mm	ds = 13.55 mm
Dwk =	90.00 mm	Ucz =	15.13 mm	Do = 150.00 mm
Dz =	88.90 mm	Sim =	12.00 MPa	Psi = 0.75
g =	4.50 mm	Sir =	2.46 MPa	
c1 =	0.10 mm	b =	1.18	
h =	13.00 mm			
MONTAZ				
		napr. dop.	KRYZA 165.38	SZYJKA 165.38
		napr. obl.	92.92	85.75
PRACA				
		napr. dop.	125.81	125.81
		napr. obl.	30.85	31.78
				163.64
				144.13
				115.00
				47.84

Oblicz Nowy Schowaj Kasuj Poprz. Nast. Strona

2 / 3 0

F1 Info F2 Zapisz F3 Otworz Alt+F3 Zamknij F10 Menu Alt+K Koniec

Politechnika Opolska - Wersja edukacyjna
 NAZWA : KONSTRUKCJA APARATURY PROCESOWEJ
 POZ. NR: PO/KM-7

ZLEC. NR: SKRYPT PO.
 DATA: 06-11-1997

DT-FLANGE v. 5.0 F0104

PRZEPISY: WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO DT-UC-90/WO-O

DT-UC-90/WO-O/19 - KOLNIERZ KRYZOWY

ELEMENT: KOLNIERZ GLOWNY

CISNIENIE OBLICZENIOWE $P_o = 0.60$ MPa MASA KRYZY = 14.39 kg
 TEMPERATURA OBLICZENIOWA $t_o = 50.00$ °C
 NADDATEK NA KOROZJE $c_2 = 0.10$ mm

	KRYZA	SZYJKA	SRUBY
MATERIAL	1H18N9T	1H18N9T	Bez oznaczen
NORMA Re w 20`C	PN-86/H-92138	PN-86/H-92138	DT-UT-90/WO-M
Re w 20`C / X1 =	215.0 / 1.10	= 215.0 / 1.10	= 180.0 / 1.10
K1 = Re/X1	= 195.45	= 195.45	= 163.64 MPa
DANE w to wg	DT-UT-90/WO-M	DT-UT-90/WO-M	DT-UT-90/WO-M
WARTOSC / X2	= 195.0 / 1.30	= 195.0 / 1.30	= 172.5 / 1.50
K2= Re0.2t /X2 =	150.00	Ret /X2 = 150.00	Ret /X2 = 115.00 MPa

SREDNICA ZEWN.KRYZY Dzk =	490.00 mm	* GRUBOSC KRYZY	h = 22.00 mm
SREDNICA WEWN.KRYZY Dwk =	359.00 mm	*	
SREDNICA ZEWN.RURY Dz =	358.50 mm	* ILOSC SRUB	ns = 12.00
NOM.GRUBOSC RURY gn =	4.00 mm	* RODZAJ SRUB	M20
NADDATEK (TOLER.) c1 =	0.10 mm	* SREDNICA OTWOROW	do = 22.00 mm
		* SREDNICA RDZENIA SRUB	ds = 16.930 mm
g = gn-c1-c2	= 3.80 mm	* SREDNICA PODZIALOWA	Do = 445.00 mm
Dw = Dz-2*g	= 350.40 mm	* DOKLADNOSC GWINTU	Psi = 0.75

MATERIAL USZCZELKI	Teflon (T)	* GRUBOSC USZCZELKI	= 3 mm
NR KONSTRUKCJI USZCZELNIENIA -	2	* Sim	= 12.00 MPa
SREDNIA SREDN.USZCZ. Du =	388.00 mm	* Sir	= 2.46 MPa
SZEROKOSC USZCZ. U =	28.00 mm	* WSPOLCZYNNIK	b = 1.18
	Ucz = 18.36 mm	* WSPOLCZYNNIK	C = 1.20
* NACIAG RUCHOWY *		* NACIAG MONTAZOWY *	
P = PI*Du*Du*Po/4	= 70.94 kN	* Nm1 = PI*Du*Ucz*Sim	= 268.56 kN
S = PI*Du*Ucz*Sir	= 55.05 kN	* Nm2 = C*Nr	= 163.09 kN
Nr = P + b*S	= 135.91 kN	* Nm = MAX(Nm1 ,Nm2)	= 268.56 kN

* SREDNICA RDZENIA SRUB *

dsm = 1.13*SQRT(Nm/(Psi*K1*ns)) = 15.26 mm
 dsr = 1.13*SQRT(Nr/(Psi*K2*ns)) = 12.95 mm
 WYMAGANA SREDNICA SRUB = MAX(dsr,dsm) = 15.259 mm <= ds = 16.930 mm

* NAPREZENIA ZASTEPCZE W KRYZIE *

$b_x = 2 * (D_o - D_w - 2 * g) / (PI * (D_zk - 2 * d_o) * h * h)$

MONTAZOWE

$S_{km} = b_x * N_m$ 68.91 <= K1 =195.45 $S_{kr} = b_x * N_r$ 34.87 <= K2 =150.00 MPa

