

# PRZEGLĄD MECHANICZNY

MIESIĘCZNIK NAUKOWO-TECHNICZNY  
STOWARZYSZENIA INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW MECHANIKÓW POLSKICH

REDAKCJA: WARSZAWA, MICKIEWICZA 18, TEL. 10-62-26

ADMINISTRACJA: WARSZAWA, CZACKIEGO 3/5, TEL. 8-95-10

## Obliczenie wytrzymałościowe przekładni równoległej z uzębieniem prostym

Mgr inż. EDWARD ŁYSAKOWSKI

Artykuł podaje obliczanie wytrzymałościowe przekładni równoległej z uzębieniem prostym na zginanie i na naciski jednostkowe. Porównanie czynników obu metod obliczeń oraz właściwy dobór współczynników, wchodzących do podanych wzorów, umożliwi obliczenie koła zębatego, które jest w pełni wykorzystane zarówno na naciski jednostkowe jak i na zginanie zęba. Podane w końcu artykułu przykłady liczbowe wyjaśniają tok przeprowadzania obliczeń.

### 1. Wiadomości wstępne

Obliczenia wytrzymałościowe kół zębatach nastroczają pewne kłopoty z powodu trudności dokładnego ustalenia wielkości oraz rozkładu obciążeń na pary jednocześnie ze sobą współpracujących zębów itp.

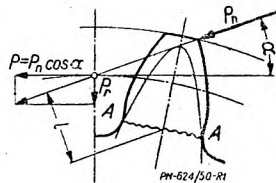
Przyjmując, że warunki pracy zębów (tzn. siła i jej rozkład na poszczególne pary jednocześnie współpracujących zębów) zostały określone z dostateczną dla celów praktycznych dokładnością, możemy ustalić kryteria, które pozwolą nam obliczyć wymiary kół współpracujących.

Zanim przystąpimy do obliczeń, rozpatrzmy na jakiego rodzaju uszkodzenia narażone są zęby kół.

Siła  $P_n$  działająca wzdłuż promienia przyporu kół współpracujących (rys. 1), wywołuje naprężenia zginające, i ściskające, a więc może spowodować z ł a m a n i e z ę b a. Pierwszym warunkiem wytrzymałościowym powinno więc być żądanie, aby naprężenia normalne w przekroju A—A nie przekroczyły naprężeń dopuszczalnych:  $\sigma \leq \sigma_{dop}$ .

Warunek powyższy okazuje się jednak niewystarczający, gdyż po upływie pewnego czasu pracy, na roboczych powierzchniach zębów może wystąpić łuszczenie, które powoduje, że koło nie nadaje się do dalszej pracy. Łuszczenie się powierzchni roboczych zębów jest wynikiem zmęczeniowego działania naprężeń stycznych, przyjmujących

najwyższe wartości na niewielkiej głębokości pod powierzchnią roboczą zęba. Wynika stąd, drugi warunek wytrzymałościowy, który powinien być spełniony, a mianowicie: naprężenia styczne  $\tau$  nie powinny przekroczyć dopuszczalnych naprężeń na zmęczenie:  $\tau \leq \tau_{dop}$  kG/cm<sup>2</sup>.



Rys. 1.

### 2. Wytrzymałość zębów na zginanie

Wzór wytrzymałościowy na zginanie posiada następującą postać<sup>1)</sup>.

$$\sigma = \frac{Pq}{bm} \leq \sigma_{dop} \text{ kG/cm}^2, \quad [1]$$

lub podstawiając  $P = \frac{2M}{D}$  kG i  $m = \frac{D}{z}$  cm,

$$\sigma = \frac{2Mq}{bD^2} z \leq \sigma_{dop} \text{ kG/cm}^2. \quad [2]$$

We wzorach tych oznaczają:

- $M$  — moment obrotowy wałka na którym jest osadzone koło zębate w kGcm,
- $P$  — średnią siłę obwodową przenoszoną przez zęby w kG,
- $q$  — współczynnik kształtu zęba, zależny od kąta przyporu  $\alpha$ , ilości zębów  $z$  koła, oraz, przy zębach poprawianych, od współczynnika  $x$  przesunięcia zarysu,
- $b$  — szerokość wieńca zębatego w cm,
- $m$  — moduł zębów w cm,
- $D$  — średnicę koła podziałowego w cm,
- $z$  — ilość zębów koła,
- $\sigma$  — największe naprężenia normalne w przekroju A—A (rys. 1) w kG/cm<sup>2</sup>,
- $\sigma_{dop}$  — dopuszczalne naprężenia normalne w zębach w kG/cm<sup>2</sup>.

Dopuszczalne naprężenia w zębach  $\sigma_{dop}$  mogłoby wynosić  $k_{gi}$  (o ile ząb przenosi siłę obwodową w jednym kierunku), lub  $k_{go}$  — (jeżeli siła obwodowa jest obustronnie zmienna np. w kołach pośredniczących lub w satelitach przekładni obiegowych), lecz wówczas na-

1) Prof. W. Moszyński „Wykład Elementów Maszyn“ tom III.

leżałoby przyjąć najwyższą wartość momentu  $M$  zginającego ząb, a nie jego wartość średnią. Najwyższa wartość siły  $P$  zginającej ząb, zależy od warunków pracy i od dokładności wykonania kół, a mianowicie:

1) przekładnia może być chwilowo przeciążana co jest spowodowane niejednostajnymi warunkami pracy mechanizmów napędzanych przez daną przekładnię. Oznaczając współczynnik przeciążenia jej tj. stosunek największego momentu obrotowego do średniego, przez

$$K = \frac{1}{k_k} = \frac{M_{max}}{M}, \text{ otrzymamy siłę obwodową } P' = \frac{P}{k_k} \text{ kG,}$$

2)  $P'$  nie jest jednak największą siłą zginającą ząb, gdyż wskutek niedokładnego wykonania zarysów zębów oraz błędów podziałek, ruch wałka biernego nie jest zupełnie jednostajny, wobec czego powstają nadwyżki siły obwodowej, spowodowane uderzeniami zębów o siebie. Te nadwyżki siły są więc nadwyżkami dynamicznymi ( $P_d$ ).

Nadwyżki te zależą od błędów wykonania uzębienia, od szybkości obwodowej, oraz od podatności materiałów, z których zostały wykonane wieńce kół współpracujących.

Metoda *Buckingham*a pozwala z pewną dokładnością określić wielkość tej siły, lecz jest ona kłopotliwa i dlatego może być stosowana jedynie do przeprowadzania obliczeń sprawdzających.

Do obliczeń wstępnych wygodniej jest stosować znacznie mniej dokładny wzór  $\frac{P' + P_d}{P} = \frac{1}{k_v}$ ,

$$\text{a stąd } P' + P_d = \frac{P'}{k_v};$$

gdzie:

$k_v$  — zależy od szybkości obwodowej kół i wy-

$$\text{nosi } k_v = \frac{v_0}{v_0 + v},$$

$v$  — prędkość obwodowa przekładni w m/sek,

$v_0$  — współczynnik zależny od dokładności wykonania kół.

Przy bardzo dokładnym wykonaniu zębów i przy  $v > 8$  m/sek można przyjąć  $k_v = \frac{5,5}{5,5 + \sqrt{v}}$ .

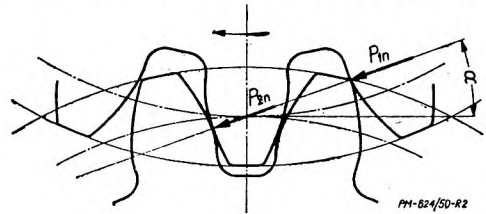
Uwzględniając przeciążenie przekładni i nadwyżki dynamiczne siły obwodowej

$$P_{max} = \frac{P}{k_k \cdot k_v} \text{ kG.} \quad [3]$$

Przy wyprowadzaniu wzorów [1] i [2] przyjęto, iż całą siłę obwodową  $P = P_n \cos \alpha$ , przenosi jedna para współpracujących zębów, przy czym siła  $P_n$  jest przyłożona u wierzchołka zęba (rys. 1).

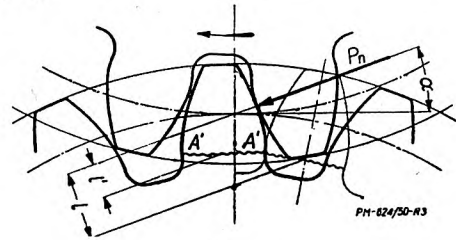
Przy bardzo dokładnym wykonaniu zębów taki wypadek nie zachodzi nigdy, gdyż liczba przyporu  $\varepsilon$  jest zawsze większa od jedności, a zatem, gdy ząb rozpoczyna przenoszenie siły, poprzedzający go ząb jeszcze nie wyębził się (rys. 2). Ząb więc na początku swej pracy nie przenosi całkowitej siły  $P_n$ , lecz mniejszą od niej siłę  $P_{1n} = P_n - P_{2n}$  aż do chwili, kiedy ząb poprzedzający nie wyębzi się. Całkowita siła  $P_n$  jest wprawdzie przenoszona przez ząb na pewnej części odcinka przyporu, na której pracuje tylko jedna para

zębów, lecz punkt jej przyłożenia nie znajduje się wówczas u wierzchołka zęba lecz niżej (rys. 3); wobec



Rys. 2.

tego ramie  $l'$  zginania zęba jest mniejsze od ramienia  $l$  (rys. 1), przyjętego do obliczenia współczynnika kształtu  $q$ .



Rys. 3.

Oznaczając stosunek obliczeniowego momentu zginającego  $M_{gobl}$  do rzeczywistego  $M_g$  przez  $k_\varepsilon$ , napiszemy:

$$k_\varepsilon = \frac{M_{gobl}}{M_g} = \frac{P_n \cdot l}{P_n \cdot l'} = \frac{P_n}{P_n \frac{l'}{l}} = \frac{P_n}{P_{nobl}},$$

gdzie przez  $P_{nobl}$  rozumiemy będziemy obliczeniową siłę zginającą ząb, działającą na ramieniu  $l$ . Wówczas

$$P_{nobl} = \frac{P_n}{k_\varepsilon} \text{ kG lub, przechodząc do siły obwodowej}$$

$P_{obl} = \frac{P}{k_\varepsilon}$  kG; po uwzględnieniu chwilowych przeciążeń i nadwyżek dynamicznych uzyskamy:

$$P_{obl} = \frac{P}{k_k \cdot k_v \cdot k_\varepsilon} \text{ kG.} \quad [4]$$

Wzory [1] i [2] przyjmą więc postać

$$\sigma = \frac{Pq}{k_k \cdot k_v \cdot k_\varepsilon \cdot bm} \leq k_{gj} \text{ kG/cm}^2, \quad [5]$$

$$\text{i } \sigma = \frac{Pq}{k_k \cdot k_v \cdot k_\varepsilon \cdot bD^2} q \cdot z < k_{gj} \text{ kG/cm}^2 \quad [6]$$

$$\text{stad } bD^2 \geq \frac{2M}{k_{gj} \cdot k_k \cdot k_v \cdot k_\varepsilon} q \cdot z \text{ cm}^3 \quad [7]$$

Z warunku [7] wynika, że objętość walca podziałowego kół obliczanych na zginanie zębów jest zależna od iloczynu  $qz$ ; ponieważ  $q$  zależy od  $z$ , jest więc ona w rezultacie zależna od ilości zębów  $z^2$ .

### 3. Wytrzymałość zębów na naciski powierzchniowe

Wielkość naprężeń stycznych  $\tau$  zależy od wielkości jednostkowych nacisków powierzchniowych  $p$  kG/cm<sup>2</sup>

<sup>2)</sup> Przy uwzględnieniu, że współczynnik  $k_v$  zależy od szybkości obwodowej  $v$ , a więc od  $D$ , zależność [7] wypadłaby bardziej złożona; jednak w dalszych przekształceniach  $k_v$  skróci się; nie ma więc potrzeby komplikować wzoru [7].

i osiąga najwyższą wartość na głębokości około 0,02 mm pod powierzchnią styku zębów. Wielkość największych naprężeń stycznych przy liczbie Poissona  $\nu = 0,3$  dla stali ( $\nu$ ) wynosi

$$\tau_{max} = \frac{p_{max}}{2,88} \approx 0,35 p_{max} \text{ kG/cm}^2 \text{ lub}$$

przy eliptycznym rozkładzie nacisków,

$$\tau_{max} = \frac{4}{\pi} \cdot 0,35 p_s \text{ kG/cm}^2,$$

gdyż średni nacisk jednostkowy  $p_s \equiv \frac{\pi}{4} p_{max} \text{ kG/cm}^2$ .

Zamiast więc obliczać koła z warunku wytrzymałościowego na naprężenia styczne, możemy je obliczać z warunku wytrzymałościowego na jednostkowe naciski powierzchniowe:  $p_s \leq p_{s \text{ dop}} \text{ kG/cm}^2$

$$\text{lub } p_s \leq \frac{\pi}{4} \cdot 2,88 \tau_{max} \approx 2,24 \tau_{max} \text{ kG/cm}^2.$$

Średnie naciski jednostkowe na powierzchni styku zębów określone są wzorem Hertza

$$p_s^2 = \frac{\pi}{16(1-\nu^2)} \left( \frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right) \frac{P}{b} \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \text{ kG}^2/\text{cm}^4;$$

przyjmując dla stali lub żeliwa  $\nu = 0,3$  oraz wprowadzając skuteczną siłę niszczącą powierzchnie robocze zębów  $P'_m$

$$P = P'_m = P_{n \text{ max}} \times = \frac{P_{max}}{\cos \alpha} \times = \frac{P \times}{k_k \cdot k_v \cos \alpha} \text{ kG}^3)$$

otrzymamy

$$p_s^2 = \frac{0,216}{1 + \frac{1}{E_2}} \cdot \frac{1}{b} \cdot \frac{P \times}{k_k \cdot k_v \cos \alpha} \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \text{ kG}^2/\text{cm}^4 \text{ [8]}^3)$$

gdzie:  $E_1$  i  $E_2$  — moduły sprężystości materiału wieńców współpracujących kół w  $\text{kG/cm}^2$ ,

$P$  — średnia siła obwodowa w  $\text{kG}$ ,

$\alpha$  — kąt przyproru zębów,

$r_1$  i  $r_2$  — promienie krzywizny zarysów zębów współpracujących w punktach ich styku.

Naciski jednostkowe są, jak widać ze wzoru [8], tym większe, im mniejsze są promienie krzywizny powierzchni roboczych; stąd wypływa wniosek, że są one największe na początku i przy końcu pracy zęba.

Ze względu jednak na to, że ząb nie przenosi całkowitej siły  $P$  ani na początku, ani przy końcu swojej pracy, co jest skutkiem liczby przyproru  $\epsilon > 1$  (rys. 2), oraz biorąc pod uwagę fakt, że powierzchnie robocze ulegają zniszczeniu w okolicy koła tocznego, obliczenie wytrzymałościowe na naciski powinniśmy przeprowadzić dla promieni krzywizny zębów na ich walcach tocznych.

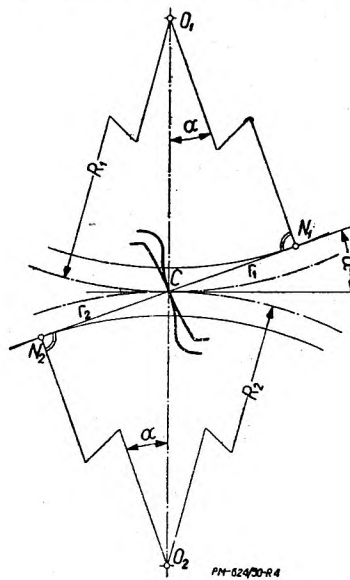
W większości przekładni zębatych średnice walców tocznych są równe średnicom walców podziałowych, (a jeżeli nawet istnieją pewne różnice, to są one stosunkowo niewielkie), można zatem przeprowadzić obli-

3) Współczynnik  $\times$  omówiony jest przy końcu artykułu.

4) Współczynnik  $k_e$  nie wchodzi do wzoru, gdyż przy liczbie przyproru  $\epsilon < 2$ , co ma miejsce w przeważającej ilości przekładni; całkowitą siłę  $P_{n \text{ max}}$  przez część odcinka przyproru przenosi jedna para zębów (rys. 3).

czenie nacisków, przyjmując promienie krzywizny zarysów w punktach leżących na walcach podziałowych.

Promienie te dadzą się łatwo określić z rys. 4:



Rys. 4.

$$r_1 = NC = R_1 \sin \alpha = \frac{D_1}{2} \sin \alpha \text{ cm},$$

$$r_2 = N_2C = R_2 \sin \alpha = \frac{D_2}{2} \sin \alpha \text{ cm},$$

$$\text{lecz } \frac{D_1}{D_2} = i, \text{ więc } P_2 = \frac{D_1}{2i} \sin \alpha \text{ cm.}$$

Podstawiając  $r_1$  i  $r_2$  oraz  $P = \frac{2M_1 \times}{D_1} \text{ kG}$  do wzoru

[8] i zachowując warunek wytrzymałościowy, otrzymamy

$$p_s^2 = \frac{0,432}{\left( \frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right) \sin \alpha \cos \alpha} \cdot \frac{2M_1 \times}{k_k \cdot k_v \cdot b D_1^2} - (1+i) \leq \leq p_{s \text{ dop}}^2 \text{ kG}^2/\text{cm}^4;$$

oznaczając przez

$$B = \frac{0,432}{\left( \frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right) \sin \alpha \cos \alpha} \text{ kG/cm}^2, \text{ możemy napisać:}$$

$$B \frac{2M_1 \times}{k_k \cdot k_v \cdot b D_1^2} (1+i) \leq p_{s \text{ dop}}^2 \text{ kG}^2/\text{cm}^4; \text{ stąd}$$

$$b D_1^2 \geq B \frac{2M_1 \times}{k_k \cdot k_v \cdot p_{s \text{ dop}}^2} (1+i) \text{ cm}^3 \text{ [9]}$$

Wartości  $B$  podane są w tabelcy I.

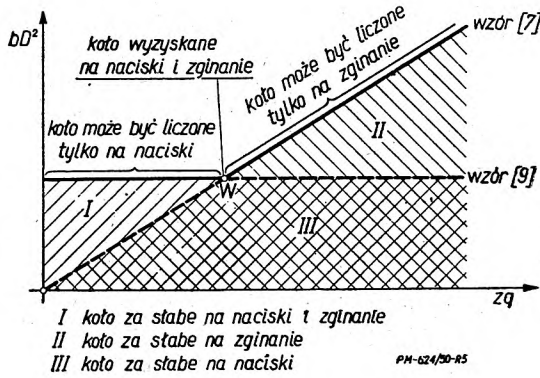
TABELCA I. Wartości współczynnika  $B$  w  $\text{kG/cm}^2$

kąt przyproru	stal/stal	stal/żeliwo	żeliwo/żeliwo
$\alpha = 20^\circ$	1410000	940000	705000
$\alpha = 15^\circ$	1810000	1210000	905000

Ze wzoru [9] wynika, że objętość walca podziałowego koła obliczonego z warunku nacisków powierzchniowych nie zależy zupełnie od jego ilości zębów.

4. Porównanie wyników obliczeń

Wzory [7] i [9] zobrazować można na wykresie (rys. 5).



Rys. 5.

Odkładając na osi rzędnych iloczyn  $zq$ , a na osi odciętych iloczyn  $bD^2$  zauważymy, iż objętość walca podziałowego koła obliczonego z warunku zginania zębów w funkcji iloczynu  $zq$  jest linią prostą nachyloną do osi rzędnych, a objętość walca podziałowego obliczonego z warunku nacisków jest linią prostą równoległą do osi rzędnych. 5) Punkt przecięcia  $W$  tych prostych odpowiada iloczynowi  $zq$  przy którym koło jest w pełni wyzyskane zarówno na naciski jak na zginanie zęba.

Przy obliczaniu przekładni zębatej można byłoby, korzystając ze wzorów [5] lub [6], obliczyć moduł zębów; w tym celu możemy założyć  $\lambda = \frac{b}{m}$  oraz prędkość obwodową  $v$  m/sek (dla wyznaczania siły obwodowej  $P$ ), lub ilość zębów  $z$ . Obliczone w ten sposób koło zębate mogłoby okazać się za słabe na naciski (zbyt mała objętość walca podziałowego) lub wytrzymałe na naciski ze zbyt wielkim zapasem (za duże wymiary koła).

Można byłoby także obliczyć wymiary  $b$  i  $D_1$  koła z warunku nacisków, tzn. ze wzoru [9], zakładając na wycucie stosunek  $\frac{b}{D_1}$ , a następnie wg wzoru [5] obliczyć moduł  $m$ ; lecz wówczas stosunek  $\lambda = \frac{b}{m}$  może

wypaść nieodpowiedni. Ponieważ prawidłowość pracy zęba na całej jego długości zależy od  $\lambda$ , wygodniej jest obliczać koła z warunku na zginanie, przy jednoczesnym zadośćuczynieniu warunkowi na naciski jednostkowe.

Warunek wytrzymałościowy na naciski będzie zachowany wówczas, gdy objętość walca podziałowego, obliczonego z warunku zginania, będzie większa lub conajmniej równa objętości tego walca, obliczonego z warunku nacisków, a więc gdy

$$\frac{2M_1}{k_{gj} \cdot k_k \cdot k_v \cdot k_\epsilon} z_1 q_1 \geq B \frac{2M_1 \times}{p^2 s_{dop} \cdot k_k \cdot k_v} (1+i), \quad [10]$$

a po uproszczeniu

$$z_1 q_1 \geq B \frac{k_{gj} \cdot \times k_\epsilon}{p^2 s_{dop}} (1+i). \quad [11]$$

Przy średnio dokładnym wykonaniu zębów nie mamy żadnej rękojmi, że pracują jednocześnie dwie pary zębów; zakładamy więc najniekorzystniejsze obciążenie, tzn. przyjmujemy  $k_\epsilon = 1$ ; wzór [11] będzie więc miał postać:

$$z_1 q_1 \geq B \frac{k_{gj} k_\epsilon \times}{p^2 s_{dop}} (1+i). \quad [12]$$

Mając ze wzoru [12] ustalony iloczyn  $z_1 q_1$ , możemy określić ilość zębów  $z$  z tablicy II oraz z warunku zginania zęba, obliczyć najmniejszy moduł

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{2M_1 q_1}{\lambda \sigma_{dop} z_1}} \quad [13]$$

gdzie  $\sigma_{dop} = k_{gj} \cdot k_k \cdot k_v$ .