* NAPREZENIA ZASTEPCZE W SZYJCE *

$P_e = PI * D_w * D_w * P_o / 4$ 57.86 kN * $a_u = (D_o - D_u) / 2$ = 28.5 mm
 $W_{min} =$ 54766 mm³ * $a_n = (2D_o - D_u - D_wk) / 4$ = 35.8 mm
 w odleglosci lsi = 0.0 mm * $a_e = (D_o - D_w - g) / 2$ = 45.4 mm
 $M_{zm} = N_m * a_u$ 7653.86 kN*mm *
 $M_{zr} = N_r * a_u + P * (a_n - a_u) + P_e * (a_e - a_n)$ 4945.99 kN*mm

NAPREZENIA MONTAZOWE

$S_{sm} = M_{zm} / W$ 139.76 <= K1 =195.45 $S_{sr} = M_{zr} / W$ 90.31 <= K2 =150.00 MPa

Politechnika Opolska - Wersja edukacyjna
 NAZWA : KONSTRUKCJA APARATURY PROCESOWEJ
 POZ. NR: PO/KM-7

ZLEC. NR: SKRYPT PO.
 DATA: 06-11-1997

DT-FLANGE v. 5.0 F0104

PRZEPISY: WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO DT-UC-90/WO-O

DT-UC-90/WO-O/19 - KOLNIERZ KRYZOWY

ELEMENT: KROCIEC - K1/K2

CISNIENIE OBLICZENIOWE $P_o = 0.60$ MPa MASA KRYZY = 2.15 kg
 TEMPERATURA OBLICZENIOWA $t_o = 50.00$ °C
 NADDATEK NA KOROZJE $c_2 = 0.10$ mm

	KRYZA	SZYJKA	SRUBY
MATERIAL	1H18N9T	1H18N9T	Bez oznaczen
NORMA Re w 20°C	PN-86/H-92138	PN-86/H-92138	DT-UT-90/WO-M
Re w 20°C / X1 =	215.0 / 1.30	= 215.0 / 1.30	= 180.0 / 1.10
K1 = Re/X1	= 165.38	= 165.38	= 163.64 MPa
DANE w to wg	DT-UT-90/WO-M	DT-UT-90/WO-M	DT-UT-90/WO-M
WARTOSC / X2 =	195.0 / 1.55	= 195.0 / 1.55	= 172.5 / 1.50
K2= Re0.2t /X2 =	125.81	Ret /X2 = 125.81	Ret /X2 = 115.00 MPa

SREDNICA ZEWN.KRYZY Dzk =	190.00 mm	* GRUBOSC KRYZY	h = 13.00 mm
SREDNICA WEWN.KRYZY Dwk =	90.00 mm	*	
SREDNICA ZEWN.RURY Dz =	88.90 mm	* ILOSC SRUB	ns = 4.00
NOM.GRUBOSC RURY gn =	4.50 mm	* RODZAJ SRUB	M16
NADDATEK (TOLER.) c1 =	0.10 mm	* SREDNICA OTWOROW	do = 18.00 mm
		* SREDNICA RDZENIA SRUB	ds = 13.550 mm
g = gn-c1-c2	= 4.30 mm	* SREDNICA PODZIALOWA	Do = 150.00 mm
Dw = Dz-2*g	= 80.30 mm	* DOKLADNOSC GWINTU	Psi = 0.75

MATERIAL USZCZELKI Teflon (T)	*	GRUBOSC USZCZELKI	= 3 mm
NR KONSTRUKCJI USZCZELNIENIA - 2	*	Sim	= 12.00 MPa
SREDNIA SREDN.USZCZ. Du =	109.00 mm	* Sir	= 2.46 MPa
SZEROKOSC USZCZ. U =	19.00 mm	* WSPOLCZYNNIK	b = 1.18
	Ucz = 15.13 mm	* WSPOLCZYNNIK	C = 1.20

* NACIAG RUCHOWY *

* NACIAG MONTAZOWY *

P = PI*Du*Du*Po/4	= 5.60 kN	* Nm1 = PI*Du*Ucz*Sim	= 62.17 kN
S = PI*Du*Ucz*Sir	= 12.75 kN	* Nm2 = C*Nr	= 24.77 kN
Nr = P + b*S	= 20.64 kN	* Nm = MAX(Nm1,Nm2)	= 62.17 kN

* SREDNICA RDZENIA SRUB *

dsm = 1.13*SQRT(Nm/(Psi*K1*ns)) = 12.72 mm
 dsr = 1.13*SQRT(Nr/(Psi*K2*ns)) = 8.74 mm
 WYMAGANA SREDNICA SRUB = MAX(dsr,dsm) = 12.717 mm <= ds = 13.550 mm

* NAPREZENIA ZASTEPCZE W KRYZIE *

$b_x = 2 * (D_o - D_w - 2 * g) / (PI * (D_zk - 2 * d_o) * h * h)$

MONTAZOWE

RUCHOWE

Skm = bx*Nm	92.92 <= K1 = 165.38	Skr = bx*Nr	30.85 <= K2 = 125.81 MPa
-------------	----------------------	-------------	--------------------------