Stąd określimy wymiary  $b$  i  $D_1$  koła podziałowego; (na rys. 5 odpowiada temu punkt  $W$ ).

We wzorze [13] współczynnik  $k_v$  założyć należy na wycucie, a po obliczeniu średnicy koła  $D_1$ , obliczyć jego prędkość obwodową  $v$  i sprawdzić  $k_v$ . Można byłoby podstawić do wzoru [13];

$$k_v = \frac{v_o}{v_o + v} = \frac{v_o}{v_o + \frac{\pi D_1 n_1}{6000}} = \frac{v_o}{v_o + \frac{m z_1 n_1}{1910}}$$

wówczas otrzymalibyśmy nierówność:

$$k_{gj} \cdot k_k \cdot z_1 m^3 - \frac{z_1 n_1}{950 v_o} M_1 q_1 m - 2M_1 q_1 \geq 0. \quad [14]$$

Nierówność [14] jest, jak widzimy, stopnia trzeciego i jej rozwiązanie ogólne jest nietrafne; można trafić na właściwy moduł, podstawiając kolejno jego znormalizowane wartości i sprawdzając, czy nierówność jest zachowana.

Najczęściej zmuszeni jesteśmy do zaokrąglenia modułu  $m$  obliczonego ze wzoru [13] do najbliższej wielkości normalnej wówczas, dążąc do możliwie najmniejszych wymiarów koła, nie musimy powiększać uprzednio obliczonej jego średnicy, lecz zachowując jej wielkość, możemy zmniejszyć ilość zębów. Jeżeli otrzymana ilość zębów jest zbyt mała, aby mogła być zastosowana w konstrukcji, możemy ją powiększyć i przy równoczesnym zmniejszeniu szerokości wieńca  $b$  lub obniżeniu wymagań wytrzymałościowych w odniesieniu do nacisków. Gdyby obliczona ilość zębów była zbyt wielka, należy podwyższyć (jeśli nie zostało osiągnięte maksimum) własności wytrzymałościowe powierzchni roboczej na naciski, przez zastosowanie zabiegów utwardzających, co umożliwi zmniejszenie ilości zębów. (D.c.n.)

TABLICA II

z	$\alpha = 15^\circ$				$\alpha = 20^\circ$			
	$q_r$	$q_r \cdot z$	$q_c$	$q_c \cdot z$	$q_r$	$q_r \cdot z$	$q_c$	$q_c \cdot z$
10	—	—	—	—	3,78	37,8	4,64	46,4
11	—	—	—	—	3,57	39,3	4,38	48,2
12	4,17	48,8	4,94	59,3	3,39	40,7	4,16	50,0
13	4,00	52,0	4,72	61,4	3,24	42,1	3,98	51,8
14	3,85	53,9	4,51	63,6	3,11	43,6	3,84	53,8
15	3,73	56,0	4,39	65,9	3,01	45,2	3,69	55,3
16	3,56	57,0	4,28	68,6	2,92	46,7	3,52	51,4
17	3,48	58,2	4,17	70,9	2,85	48,4	3,49	59,3
18	3,45	62,1	4,09	73,7	2,79	50,3	3,42	61,6
19	3,42	65,0	4,00	76,0	2,73	51,9	3,34	63,5
20	3,36	67,2	3,39	78,6	2,69	53,8	3,29	65,8
21	3,32	69,7	3,87	81,3	2,65	55,7	3,22	67,7
23	3,23	74,3	3,76	86,5	2,57	59,1	3,14	72,2
25	3,16	79,0	3,68	92,0	2,52	63,0	3,06	76,5
27	3,11	83,9	3,61	97,5	2,47	66,7	3,00	81,0
30	3,04	91,2	3,51	105,2	2,41	72,3	2,92	87,6
34	2,96	100,8	3,41	115,8	2,36	80,2	2,84	96,5
38	2,90	110,1	3,33	126,5	2,31	81,8	2,78	105,7
43	2,84	122,0	3,26	140,1	2,27	97,6	2,72	114,0
50	2,78	138,0	3,17	158,4	2,22	111,0	2,66	128,0
60	2,71	162,5	3,10	186,0	2,18	130,7	2,60	156,0
75	2,65	198,8	3,01	225,7	2,13	159,7	2,54	190,7
100	2,59	259	2,92	292	2,09	209	2,49	249
150	2,52	378	2,83	425	2,05	308	2,43	365
300	2,46	738	2,73	818	2,00	600	2,39	716
$\infty$	2,39	$\infty$	2,64	$\infty$	1,96	$\infty$	2,35	$\infty$

Uwaga: Współczynnik  $q_r$  stosuje się przy materiałach kruchych a  $q_c$  — przy materiałach ciągliwych.

# Racjonalizacja w dziedzinie obróbki skrawaniem

Mgr inż. PIOTR WRZOSEK

*Wstęp. — Kierunki racjonalizacji. — Metody pracy racjonalizacji kierowanej. — Wzrost wydajności obrabiarek jako efekt racjonalizacji. — Obecne zadania racjonalizacji w dziedzinie obróbki skrawaniem. — Wnioski.*

## 1. Wstęp

Wymagania ostatniej wojny i potrzeby szybkiego dobrojenia, brak elementu ludzkiego, brak fachowców, stworzyły potężny postęp techniczny w dziedzinie obróbki skrawaniem.

Całość prac racjonalizatorskich, w dziedzinie skrawania odbywała się pod hasłem zmniejszenia do minimum właściwego czasu skrawania oraz czasów pomocniczych przez:

a) b u d o w ę w y s o k o w y d a j n y c h o b r a b i a r e k o dużej sztywności, wyposażonych w silniki elektryczne o dużej mocy, umożliwiającym stosowanie dużych szybkości skrawania obrabiarek wielonarzędziowych całkowicie lub częściowo automatyzowanych;

b) o p r z y r z ą d o w a n i e obrabiarek;

c) w y p o s a ż e n i e w n o w e t y p y n a r z ę d z i. (narzędzia skrawające o ostrzach ze spiekanych węglików — noże ścinowe, noże o kątach natarcia ujemnych itp.);

d) s t o s o w a n i e n o w e j t e c h n o l o g i i skrawania (zastosowanie dużych szybkości skrawania, dla wykorzystania mocy obrabiarek oraz dla wykorzystania możliwości jakie dają narzędzia skrawające o ostrzach ze spiekanych węglików dla osiągnięcia większej dokładności, dla przeprowadzenia obróbki zgrubnej i wykańczającej za jednym przejściem narzędzia);

e) e k o n o m i c z n e w y k o r z y s t a n i e czasu pracy robotnika (duża wydajność obrabiarek, praca na kilku obrabiarkach, automatyczna kontrola wymiarowa, zmniejszenie czasów pomocniczych do minimum);

f) h i g i e n a i b e z p i e c z e ń s t w o pracy (stosowanie osłon, automatycznych podajników transporterów, automatycznych wyłączników itp.);

g) ł a m a n i e i o d p r o w a d z a n i e dużej ilości tworzących się wiórów.

## 2. Kierunki racjonalizacji

W Polsce obserwuje się obecnie dwa kierunki akcji racjonalizacji w dziedzinie obróbki skrawaniem;

a) bardzo poważna jednak nie planowa i nie kierowana akcja racjonalizacji robotniczej i częściowo personelu technicznego na zakładach pracy;

b) kierowane akcje racjonalizacji: prowadzone przez zakłady naukowe, Instytut Obrabiarek i Narzędzi, Główny Instytut Mechaniki, Główny Instytut Pracy, Grupy Usprawnień i częściowo personel techniczny zakładów pracy.

Większość prac racjonalizatorskich na zakładach pracy, jakkolwiek bardzo poważna co do ilości, jak też wartości rozwiązań, nosi charakter akcji nieplanowej i niekierowanej. Na ogół nie rozwiązuje się zagadnień wg z góry zaplanowanej tematyki potrzebnych usprawnień, zharmonizowanej z hierarchią potrzeb danego zakładu pracy, czy też szeregu zakła-

dów, tematyki potrzebnych usprawnień, obejmującej najważniejsze stanowiska pracy (najlepiej każde stanowisko pracy). O wielkości wysiłków w kierunku rozwiązania zagadnień nie decyduje w wielu wypadkach ani waga danego zagadnienia ani konieczność szybkiego rozwiązania. Wiele jednakowych zagadnień (a nawet zagadnienia już gdzieś gdzieś dobrze rozwiązane) rozwiązuje się jednocześnie na zbyt wielu zakładach pracy co prowadzi do rozproszenia wysiłków tak racjonalizatorów robotniczych, jak i technicznych, a w rezultacie do poważnego zmniejszenia efektu gospodarczego całej akcji racjonalizacji robotniczej w dziedzinie obróbki skrawaniem.

Należy dążyć do przetworzenia tej tak poważnej dla gospodarki krajowej akcji racjonalizacji robotniczej w akcję bardziej planową i kierowaną, należy opracować i spopularyzować tematykę usprawnień (z uwzględnieniem hierarchii potrzeb i o ile możliwości na każde stanowisko pracy). Akcja taka skieruje „strumień“ racjonalizacji robotniczej w kierunku rozwiązywania szczególnie „palących“ i wysokiej wagi ekonomicznej zagadnień dla gospodarki krajowej, pozwoli na rozszerzenie, a w dalszym etapie umasowienie ruchu racjonalizacji robotniczej, powiąże ściśle ten ruch z ogólną akcją racjonalizacji kierowanej, doprowadzi do ściślejszej współpracy robotników z personelem technicznym i naukowym, zwiększy wzajemną wymianę myśli i realnie włączy ruch racjonalizacji robotniczej i racjonalizacji przez personel techniczny i naukowców, w jeden jakby „strumień“ racjonalizacji kierowanej (metody pracy przetwórczej Grupy Usprawnień Przemysłu Hutniczego opierają się w dużym stopniu na powyższych zasadach).

R a c j o n a l i z a c j a r o b o t n i c z a na ogół rozwiązuje wielką ilość drobniejszych zagadnień dających oszczędności roczne w dziesiątkach milionów złotych. Racjonalizacja kierowana rozwiązuje może mniejszą ilość, ale większej wagi zagadnień, dających oszczędności roczne na skalę nawet setek milionów złotych — w znaczeniu ogólnie państwowym.

R a c j o n a l i z a c j a k i e r o w a n a — to powiązanie działalności nauki, techniki i robotników-racjonalizatorów — to współpraca wyższych zakładów naukowych, Instytutów naukowo-badawczych, Grup Usprawnień, Klubów racjonalizacji i techniki i robotników nad z góry ustaloną tematyką racjonalizacji, opracowaną na podstawie analizy obecnych procesów technologicznych, własnych doświadczeń, oraz literatury technicznej. Celem racjonalizacji kierowanej jest dążenie do stałego ulepszenia procesów produkcyjnych, opartego na podstawach naukowo-technicznych, wynikających z własnych doświadczeń naukowców — personelu technicznego zakładów oraz danych najnowszej literatury technicznej.