* NAPREZENIA ZASTEPCZE W SZYJCE *

Pe = PI*Dw*Dw*Po/4	3.04 kN	* au = (Do-Du)/2	= 20.5 mm
Wmin =	14863 mm ³	* an = (2Do-Du-Dwk)/4	= 25.3 mm
w odleglosci lsi =	0.0 mm	* ae = (Do-Dw-g)/2	= 32.7 mm
Mzm = Nm*au	1274.53 kN*mm	*	
Mzr = Nr*au + P*(an-au) + Pe*(ae-an)		472.32 kN*mm	

NAPREZENIA MONTAZOWE

RUCHOWE

Ssm = Mzm/W	85.75 <= K1 = 165.38	Ssr = Mzr/W	31.78 <= K2 = 125.81 MPa
-------------	----------------------	-------------	--------------------------

=====

Politechnika Opolska - Wersja edukacyjna
 NAZWA : KONSTRUKCJA APARATURY PROCESOWEJ
 POZ. NR: PO/KM-7

ZLEC. NR: SKRYPT PO.
 DATA: 06-11-1997

DT-FLANGE v. 5.0 F0104

PRZEPISY: WARUNKI TECHNICZNE DOZORU TECHNICZNEGO DT-UC-90/WO-O

DT-UC-90/WO-O/19 - KOLNIERZ KRYZOWY

ELEMENT: KOLNIERZ - K3

CISNIENIE OBLICZENIOWE $P_o = 0.60$ MPa MASA KRYZY = 0.96 kg
 TEMPERATURA OBLICZENIOWA $t_o = 50.00$ °C
 NADDATEK NA KOROZJE $c_2 = 0.10$ mm

	KRYZA	SZYJKA	SRUBY
MATERIAL	1H18N9T	Bez oznaczen	Bez oznaczen
NORMA Re w 20°C	PN-86/H-92138	DT-UT-90/WO-M	DT-UT-90/WO-M
Re w 20°C / X1 =	215.0 / 1.30	= 180.0 / 1.10	= 180.0 / 1.10
K1 = Re/X1	= 165.38	= 163.64	= 163.64 MPa
DANE w to wg	DT-UT-90/WO-M	DT-UT-90/WO-M	DT-UT-90/WO-M
WARTOSC / X2 =	195.0 / 1.55	= 172.5 / 1.30	= 172.5 / 1.50
K2= Re0.2t /X2 =	125.80	Ret /X2 = 132.69	Ret /X2 = 115.00 MPa

SREDNICA ZEWN.KRYZY Dzk =	130.00 mm	* GRUBOSC KRYZY	h = 11.00 mm
SREDNICA WEWN.KRYZY Dwk =	45.00 mm	*	
SREDNICA ZEWN.RURY Dz =	44.50 mm	* ILOSC SRUB	ns = 4.00
NOM.GRUBOSC RURY gn =	2.90 mm	* RODZAJ SRUB	M12
NADDATEK (TOLER.) c1 =	0.10 mm	* SREDNICA OTWOROW	do = 14.00 mm
		* SREDNICA RDZENIA SRUB	ds = 9.850 mm
g = gn-c1-c2	= 2.70 mm	* SREDNICA PODZIALOWA	Do = 100.00 mm
Dw = Dz-2*g	= 39.10 mm	* DOKLADNOSC GWINTU	Psi = 0.75

MATERIAL USZCZELKI	Teflon (T)	* GRUBOSC USZCZELKI	= 3 mm
NR KONSTRUKCJI USZCZELNIENIA -	2	* Sim	= 12.00 MPa
SREDNIA SREDN.USZCZ. Du =	62.50 mm	* Sir	= 2.46 MPa
SZEROKOSC USZCZ. U =	17.50 mm	* WSPOLCZYNNIK	b = 1.18
	Ucz = 14.52 mm	* WSPOLCZYNNIK	C = 1.20

* NACIAG RUCHOWY *

* NACIAG MONTAZOWY *

$P = \pi \cdot D_u \cdot D_u \cdot P_o / 4 = 1.84$ kN * $N_{m1} = \pi \cdot D_u \cdot U_{cz} \cdot S_{im} = 34.21$ kN
 $S = \pi \cdot D_u \cdot U_{cz} \cdot S_{ir} = 7.01$ kN * $N_{m2} = C \cdot N_r = 12.14$ kN
 $N_r = P + b \cdot S = 10.12$ kN * $N_m = \max(N_{m1}, N_{m2}) = 34.21$ kN

* SREDNICA RDZENIA SRUB *

$d_{sm} = 1.13 \cdot \sqrt{N_m / (\Psi \cdot K_1 \cdot n_s)} = 9.43$ mm
 $d_{sr} = 1.13 \cdot \sqrt{N_r / (\Psi \cdot K_2 \cdot n_s)} = 6.12$ mm
 WYMAGANA SREDNICA SRUB = $\max(d_{sr}, d_{sm}) = 9.433$ mm $\leq d_s = 9.850$ mm

* NAPREZENIA ZASTEPCZE W KRYZIE *

$b_x = 2 \cdot (D_o - D_w - 2 \cdot g) / (\pi \cdot (D_{zk} - 2 \cdot d_o) \cdot h \cdot h)$

MONTAZOWE

RUCHOWE

$S_{km} = b_x \cdot N_m = 97.94 \leq K_1 = 165.38$ * $S_{kr} = b_x \cdot N_r = 28.96 \leq K_2 = 125.80$ MPa

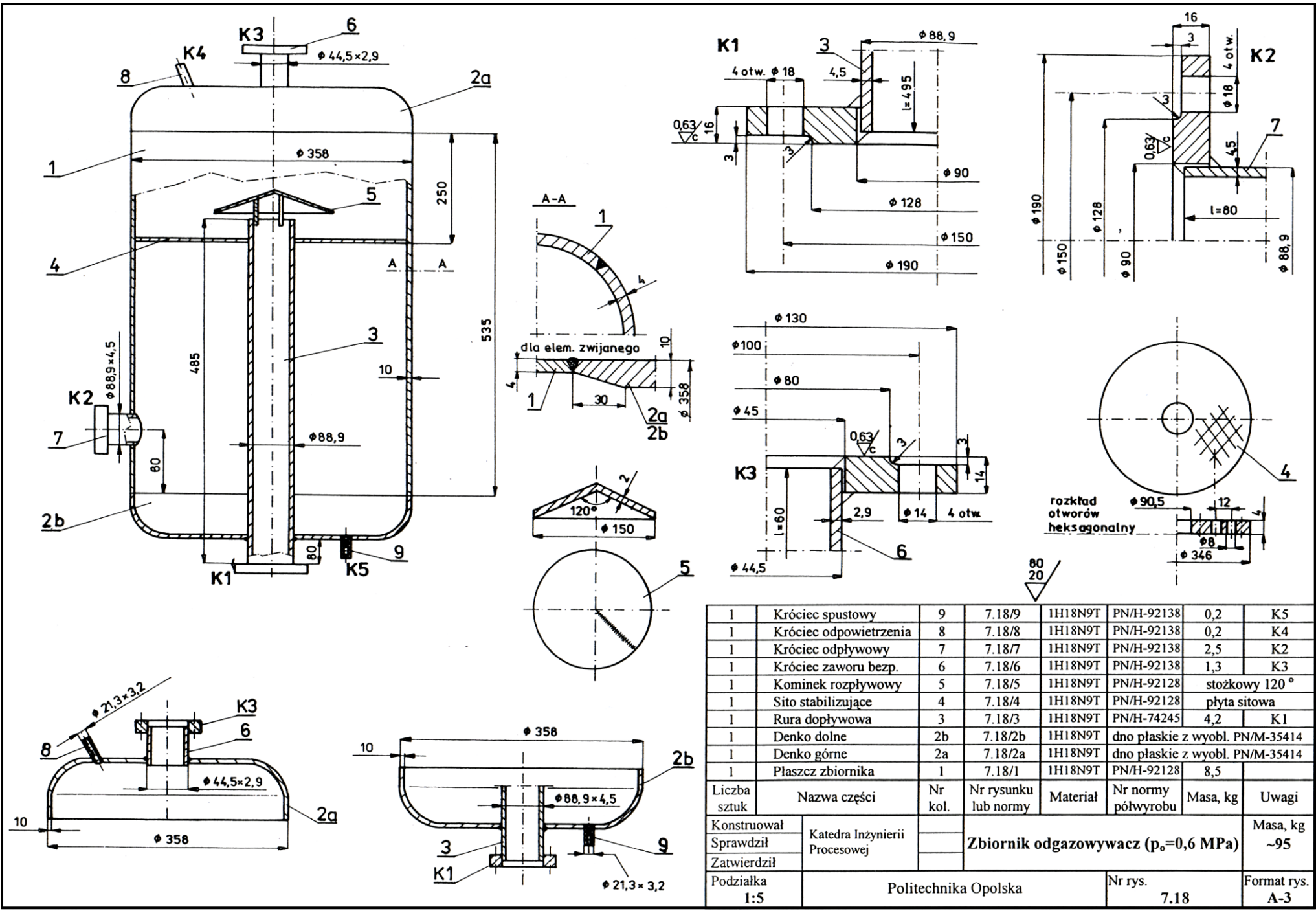
* NAPREZENIA ZASTEPCZE W SZYJCE *

$P_e = \pi \cdot D_w \cdot D_w \cdot P_o / 4 = 0.72$ kN * $a_u = (D_o - D_u) / 2 = 18.8$ mm
 $W_{min} = 8467$ mm³ * $a_n = (2 \cdot D_o - D_u - D_{wk}) / 4 = 23.1$ mm
 w odleglosci lsi = 0.0 mm * $a_e = (D_o - D_w - g) / 2 = 29.1$ mm
 $M_{zm} = N_m \cdot a_u = 641.47$ kN*mm *
 $M_{zr} = N_r \cdot a_u + P \cdot (a_n - a_u) + P_e \cdot (a_e - a_n) = 202.05$ kN*mm