Racjonalizacja kierowana obejmuje pewną całość zagadnień produkcyjnych związanych ze sobą dla danego warsztatu, zakładu lub wielu nawet zakładów. Wprowadza ona nie tylko zmiany procesów technologicznych skrawania, ale harmonizuje wydajnościowo park obrabiarkowy, wprowadza częściową lub całkowitą automatyzację procesu technologicznego oraz przeprowadza normalizację, tak produkcji, jak też parku obrabiarkowego, oprzyrządowania i narzędzi skrawających.

### 3. Metody pracy racjonalizacji kierowanej

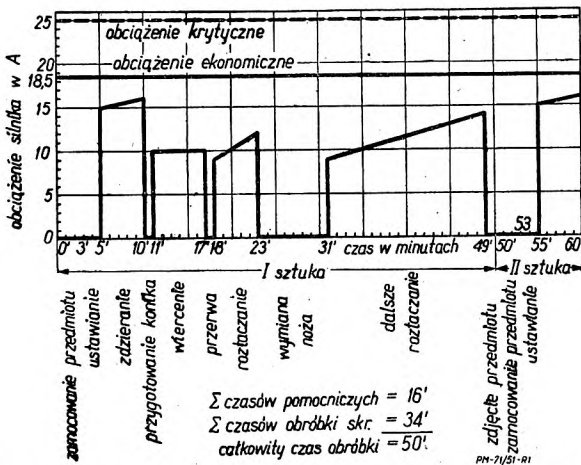
Racjonalizacja kierowana pracuje według ustalonych metod. Metody te są następujące:

a) Analiza obecnego procesu technologicznego, wyszukanie błędów niedociągnięć, wąskich przejść itp. (np. obróbka mechaniczna skrawaniem wg przestarzałych i wadliwych metod, nie wykorzystanie parku obrabiarkowego itd.).

#### Przykład

Wykresy na rys. 1 i 1a przedstawiają zależność obciążenia silnika obrabiarki w czasie, przy toczeniu pierścieni. Wykres taki sporządza się automatycznie przy pomocy zainstalowanego na silniku amperomierza, lub kilowatomierza, samorejestrującego obciążenia w czasie (na obrabiarkach ciężkich i drogich, amperomierz, lub kilowatomierz samorejestrujący obciążenie w czasie, może być zainstalowany na stałe).

U dołu wykresu należy wpisać dodatkowo rodzaj czynności np.: ustawienie, wiercenie, roztaczanie itp., oraz zsumować czasy wykonania pomocnicze i czasy wykonania właściwe obróbki skrawaniem. Wykres ten obrazuje stopień wykorzystania mocy obrabiarki, oraz wielkość czasów wykonania właściwych i pomocniczych. Widzimy z wykresu, że aczkolwiek zastosowano szybkościowe skrawanie, to jednak moc obrabiarki została wykorzystana tylko w 50 — 60%.



Rys. 1. Obciążenie główne silnika napędowego przy toczeniu pierścieni z odkuwki na tokarce „Volman“, N sil = 8,5 kW.

b) Analiza stosowanego surowca, lub półfabrykatu z punktu widzenia materiałowego i wymiarowego, oraz analiza wymiarowa gotowego fabrykatu.

c) Analiza pracy przodowników, w celu przestudiowania, z punktu widzenia naukowo-technicznego, elementów czynności, skorygowania i usunięcia czynności niewłaściwych. (Ma to na celu przyszłe opracowanie odpowiednich instrukcji).

d) Stworzenie na podstawie analizy tematyki, dla racjonalizacji procesu technologicznego, jej spopularyzowania, w celu um-

sowienia akcji racjonalizatorskiej wśród robotników i personelu technicznego.

e) Rozwiązanie zagadnień na podstawie danych literatury technicznej, na drodze własnych doświadczeń i wykorzystanie rozwiązań racjonalizatorów robotniczych.

f) Przebudowa obrabiarek, urządzeń, wyposażenia przyrządowego, narzędziowego, środków transportu, oraz harmonizacja parku obrabiarkowego przez ewentualne nowe inwestycje.

g) Wprowadzenie nowego procesu technologicznego w zakładach oraz masowe przeszkolenie personelu technicznego i umysłowego.

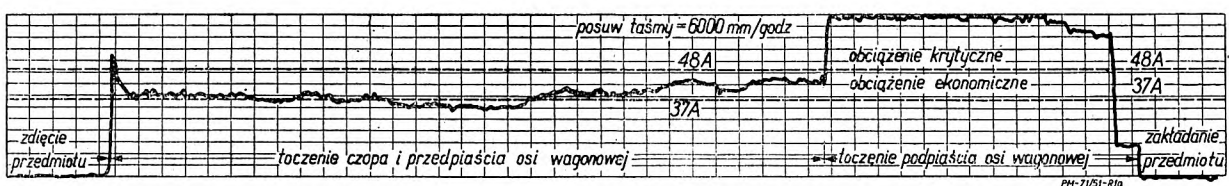
### 4. Wzrost wydajności obrabiarek jako efekt racjonalizacji

Wzrost wydajności skrawania, przy zastosowaniu skrawania szybkościowego, bez uwzględnienia czasów pomocniczych, jest 5-cio do 20 krotny pod warunkiem posiadania obrabiarek o odpowiedniej mocy.

Przy toczeniu stali węglowej  $R_r = 70 \text{ kg/mm}^2$ ,  
 1. przy posuwie  $p = 0,1 \text{ mm}$   $g = 0,5 \text{ mm}$ , dla noży SS  $v = 32,5 \text{ m/min}$ , i dla noży z węglików spiekanych  $v = 300-600 \text{ m/min}$ ; wzrost wydajności jest 10 ÷ 20 krotny.  
 2. przy posuwie  $p = 1 \text{ mm}$   $g = 8 \text{ mm}$ , dla noży SS  $v = 16 \text{ m/min}$ , dla noży z węglików spiekanych  $v = 98 \text{ m/min}$ ; wzrost wydajności jest 5,5 krotny.

Racjonalizacja w kierunku zmniejszenia czasów wykonania pomocniczych i czasów przygotowawczo-zakończeniowych ma nie mniejsze znaczenie niż zastosowanie szybkościowego skrawania. Przy odpowiednim przebiegu operacyjnym, odpowiednim oprzyrządowaniu, odpowiednim transporcie, odpowiednich metodach pomiarów itd. można zmniejszyć wielkość czasów pomocniczych wielokrotnie, szczególnie w produkcji seryjnej i masowej. W produkcji jednostkowej możliwości zmniejszenia wielkości czasów pomocniczych są mniejsze. W produkcji jednostkowej można przyjąć (wg zdania autora), że wzrost wydajności całych warsztatów obróbki mechanicznej po zastosowaniu pełnej racjonalizacji wyniesie 70 ÷ 100% zależnie od rodzaju produkcji.

Wzrost wydajności produkcji seryjnej i masowej całych warsztatów obróbki mechanicznej, jako efekt pełnej racjonalizacji może wynieść 150 ÷ 300%. (Wzrost taki da się osiągnąć tylko na warsztatach zacofanych pod względem procesu technologicznego obróbki skrawaniem). Nie jest to jeszcze efekt ostateczny. W miarę ulepszania metod produkcji, odkrywa się stale nowe, coraz wyższe możliwości wzrostu wydajności obrabiarek.



Rys. 1a. Pomiar obciążenia głównego silnika napędowego przy zdzieraniu osi wagonowej, na przebudowanej tokarce „Poręba“ Tr90.

### 5. Obecne zadanie racjonalizacji w dziedzinie obróbki skrawaniem

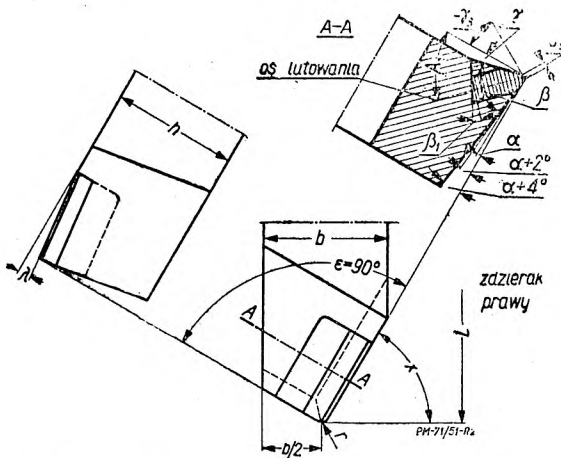
a) 1. Wprowadzenie szybkościowego skrawania w produkcji masowej, seryjnej i jednostkowej, w oparciu o pełne wykorzystanie mocy obrabiarek i możliwości narzędzi skrawających o ostrzach ze spiekanych węglików;

a) 2. zastosowanie szybkościowego gładzenia szerokimi nożami w zamian szlifowania;

a) 3. zastosowanie toczenia gwintów nożami ściłowymi i zastosowanie toczenia gwintów metodą przecinkową.

b) Przebudowa obrabiarek — tokarek karuzelowych, wytaczarek, frezarek, strugarek, w znaczeniu przystosowania do szybkościowego skrawania, a więc zwiększenie mocy obrabiarek, zwiększenie ilości obrotów, zwiększenie sztywności i zmniejszenie drgań obrabiarek.

Przeważająca część obrabiarek bez przebudowy tylko w pewnym stopniu, nadaje się do szybkościowego skrawania i tylko pewna wielkość i rodzaj przedmiotów obrabianych daje się skrawać szybkościowo. Np. istniejące w Polsce strugarki na ogół nie nadają się w ogóle do skrawania szybkościowego, bez ich przebudowy. (Brak odpowiednich szybkości skrawania). Strugarki bramowe można przebudować na frezarki bramowe (korzystnie zastępują strugarki bramowe). Strugarki należy przebudować, w kierunku wykorzystania biegu jałowego. Rozumie się, że taka przebudowa nie ogranicza się tylko do przebudowy imaka i umocowaniu dwu noży, ale polega również na przebudowie skrzynki posuwów wzmocnieniu suportu, ewentualnie wzmocnieniu belki suportowej prowadnic suportów i prowadnic belki suportowej itp.



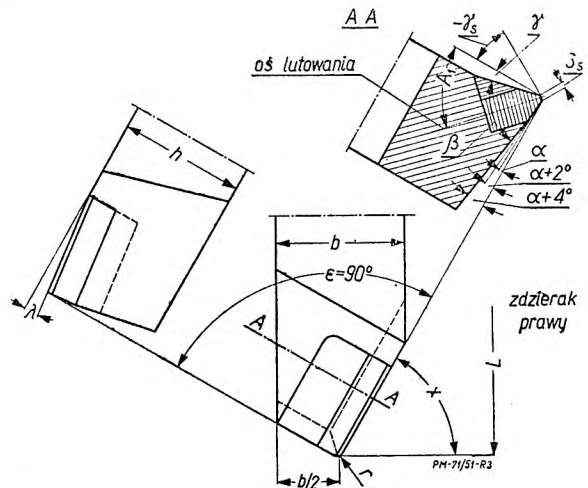
Rys. 2. Nóż „PW” ekonomiczny z płytką ukośną wlotowaną ukośnie.

c) Wyposażenie przyrządowe również tylko częściowo odpowiada wymogom szybkościowego skrawania. Szczególnie wyposażenie, przyrządowe do szybkościowego wytaczania długich otworów o dużych średnicach pozostawia wiele do życzenia. Drgania narzędzia, przedmiotu i obrabiarki często uniemożliwiają szybkościowe wytaczanie.

Celem uniknięcia drgań przy toczeniu szybkościowym przedmiotów długich należy zastosować hamowanie obracającego się przedmiotu, przy pomocy hamuleców taśmowych, rolkowych lub też wyposażać tokarki w imaki umożliwiające toczenie przedmiotu z góry, nożami stycznymi. Poza tym tokarki powinny być wyposażone w okulary i półokulary rolkowe.

d) Wyposażenie narzędziowe w dostosowaniu do szybkościowego skrawania wymaga jeszcze wielu rozwiązań, jakkolwiek na odcinku konstrukcji noży tokarskich racjonalizacja dała poważne wyniki, mimo to jest jeszcze wiele do usprawnienia.

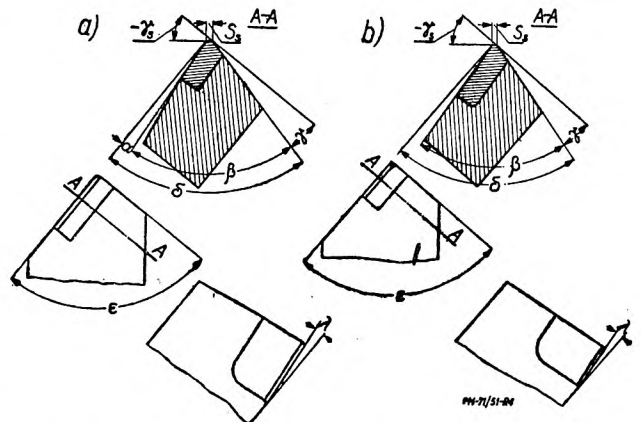
Np. zastosowanie noży stycznych, noży obrotowych o stale zmieniającej się powierzchni natarcia, znajdującej się w kontakcie z wiórem, rozwiązanie chłodzenia narzędzi skrawających ze spiekanych węglików metali, dobór właściwej geometrii ostrza, konstrukcje narzędzi w celu jak najbardziej ekonomicznego wykorzystania drogiego materiału płytki ze spiekanych węglików oraz produkcja mało ściernalnych gatunków płytek. Przykłady konstrukcji noży z płytkami ze spiekanych węglików umożliwiającymi ekonomiczne wykorzystanie drogiego materiału ostrza przedstawiają rys. 2 i 3. Pochylenie osi lutowania płytek zależy od stosunku zużycia się ostrza noża na powierzchni natarcia na powierzchni przyłożenia.



Rys. 3. Nóż „PW” z płytką prostą wlotowaną ukośnie.

Rys. 4a i 4b przedstawiają jeszcze inny sposób lutowania płytki. Stosuje się go w przypadku, gdy zużycie się powierzchni natarcia w stosunku do zużycia na powierzchni przyłożenia jest duże. Podane rozwiązania zwiększają poważnie ilość ostrzeń noża. Nagrzewanie się wlotowanej płytki jest mniejsze (mniejsza powierzchnia styku z wiórem). Odprowadzenie ciepła od ostrza noża jest korzystniejsze.

Również wyposażenie narzędziowe do frezowania, wytaczania, wiercenia i cięcia w znaczeniu szybkościowego skrawania wymaga wiele pracy racjonalizatorów. Można powiedzieć, że czeka nas rekonstrukcja prawie całego wyposażenia do frezowania i cięcia. Istnieją stosunkowo do-



Rys. 4. Przykłady wlotowania płytek z węglików spiekanych.

bre konstrukcyjne rozwiązania głowic do frezowania czolowego dla produkcji seryjnej i masowej natomiast konstrukcja głowic dla produkcji jednostkowej pozostawia jeszcze wiele do życzenia.

e) Racjonalizacja w kierunku **z m n i e j s z e n i a c z a s ó w w y k o n a n i a p o m o c n i c z y c h i t r a c o n y c h w o b r ó b k e m e c h a n i c z n e j s k r a w a n i e m**.

Najszerzym polem dla racjonalizacji (szczególniej dla racjonalizacji robotniczej), poza pełnym zastosowaniem szybkościowego skrawania, jest racjonalizacja w kierunku zmniejszenia wielkości czasów wykonania pomocniczych, to jest zmniejszenie czasów zamocowania, ustawienia przedmiotu, pomiarów, zdjęcia przedmiotu, mocowania narzędzia, wymiany narzędzia, zmniejszenie ilości poprawek i braków itp. Nowe konstrukcje i rekonstrukcje przyrządów do zamocowania przedmiotu i zdjęcia przedmiotu, przyrządów pomiarowych, częściowa automatyzacja i półautomatyzacja procesu skrawania i pomiaru w celu zmniejszenia wielkości czasów wykonania pomocniczych, to kopalnia zagadnień do rozwiązania dla racjonalizatorów robotniczych, a w przyszłości miliardowe oszczędności.

f) **R a c j o n a l i z a c j a t r a n s p o r t u** w obróbce skrawaniem w kierunku zmniejszenia wielkości pomocniczych skrawania.

g) **D o b ó r w ł a ś c i w e g o c y k l u p r o d u k c y j n e g o**, właściwe ustawienie i dobór obrabiarek dla danej produkcji, harmonizacji wydajności obrabiarek, oraz likwidacja wąskich przejść produkcji.

h) **S k r a w a n i e w w y ż s z e j t e m p e r a t u r z e**, przy której opory skrawania maleją kilkakrotnie.

i) **N o w e m e t o d y e l e k t r o - c h e m i c z n e**, elektro-mechaniczne i elektro-chemiczno-mechaniczne, stosowane do obróbki bezwiórkowej, szlifowanie narzę-

dzi ze spiekanych węglików, obróbka bezwiórkowa metali przewodzących prąd, bez użycia tarcz ściernych.

Przykład; Zastosowanie tarczy o odpowiednim kształcie naciętej do szlifowania elektro-kontaktowego, dało możliwość uzyskania trzykrotnego wzrostu wydajności szlifowania spiekanych węglików metali.

j) Ostatnio przeprowadza się za granicą doświadczenia nad **s k r a w a n i e m m a t e r i a ł ó w p r z y p o m o c y c i ś n i e n i a**, a więc cieczy pod ciśnieniem sprężonych gazów itp.

## 6. Wnioski

Jak wynika z omówienia obecnych zadań racjonalizacji obróbki skrawaniem, ilość i wielkość zagadnień jest olbrzymia. Charakter tych zagadnień wymaga kolektywnej pracy personelu naukowego, technicznego i robotniczego. Konieczność nierozproszenia wysiłków racjonalizatorów, konieczność planowego i scharmonizowanego dla potrzeb produkcji rozwiązania zagadnień, wymaga kierowanej akcji masowej racjonalizacji. Wymaga to opracowania tematyki racjonalizacji dla każdego warsztatu obróbki mechanicznej i spopularyzowania jej.

W powyższy sposób podjęta akcja racjonalizacji stworzy wiadomy swych celów masowy ruch racjonalizatorski i pozwoli nam stosunkowo szybko zlikwidować nasze zacofania na tym polu. Poza tym akcja taka ma jeszcze znaczenie wychowawcze, podnosi bowiem poziom świadomości robotnika i technika, uczy go myśleć nowymi kategoriami, oraz zmusza go do pogłębiania swoich wiadomości technicznych i stałego studiowania nowoczesnej literatury technicznej.

# Tematyka i sposób prowadzenia zajęć praktycznych z zakresu organizacji i planowania produkcji na wydziałach mechanicznych Politechnik

Prof. inż. MICHAŁ SKARBIŃSKI

Mgr inż. WŁADYSŁAW STOLAREK

*Cel prowadzenia zajęć praktycznych z zakresu planowania i organizacji produkcji. — Założenia przyjęte przy opracowaniu tematyki i organizacji ćwiczeń. — Tematyka ćwiczeń. — Planowanie technologiczne. — Planowanie operacyjne produkcji. — Planowanie ogólno-zakładowe. — Ocena techniczna i ekonomiczna działalności zakładu. — Projektowanie zakładu przemysłowego. — Zagadnienia wydzielone. — Przygotowanie zadań oraz danych liczbowych. — Metoda pracy. — Wyniki przeprowadzonych ćwiczeń. — Wnioski.*

## I. Cel prowadzenia zajęć praktycznych

Na łamach prasy technicznej i gospodarczej ostatnich miesięcy poruszano w szeregu prac zagadnienie właściwego nauczania organizacji i planowania na Politechnikach i w Szkołach Inżynierskich<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Dr C. Bąbiński „Kadry, a wyższe uczelnie“, *Inż. W Żółkowski* „Sprawy planowania i projektowania na wyższych uczelniach“ Prof. dr T. Kluz „Reforma studiów na Wydziałach Inżynierii Politechnik i Wyższych Szkół Inżynierskich i jej rezultaty dotychczasowe“, dr inż A. Dyżewski „Nauka organizacji i mechanizacji budowy na Wydziale Inżynierii PW“ inż. M. Siedlanowski „Planowanie inwestycyjno-Budowlane na Politechnice Warszawskiej“, prof. dr W. Poniś „Budownictwo Przemysłowe w studiach politechnicznych“ Czasopismo „Inwestycje“ Lipiec 1950 r.

Wiele wypowiedzi wymienia dwie dziedziny wymagające specjalnego potraktowania na wyższych uczelniach technicznych dla uzyskania poprawy w zakresie wykształcenia kadr technicznych potrzebnych do realizacji Planu 6-letniego. Wskazuje się na:

a) potrzebę pogłębienia wśród inżynierów i magistrów znajomości zagadnień ekonomicznych przez opisanie ogólnych zasad planowania gospodarki narodowej, planowania przemysłu i finansów<sup>2)</sup>, co jest niezbędne dla uzyskania zmiany ustosunkowania się techników do zagadnień gospodarki planowej;

<sup>2)</sup> Dr K. Secomski „O katedrach planowania gospodarczego“ Czasopismo „Inwestycje“ Lipiec 1950 r.



b) potrzebę przygotowania kwalifikowanych projektantów z zakresu poszczególnych specjalności inżynierskich dla zrealizowania zagadnień inwestycyjnych Planu 6-letniego.

Te dwie dziedziny nie wyczerpują całości zagadnienia. Nie mniej istotna jest potrzeba teoretycznego i praktycznego pogłębienia znajomości zagadnień przygotowania i organizacji produkcji w zakładach przemysłowych dla zapewnienia technicznie i ekonomicznie prawidłowej ich działalności.

Aktualne potrzeby przemysłu wymagają od uczelni technicznych przygotowania absolwentów zarówno pod względem teoretycznym jak i praktycznym w taki sposób, aby kończący studia absolwenci byli gotowi, po krótkim zapoznaniu się z przydzielonym zadaniem, do możliwie szybkiego podjęcia samodzielnej pracy.