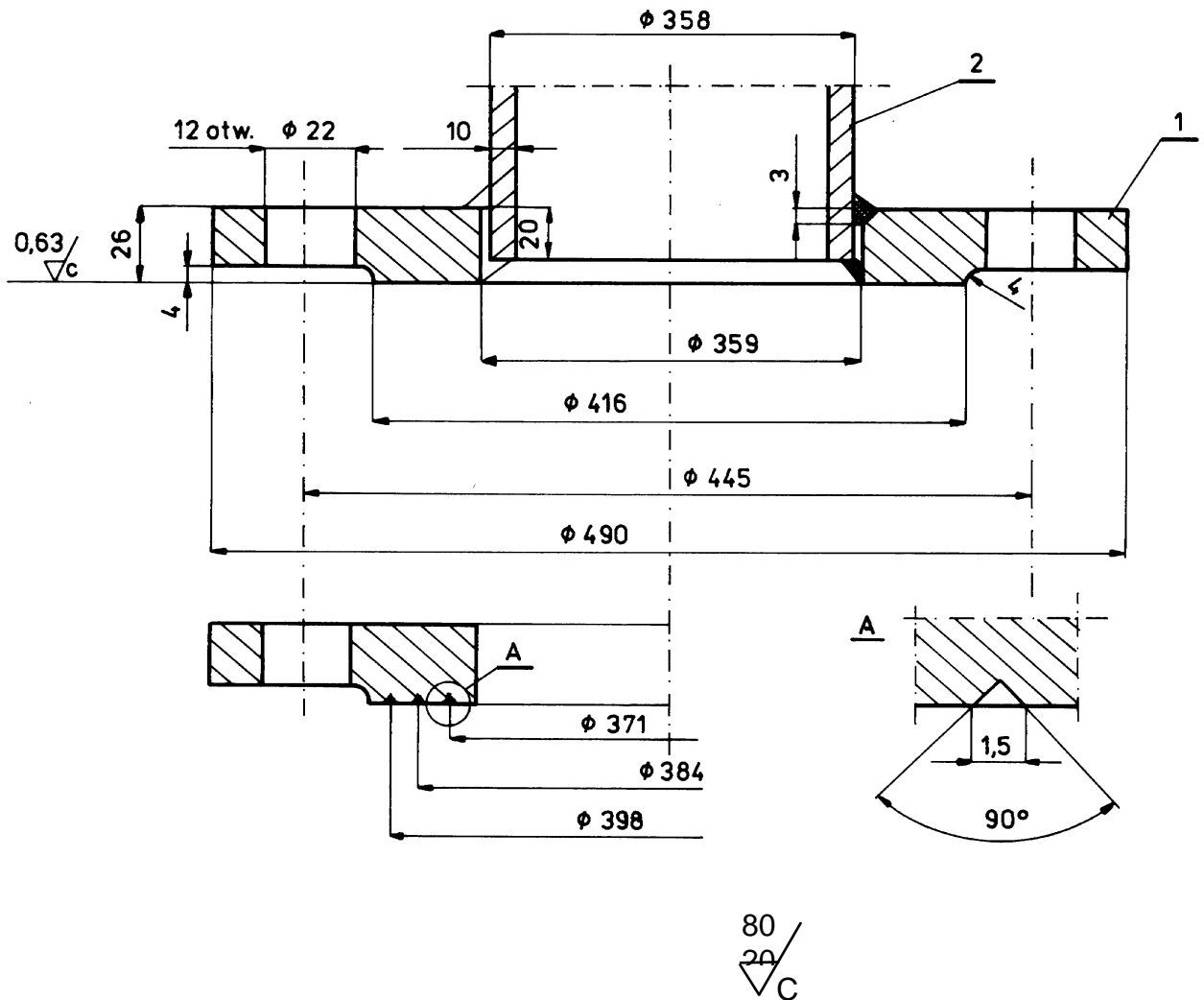
NAPREZENIA MONTAZOWE

RUCHOWE

$S_{sm} = M_{zm} / W = 75.76 \leq K_1 = 165.38$ * $S_{sr} = M_{zr} / W = 23.86 \leq K_2 = 132.69$ MPa