Do realizacji tego zadania jest niezbędne, obok odpowiedniego przygotowania wykładów, zorganizowanie i prowadzenie zajęć praktycznych dla studentów.

W artykule tym zajmiemy się tylko jednym wątkiem tego obszernego zagadnienia, obejmującym planowanie i organizację produkcji. Zagadnienia: normowania pracy, finansowe i materiałowe poruszane są tylko w tych wypadkach, gdy wiążą się bezpośrednio z właściwym tematem.

Tematyka i zakres wykładów z dziedziny planowania i organizacji produkcji zostały opracowane w roku 1950 przez Sekcję Ekonomiki i Organizacji Pracy Rady Głównej do Spraw Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz zostały ujęte w „Ramowym programie Ekonomiki i Organizacji Pracy dla Wydziałów technicznych. Opracowanie wstępne 1950 r.“ Dział III programu obejmuje planowanie i organizację produkcji (cały program zawiera siedem działów).

Zagadnienie metody i sposobu prowadzenia zajęć praktycznych z dziedziny organizacji wytwarzania jest dotychczas sprawą otwartą. Postawienie tego zagadnienia do dyskusji i przedstawienie jednego z rozwiązań jest celem tej pracy.

Podane niżej rozwiązanie nie jest luźnym projektem, lecz jest praktycznie stosowane od kilku lat na Politechnikach: Warszawskiej i Łódzkiej w ramach przedmiotu „Organizacja Wytwarzania“.

Praktyka tych lat oraz obecna postać prowadzonych zajęć praktycznych, oparta na aktualnych opracowaniach i wzorach PKPG, wykazuje dużą zgodność z wyżej omówionym ramowym programem w odpowiednim dziale. Zgodność ta wydaje się potwierdzać właściwość założeń i rozwiązań, przyjętych przy ustalaniu tematyki tych zajęć.

Ćwiczenia są przewidziane w programie ósmego tzn. ostatniego semestru studiów magisterskich wg dawnego programu oraz szóstego semestru kursu inżynierskiego (2 godz. ćwiczeń tygodniowo).

## II. Założenia przyjęte przy opracowaniu tematyki i organizacji ćwiczeń

Ćwiczenia mają być jednym ze środków do realizacji omówionych na wstępie zadań, które stawia Politechnikom rozwijająca się gospodarka narodowa.

Punktem wyjścia przy ustalaniu założeń dla opracowania tematyki i organizacji ćwiczeń był cel, jaki im postawiono.

1) Ćwiczenia powinny stanowić uzupełnienie wykładów. Mają one dać studentom materiał do konkretnego myślenia na tematy omówione w wykładzie. Jest to szczególnie ważne ze względu na szeroki zakres przedmiotu, który dla słuchaczy nieobytych z pracą w fabryce jest trudno przyswajalny. Studenci w czasie praktyk fabrycznych przeważnie nie zapoznają się z zagadnieniami organizacyjnymi, a są nastawieni wyłącznie na zagadnienia technologiczne. Dla wielu problemów poruszanych w wykładzie nie mają oni odpowiednich wyobrażeń realnych, ani porównań praktycznych, co utrudnia im zrozumienie tematu, opanowanie go i utrwalenie.

2) Ćwiczenia powinny praktycznie zapoznać studentów z rodzajem pracy oraz metodami organizacji wytwarzania stosowanymi w przemyśle, względnie z nowoczesnymi metodami, które powinny być stosowane.

3) Ćwiczenia winny dać studentom możliwość własnego przeżycia pewnych zagadnień przez zetknięcie się z konkretnymi pracami. Z uwagi na to, że temat z natury jest trudno uchwytny dla studentów, ogólne opowiadanie o sposobach rozwiązań i o występujących przy tym trudnościach nie daje właściwego rezultatu: zagadnienia pozostają dla studentów nadal niekonkretne. Jedynym właściwym sposobem do istotnego poznania, zrozumienia i utrwalenia zagadnień jest bezpośrednio, konkretne liczbowo wykonanie zadań, o ile możliwości powiązanych ze sobą w większą całość tak, jak występują one w praktyce.

4. Tematyka ćwiczeń ściśle oparta o technikę sięga do dziedzin właściwych innym przedmiotom wykładanym na Politechnice (obróbka metali, urządzenia warsztatowe, normowanie czasów). Stosunek do tych przedmiotów ustalono według następujących zasad:

— w ramach ćwiczeń z Organizacji Wytwarzania nie wkracza się w zakres szczegółowo właściwy innemu przedmiotowi;

— wychodzi się z założenia, że zagadnienia odpowiednich przedmiotów są studentom znane.

5) W ćwiczeniach należy kierować uwagę studentów na wzajemne stosunki liczbowe pomiędzy wynikami rozwiązań odcinkowych, jak: planów technologicznych, norm czasu roboczego, wysokości kosztów w zależności od wybranej odmiany procesu technologicznego itp. Zwraca się uwagę, że poszczególne zagadnienia odcinkowe są elementami organicznie ze sobą powiązanymi. Określenie związków między nimi i właściwe ustalenie ich wielkości, dla uzyskania technicznie i ekonomicznie optymalnego wyniku, stanowi zasadniczą część ćwiczenia.

## III. Tematyka ćwiczeń

W czasie ćwiczeń opracowuje się najważniejsze problemy poruszane na wykładzie, które ze względu na swą wagę wymagają specjalnego ugruntowania,

bądź też takie zagadnienia, które w wykładzie nie mogą być należycie przedstawione bez równoczesnego praktycznego ich przerobienia.

Tematy zadań obejmują następujące dziedziny zagadnień:

- 1) planowanie technologiczne i normowanie jako elementy podstawowe dla planowania i organizacji produkcji w ogóle;
- 2) planowanie operacyjne pracy na warsztacie;
- 3) planowanie ogólno zakładowe, obejmujące plan techniczno-przemysłowo-finansowy;
- 4) projektowanie zakładu przemysłowego i plan inwestycyjny;
- 5) zagadnienia wydzielone lub rozszerzone o specjalnym charakterze lub doniosłości dla zakładu przemysłowego. Zazwyczaj są to zagadnienia, które uzyskały nowe podstawy naukowe lub rozwiązania praktyczne.

**Grupa 1. Planowanie technologiczne**

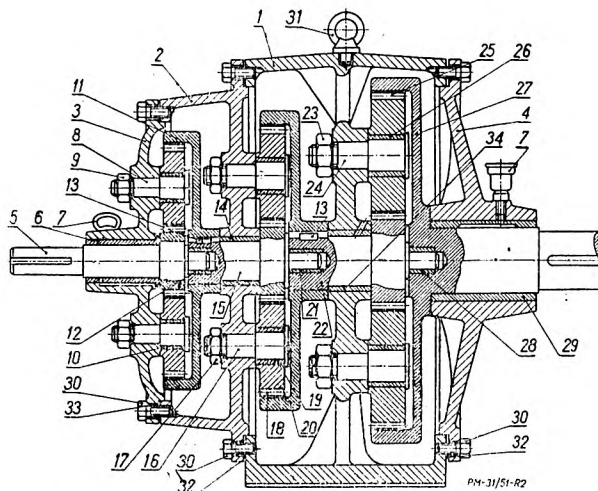
**Zadanie 1. Opracowanie procesu technologicznego oraz obliczenie kosztu własnego wyrobu**

Do rozwiązania należy: 1) zaprojektowanie kolejności operacji obróbkowych; 2) określenie właściwych dla obróbki przyrządów narzędzi i sprawdzianów (znakowanie według Norm Polskich), zgodnie z zasadami wyłożonymi w przedmiocie „Obróbka Metali“; 3) określenie norm czasu na poszczególne operacje metodą obliczeniową; 4) określenie kosztu własnego. Przedmioty zadane do obróbki według podanego w temacie rysunku są niezbyt skomplikowane (3 + 5 operacji). Istota zadania polega nie na pokonywaniu trudności technologicznych lecz na opracowaniu pełnej dokumentacji stosowanej w przemyśle. Odmianą tego zadania jest opracowanie planu technologicznego wykonania odlewu oraz obliczenie jego kosztu.

**Zadanie 2. Opracowanie procesu technologicznego montażu**

Zadanie polega na opracowaniu procesu montażu dla zespołu podanego na rysunku. Zespoły zadane studentom do składania nie są zbyt skomplikowane. Wymagają wszakże przemysłenia problemów napotykanym przy pracach montażowych. Ilość kompletów do złożenia oraz stan obróbki części przed

złożeniem (dokładność wykonania) są podane w treści zadania. Do rozwiązania zadania należy: 1) zaprojektowanie kolejności operacji montażowych oraz obróbki cieplnej w zespole; 2) opracowanie karty operacyjnej, które obejmuje: sporządzenie wykazu części, wykreślenie na karcie schematu montażu, wskazanie przyrządów i narzędzi do montażu, określenie ilości pracowników oraz zakwalifikowanie roboty do odpowiedniej grupy zgodnie z obowiązującą taryfą; 3) opracowanie instrukcji szczegółowej dla jednej z operacji montażowych. Na rys. 1 pokazano kartę operacyjną montażu, a na rys. 2 przykład tematu do tego zadania.



Rys. 2. Przykład tematu opracowania procesu technologicznego montażu.

**Grupa 2. Planowanie operacyjne produkcji**

**Zadanie 1. Rozplanowanie zamówień, obliczenia obciążenia maszyn**

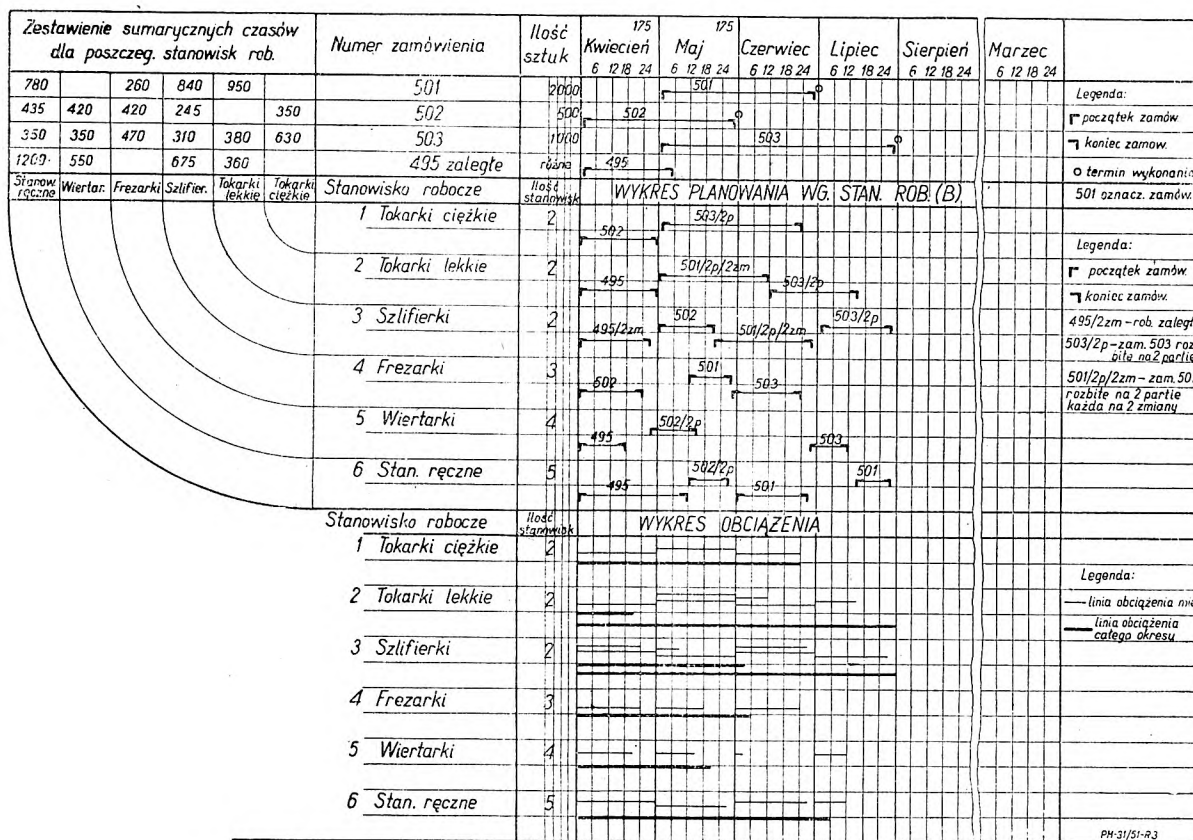
Zadanie obejmuje: 1) sporządzenie wykresu przebiegu zamówienia przez wszystkie stanowiska robocze; 2) określenie długości cyklu produkcyjnego; 3) sporządzenie wykresu obciążenia maszyn. Dane wskazane w tematach są znacznie uproszczone w porównaniu z danymi rzeczywistości występującymi w praktyce. Uproszczenie polega na tym, że ilość stanowisk roboczych przewidzianych dla poszczególnych zamówień jest niewielka, zaś układ kolejnych operacji jest bardzo prosty. Nie mniej istota zagadnienia została w zadaniu zachowana. Wykonanie zadania polega na sporządzeniu harmonogramu robót na gotowej siatce. Podany studentom sposób ujęcia zadania, przedstawiony na rys. 3, jest jednocześnie schematem rozwiązania. Usuwa się w ten sposób potrzebę długich objaśnień, metoda pracy dobrze utrwała się w pamięci studentów. Zadanie to stanowi typowy przykład zadania uproszczonego w zakresie czynności i obliczeń pomocniczych, a ujmującego pełną problematykę zagadnienia.

**Zadanie 2. Dzienny plan pracy majstra względnie rozdzielnia**

Zadanie polega na sporządzeniu godzinowego planu pracy dla poszczególnych stanowisk roboczych w warsztacie na podstawie posiadanego wykazu robót, na którym podano pożądane terminy wykonania oraz uwagi dotyczące technologicznych właściwości robót. Przy opracowaniu zadania zakładamy zakłócenie biegu pracy, które powoduje konieczność zmian w planie. Zagadnienie to jest bardzo aktualne i ostatnio szeroko omawiane w literaturze radzieckiej.

No Op	Człści			Wykres	Operacja	Przyrząd Narzędzie Sprawdzian	Stanowisko			Czas	
	Nazwa	Nr rys. lub normy	Ilość				Nr	Grupa	Ilość		Prz.
1	Przeciwciężar Czop	S.01.20.10 S.01.20.17	1		Przeciwciężar podgrzać do 100°C, wlotczyć czop w przeciwciężar	Wanna P.31	12	I	IV	30	3
2	Przeciwciężar Czop	S.01.20.10 S.01.20.16	1		Przeciwciężar podgrzać do 100°C wlotczyć czop w przeciwciężar	Wanna P.31	13	I	IV	30	3
3	Sworzęd	S.01.20.01	1		Podzespół z oper. 2 złożyć ze sworzędem S.01.20.01 i ralkami S.01.20.16 w czop S.01.20.16 wlotczyć sworzęd	P.34	14	I	IV	30	3
4	Korbował. Pierścien oper. Ralka	S.01.20.02 S.01.20.45 S.01.20.25	1 1 17		Podzespół z oper. 3 złożyć z korbowałem S.01.20.02 z założonymi pierścieniami S.01.20.45 i ralkami S.01.20.25	P.40	15	I	IV	15	3
5					Złożyć podzespół z oper. 4 i oper. 4 i podgrzać przeciwciężar S.01.20.10 do temp. 100°C, wciągnąć w niego korbował S.01.20.02	Wanna P.50	16	I	IV	15	3
6	Pakrywa	S.01.20.18	2		Do podzespołu z oper. 5 złożyć pakrywy i zamontować je w 4 miejscach		17	I	IV	15	6
7					Całość sfinalizować wg schematu M.38	M.38	18	I	IV	25	18
8					Uczyszczyć całość zakonserwować, oddać do magazynu		18	I	IV	10	18

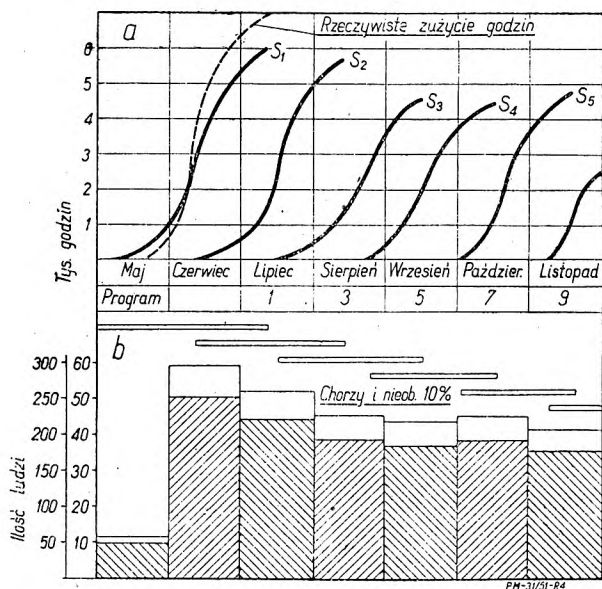
Rys. 1. Karta operacyjna montażu.



Rys. 3. Wykres planowania zamówień. Wykres obciążenia urządzeń.

**Zadanie 3. Planowanie uruchomienia nowej produkcji**

Do zadania należy ułożenie terminarza produkcji nowych wyrobów z uwzględnieniem planowego współczynnika wydajności i jego zmiany w miarę rozwoju produkcji oraz opracowanie planu zatrudnienia, uwzględniającego wzrost wydajności i wzrost produkcji do zadanego poziomu. Istota rozwiązania polega na właściwym podziale produkcji na serie i doborze najwłaściwszej długości cyklu produkcyjnego tych serii. Rozwiązanie zadania ilustruje rys. 4.



Rys. 4. a) Krzywe zużycia czasu roboczego na poszczególne serie. b) Wykres wielkości zatrudnienia wynikający z zaprojektowanego podziału na serie.

**Grupa 3. Planowanie ogólnozakładowe. Ocena ekonomiczna działalności**

Opracowanie planu techniczno-przemysłowo-finansowego zgodnie z wytycznymi PKPG ujęto w postaci dwóch zadań, stanowiących jedną całość.

**Zadanie 1. Plan przemysłowy (część 1)**

Zadanie obejmuje opracowanie planów: zatrudnienia, zaopatrzenia w materiały podstawowe oraz planu wykorzystania maszyn i urządzeń w zakładzie wytwórczym. Rozwiązanie zadania wykonuje się na formularzach, które studenci otrzymują gotowe. Sposób rozwiązania odpowiada metodom ujętym w instrukcjach PKPG i stosowanym w przemyśle maszynowym.

**Zadanie 2. Plan przemysłowy (część 2)**

Zadanie obejmuje opracowanie: planu plac i świadczeń socjalnych, planu obrotów materiałowych oraz planu kosztów. Studenci sporządzają zestawienie kosztów rodzajowych, planjalnych, planu obrotów materiałowych oraz planu kosztów własnych poszczególnych wyrobów. Potrzebne do rozwiązania dane uzupełniają studenci otrzymują w postaci tablic typowych wskaźników, których wysokość jest dyskutowana w czasie konsultacji z asystentami. Rys. 5. ilustruje ujęcie tabelaryczne rozwiązania takiego zadania.

**Zadanie 3. Ocena techniczno-ekonomiczna działalności zakładu wytwórczego**

Zadanie polega na: obliczeniu zadanych wskaźników techniczno-ekonomicznych dla zakładu, dla którego opracowano plan oraz wyciągnięciu odpowiednich wniosków dotyczących wysokości wskaźników oraz dynamiki ich zmian w planowanym okresie.

Plan produkcji (Pi) Tabl. I									
Lp	Wyszczególnienie produkcji	Jedn. miary	Plan na rok				Ogółem		
			I kw	II kw	III kw	IV kw			
1									
2	Ilość stanowisk roboczych (N) Tabl. II								
3	Stanowiska robocze								
4	Grupa Nr	Tokarki	Frezarki	Szlifierki	Wiertarki	St. ręczne			
5	1								
6	2	Normy czasów roboczych (t) w godz. Tabl. III							
3	Lp	Wyszczególnienie produkcji	Jedn. miary	Stanowiska robocze				Ogółem	
4				Tokarka	Frezar.	Szlfif.	Wiert.	St. ręczne	
5	1								
2	Normy zużycia materiałów na jedn. wyrobu w kg (m) Tabl. IV								
3	Lp	Wyszczególnienie produkcji	Jedn. miary	Rodzaj materiału				Ogółem	
4				Zelwo	Stal pretowa	Stal blacha	Brąz		
5	1								

Plan wykorzystania maszyn i urządzeń Tabl. XIII																		
Lp	Wyszczególnienie	Sp. zm.	Potrzebna ilość stanow.				Posiada na ilość stanow.				Balans							
			I kw	II kw	III kw	IV kw	I kw	II kw	III kw	IV kw	I kw	II kw	III kw	IV kw				
1	Tokarki																	
2	Frezarki																	

Plan zużycia materiałów na rok (M) Tabl. XIV										
Lp	Materiał	Cena	Jedn. miary	Wyrób ilość	Wyrób Wart.	Wyrób ilość	Wyrób Wart.	Wyrób ilość	Wyrób Wart.	Razem
1	Zelwo									
2	Stal pretu									
3	Stal blacha									
4	Brąz									
5	Ogółem									

Rys. 5. Przykład tabelarycznego ujęcia zadania na temat opracowania planu przemysłowego.

**Zadanie 4. Ocena ekonomiczna odmian (wariantów) metod produkcyjnych**

Zadanie polega na obliczeniu kosztu własnego dla kilku odmian procesu wytwórczego oraz wyborze najwłaściwszego urządzenia, uwzględniając koszt maszynogodziny urządzenia oraz jego planowane zatrudnienie. Zadania te dają studentom konkretne powiązania zagadnień czysto technicznych z problemami ekonomicznymi i pozwolą im zająć własne stanowisko w stosunku do zagadnień produkcyjnych w tej gałęzi przemysłu, z którą spotykają się w praktyce.