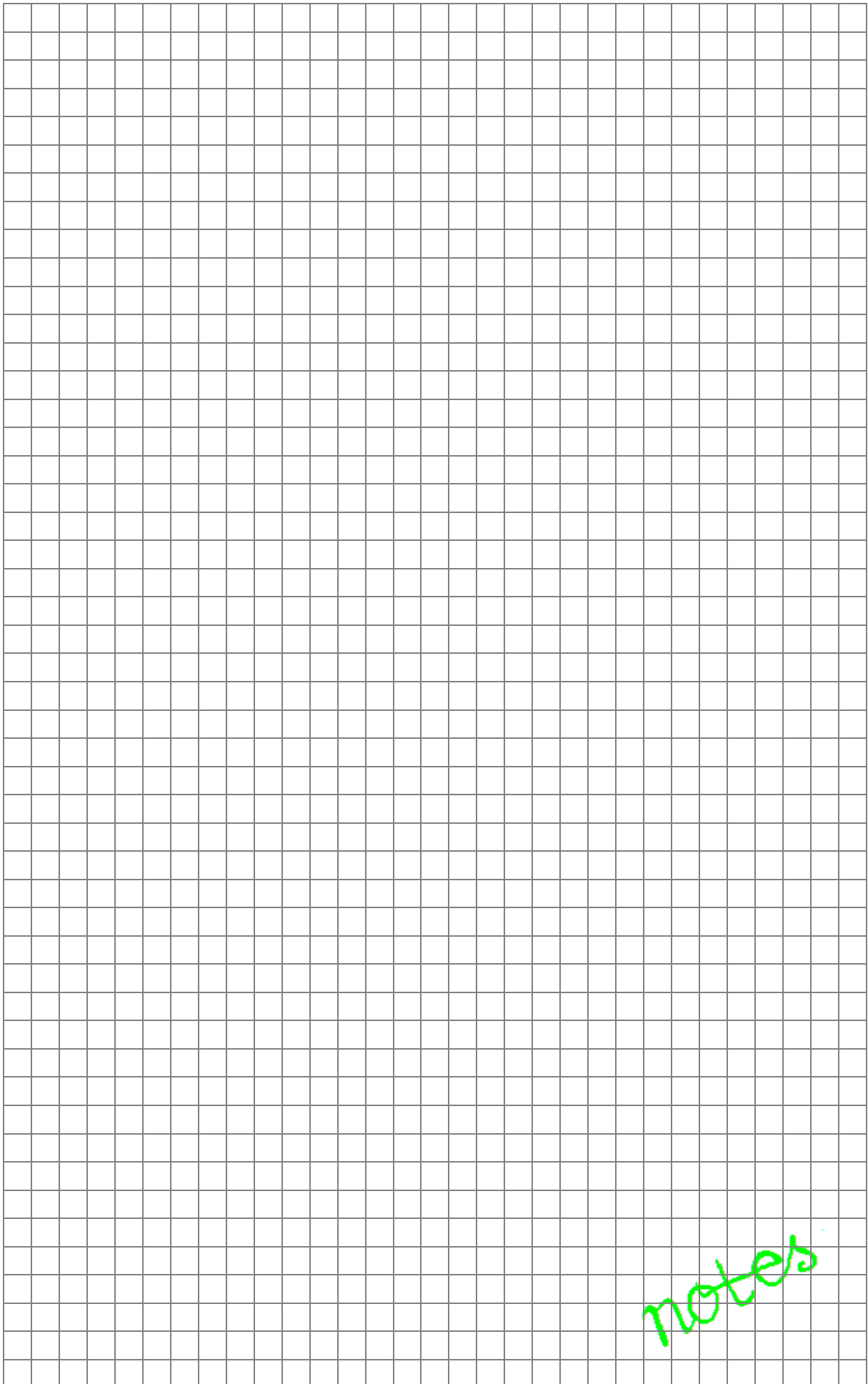


1	Króciec spustowy	9	7.18/9	1H18N9T	PN/H-92138	0,2	K5
1	Króciec odpowietrzenia	8	7.18/8	1H18N9T	PN/H-92138	0,2	K4
1	Króciec odpływowy	7	7.18/7	1H18N9T	PN/H-92138	2,5	K2
1	Króciec zaworu bezp.	6	7.18/6	1H18N9T	PN/H-92138	1,3	K3
1	Kominiek rozpyłowy	5	7.18/5	1H18N9T	PN/H-92128	stożkowy 120 °	
1	Sito stabilizujące	4	7.18/4	1H18N9T	PN/H-92128	plyta sitowa	
1	Rura dopływowa	3	7.18/3	1H18N9T	PN/H-74245	4,2	K1
1	Denko dolne	2b	7.18/2b	1H18N9T	PN/H-92128	dno płaskie z wyobl. PN/M-35414	
1	Denko górne	2a	7.18/2a	1H18N9T	PN/H-92128	dno płaskie z wyobl. PN/M-35414	
1	Plaszcz zbiornika	1	7.18/1	1H18N9T	PN/H-92128	8,5	
Liczba sztuk	Nazwa części	Nr kol.	Nr rysunku lub normy	Materiał	Nr normy półwyrobu	Masa, kg	Uwagi
Konstruował	Katedra Inżynierii Procesowej			Zbiornik odgazowywacz (p_o=0,6 MPa)			Masa, kg
Sprawdził							~95
Zatwierdził							
Podziałka 1:5	Politechnika Opolska				Nr rys. 7.18		Format rys. A-3

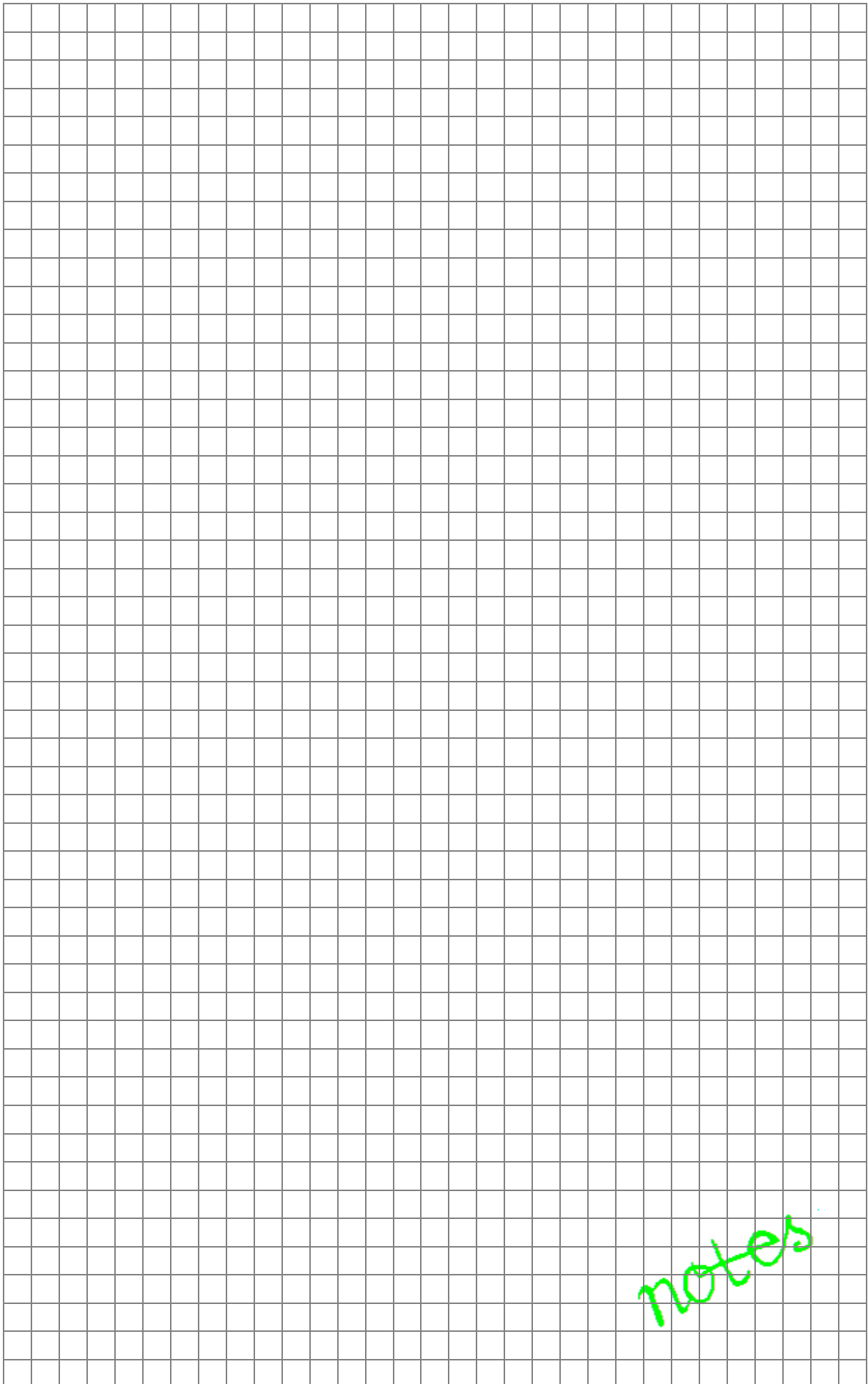


(rozwiązanie wariantowe - rys. 7.17)

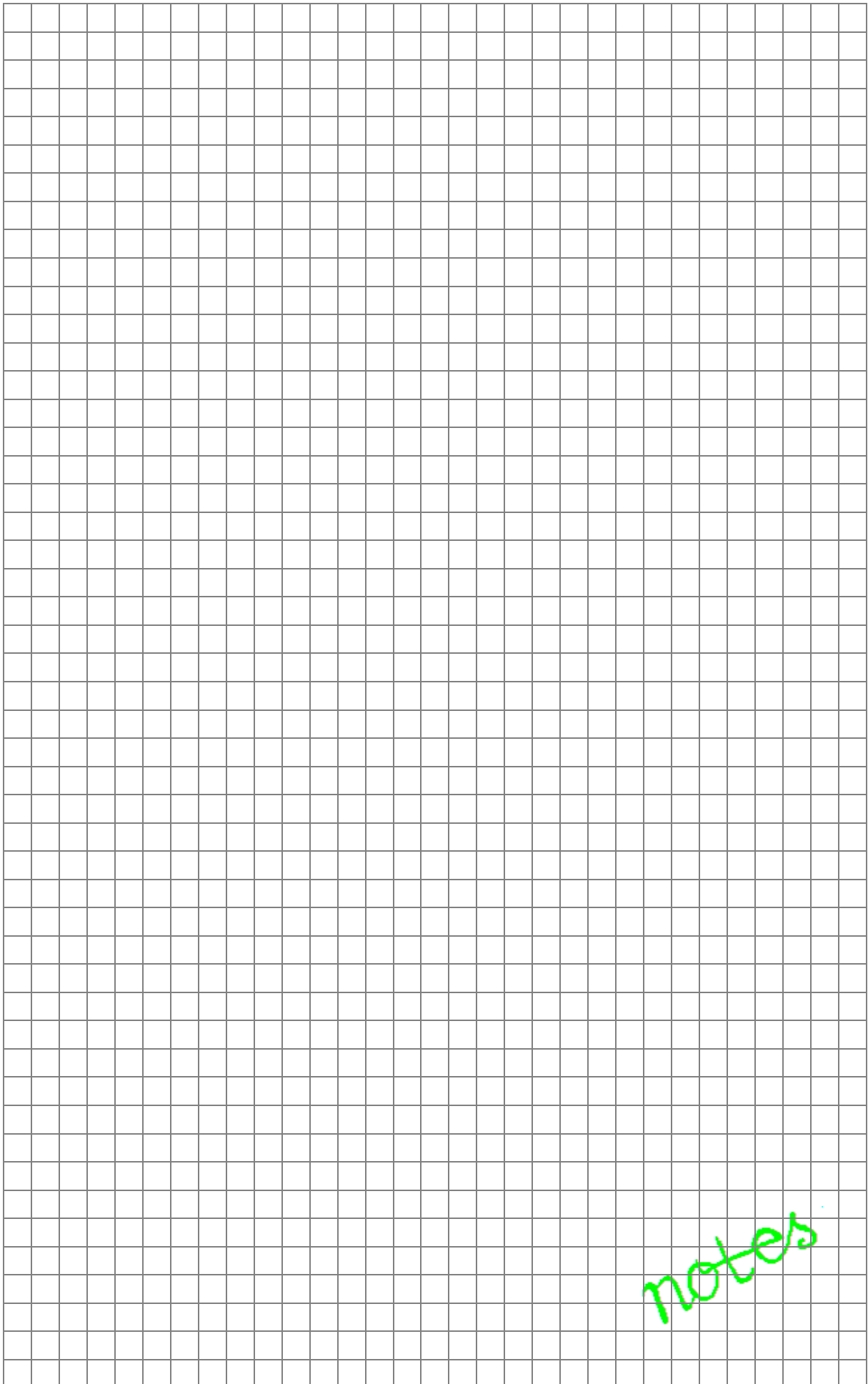
1	Element cylindryczny lub denko	2	rys. 7.18	1H18N9T	rys. wykonawcze: 7.18/1; 7.18/2		
2	Kołnierz kryzowy Dn= 350 mm	1	PN/H-74731	1H18N9T	PN/H-92138	przyłga z rowkiem	
Liczba sztuk	Nazwa części	Nr kol.	Nr rysunku lub normy	Materiał	Nr normy półwyrobu	Masa, kg	Uwagi
Konstruował	Katedra Inżynierii Procesowej		Kołnierz główny zbiornika ($p_o=0,6$ MPa)				Masa, kg
Sprawdził							~14,5
Zatwierdził							
Podziałka 1:5	Politechnika Opolska			Nr rys. 7.19	Format rys. A-4		



notes



notes



notes

8. LITERATURA

- [1] Charakterystyki stali, Instytut Metalurgii Żelaza, pr. zb., Wyd. Śląsk Katowice;
Seria C: Stale konstrukcyjne stopowe, t.1 Stale do ulepszania cieplnego cz.1 (1975),
cz.2 (1977), cz.3 (1984);
Seria D: Stale do pracy w temperaturach podwyższonych i obniżonych, t.1 Stale dla
energetyki, cz.1 (1978), cz.2 (1984)
Seria E: Stale odporne na korozję, t.1 Stale wysokostopowe cz.1 (1980)
- [2] Filipczak G., Troniewski L., Witczak S.: Materiały pomocnicze do konstrukcji i techno-
logii wytwarzania aparatury, Cz. 1, Konstrukcja aparatury (notatki autoryzowane), WSI
w Opolu (1985)
- [3] Filipczak G., Witczak S.: Konstrukcja aparatury procesowej, Skrypt nr 175, WSI w
Opolu (1995)
- [4] Fraas A.P.: Heat exchanger design, J. Wiley & Sons New York 1989
- [5] Gontarek J., Łoźny R.: Oprogramowanie DT-Zbiornik, DT-Flange v. 5.0, BPT S.C.
Opole (1995)
- [6] Kubasiewicz A.: Dobór tworzywa w budowie aparatury chemicznej, Wyd. Politechniki
Warszawskiej (1971)
- [7] Normy przedmiotowe z zakresu konstrukcji aparatury, Komitet Normalizacyjny
Warszawa
- [8] Pikoń J. (red.): Atlas konstrukcji aparatury, Pol. Śląska, wyd. II (1974)
- [9] Pikoń J.: Podstawy konstrukcji aparatury chemicznej, PWN Warszawa 1979
- [10] Warunki Techniczne Dozoru Technicznego, UDT Warszawa 1990:
Materiały (DT-UT-90/WO-M), Wytwarzanie (DT-UT-90/WO-W), Urządzenia
ciśnieniowe (DT-UC-90 - komplet), Wyd. Poligraficzne Bydgoszcz (1991)