**Grupa 4. Projektowanie zakładu przemysłowego. Plan inwestycyjny**

Zagadnienie ujęte jest w postaci 3 zadań, stanowiących jedną całość. Metodyka opracowania opiera się na instrukcjach PKPG oraz na literaturze technicznej, przeważnie radzieckiej.

Jako temat zadania podaje się produkcję jednego wyrobu, jak: aparat kreślarski, mikroskop szkolny, prosta wiertarka stołowa itp. W temacie zadania podane są: normy zużycia materiałów produkcyjnych, pracochłonność (w postaci uproszczonej) itd. Dobór odpowiednich maszyn ustala się w konsultacjach ze studentami. Ilość i nomenklaturę stanowisk roboczych ograniczono przez podanie uproszczonego wykazu oraz symbolistyki rodzajów maszyn i stanowisk roboczych.

**Grupa 5. Zagadnienie wydzielone**

**Zadanie 1. Plan zaopatrzenia zakładu w narzędzia maszynowe**

Zadanie polega na sporządzeniu ilościowego i wartościowego planu zaopatrzenia w narzędzia maszynowe zakładu, którego plan przemysłowy był opracowany w poprzednich zadaniach. Innych zadań jak: planowanie remontu maszyn i urządzeń, opracowanie instrukcji organizacyjnej i druków, nie omawiamy.

**IV. Przygotowanie zadań oraz danych liczbowych. Metoda pracy**

Przy przygotowaniu zadań przyjęto, zgodnie z podanymi założeniami, następujące wytyczne:

- 1) treść zadań musi być opracowana w ten sposób, aby rozwiązania były możliwie konkretne i odpowiadały treści, metodą i wynikami liczbowymi praktyce przemysłowej;
- 2) zadania winny być dostosowane do możliwości studenta pod względem ilości czasu niezbędnego do ich rozwiązania.

Przyjęcie tych wytycznych wymagało w konsekwencji przerobienia tematów występujących w praktyce przemysłowej na formę zadań szkolnych. Środki mające na celu spełnienie tych wytycznych są następujące:

- 1) Treściwe i możliwie krótkie omówienie zagadnień stanowiących temat ćwiczenia w wykładzie objaśniającym rozwiązanie zadania.
- 2) Wprowadzenie schematów graficznych dla ideowego przedstawienia zagadnień.
- 3) Ujęcie zakresu zadań w ten sposób, aby ilość mechanicznej pracy rachunkowej była możliwie mała, przy zachowaniu pełnego zakresu zagadnień koncepcyjnych i problemowych; tabelaryczne ujęcie rozwiązań na gotowych formularzach rozdawanych studentom.

4) Stosowanie zasady kolejnego powiązania zadań. Znaczna ilość zadań opiera się na wynikach zadań już rozwiązanych przez studenta.

5) Podawanie całego szeregu wskaźników liczbowych celem ułatwienia i pokierowania rozwiązań poszczególnych etapów pracy (wskaźniki charakterystyczne dla danego typu zakładu przemysłowego).

6) Opracowanie zadań wzorcowych.

7) Prowadzenie konsultacji asystentów ze studentami w czasie rozwiązania zadań.

Ilość zadań różnych liczbowo dawanych studentom zależy od ilości ćwiczących. W dotychczasowej praktyce tworzone grupy z 5 do 8 osób, które miały wspólny temat. Występująca przy tym kolektywna praca studentów, należących do jednej grupy, przyzwyczajają studentów do pracy zespołowej oraz sprzyja wymianie doświadczeń z praktyki posiadanych przez niektórych studentów.

Przy ocenie zadań zwraca się uwagę na stronę problemową i właściwość stosowanych metod, mniejszy nacisk kładzie się na arytmetyczne wykonanie zadania. Sprawdzanie wyników liczbowych następuje w znacznym stopniu metodą samokontroli przez porównanie wskaźników, które sami studenci obliczają na podstawie liczb wynikowych, z wzorcowymi wartościami wskaźników dla danego typu produkcji.

**V. Wyniki przeprowadzonych ćwiczeń. Wnioski**

Dotychczasowe wyniki ćwiczeń prowadzonych opisaną metodą można scharakteryzować w następujący sposób.

1. Daje się zaobserwować, że na ogół lepsze wyniki osiągają studenci oddziałów technologicznych niż studenci oddziałów konstrukcyjnych oraz studenci posiadający za sobą praktykę lub pracę warsztatową niż

studenci, którzy na praktyce byli krótko i pracy zakładu jako całości nie obserwowali.

2. Tematyka ćwiczeń nie powinna być traktowana jako niezmienna i ostateczna, nasuwa się bowiem stale szereg ważnych i aktualnych zagadnień, które powinno się uwzględnić w ćwiczeniach.

Rozszerzenie tematyki ćwiczeń jest jednak praktycznie, w ramach obecnego programu studiów inżynierskich, niewykonalne ze względu na szczupłość rozporządzalnych godzin ćwiczeniowych. Praktycznie na kursie inżynierskim można przerobić 12 ćwiczeń. Problem ten będzie mógł znaleźć niewątpliwie pomyslnie rozwiązanie w ramach dwustopniowego nauczania na przyszłym kursie magisterskim.

3. Niezwykle doniosłą jest sprawa uwzględnienia zagadnień organizacyjnych w programach studenckich

praktyk wakacyjnych. Praktyki te powinny być kierowane i nadzorowane przez odpowiednich asystentów terenowych dobrze znających organizację fabryczną, którzy będą mogli udzielać studentom potrzebnych objaśnień.

Z właściwym prowadzeniem zajęć praktycznych wiąże się zagadnienie odpowiednich *p o m o c n i c z y c h s i ł n a u k o w y c h*. Prowadzenie ćwiczeń na odpowiednim poziomie wymaga zatrudnienia asystentów o wysokich kwalifikacjach fachowych, posiadających za sobą pracę w przemyśle.

4. Praktyka wykazała, że do prowadzenia konsultacji, korekty i oceny zadań potrzebny jest jeden asystent na 40 ÷ 50 studentów odrabiających ćwiczenia.

Oprócz tego potrzebni są asystenci opracowujący nowe tematy i przygotowujący materiały pomocnicze.

## Zastosowanie ogrzewania za pomocą promieni podczerwonych w przemyśle (dokończenie)

Mgr inż. STANISŁAW JABŁOŃSKI

Mgr CZESŁAW SKIBKA

### II. DZIEDZINY ZASTOSOWANIA PROMIENI PODCZERWONYCH

Zastosowanie promieniowania podczerwonego do celów ogrzewania pozwala na szybkie przenoszenie wielkich ilości ciepła od źródła do powierzchni przedmiotów ogrzewanych, wobec tego gdy zależy na szybkim podniesieniu temperatury, ogrzewanie przez promieniowanie staje się najbardziej skutecznym sposobem.

#### a) Suszenie i wypalanie lakierów i farb

Zależnie od rodzaju lakieru lub farby suszenie może polegać na:

1. wyparowaniu rozpuszczalnika,
2. wyparowaniu rozpuszczalnika w połączeniu z utwardzeniem farby.

Przykładem lakierów pierwszego rodzaju może być lakier nitrocelulozowy, składający się z nitrocelulozy, barwnika i rozpuszczalnika. W tym przypadku suszenie nie wymaga szybkiego ogrzewania ani wysokiej tem-

peratury, i zazwyczaj odbywa się na powietrzu lub w suszarce, drogą unoszenia ciepła. Często jednak może okazać się korzystnym zastosowaniem do suszenia promieni podczerwonych.

Farby i lakiery drugiego rodzaju znane są u nas pod nazwą *lakierów piecowych* lub *emalii* i są oparte na żywicach naturalnych lub syntetycznych. W skład ich wchodzi (1):

- a) olej „schnący”,<sup>1)</sup>
- b) rozpuszczalna w oleju żywica syntetyczna, modyfikowana olejem schnącym lub naturalna,
- c) przyspieszacz, inaczej sykatywa,
- d) rozcieńczalnik,
- e) plastyfikator,
- f) barwidło.

Przy tym w farbie lub lakierze mogą być obecne wszystkie z wymienionych składników lub tylko niektóre.

Dla nadania farbie żądanej płynności, ułatwiającej malowanie, dodawane są tzw. *rozcieńczalniki* jak np. benzyna, węglowodory aromatyczne, alkohole, estery, aceton, terpentyna i inne. Ilość i skład rozcieńczalnika ma wpływ na szybkość schnięcia farby. Szybkie ogrzewanie zachodzące przy zastosowaniu promieni podczerwonych wymaga starannego doboru ilości i rodzaju rozcieńczalnika. Szybko parujące rozcieńczalniki mogą powodować tworzenie się pęcherzy i porowatości powłoki i jej pęcznienie. Zbyt wolno parujący rozcieńczalnik nie zdąży ulotnić się z farby przez krótki czas suszenia pod promieniowaniem podczerwonym.

Niewłaściwy skład rozpuszczalnika lub za krótki czas suszenia mogą spowodować niecałkowitą polimeryzację — powłoka wtedy jest sucha na powierzchni, lecz łatwo daje się zeszkrobać paznokciem — dalsze twardnienie takiej powłoki zachodzi w ciągu długiego czasu na skutek utleniania.

Dla nadania powłoce pewnej elastyczności po jej wysuszeniu dodawane są do farb i lakierów tzw. *plastyfikatory*; są to związki organiczne o wysokiej temperaturze wrzenia jak na przykład fosforan trójkretylu i dwubutyloftalan. Żądane zabarwienie farby lub lakieru otrzymuje się przez dodanie tzw. *barwidła*; są to naturalne substancje mineralne lub związki syntetyczne nieorganiczne i organiczne. Niektóre z nich jak np. dwutlenek tytanu, nie wywierają znacznego wpływu na proces twardnienia, inne natomiast jak np., tlenek cynku biorą w nim czynny udział.

Barwa lakieru lub farby wywiera wpływ na przebieg suszenia w promieniach podczerwonych (patrz. dalej). Farby o jasnym zabarwieniu, a zwłaszcza białe mogą przy tym ulegać ściemnieniu.

<sup>1)</sup> Olej „schnący” jest to olej roślinny, który posiada zdolność twardnienia (wysychania) na skutek polimeryzacji lub utleniania; najczęściej oba te procesy występują jednocześnie.

Procesy te mogą przebiegać w temperaturach normalnej lub podwyższonej, jednak podwyższona temperatura znacznie przyspiesza bieg polimeryzacji, natomiast ma stosunkowo mały wpływ na przebieg utleniania. Zastosowanie promieni podczerwonych powoduje szybkie ogrzewanie wybitnie sprzyjające polimeryzacji.

Jako olej „schnący” najczęściej jest stosowany olej lina-ny z domieszką oleju tungowego lub odwodnionego oleju rycynowego. Oleje te są zazwyczaj gotowane przed użyciem, aby wywołać wstępną polimeryzację, co ma na celu przyspieszenie „wysychania” i polepszenie trwałości powłoki.

Niektóre syntetyczne żywice jak mocznikowe, formaldehydowe i gliceroftalowe, a w mniejszym stopniu fenolfomaldehydowe, ulegają bardzo szybkiej polimeryzacji w podwyższonej temperaturze. Ta własność czyni je specjalnie przydatnymi do wyrobu farb suszonych za pomocą promieni podczerwonych. Tworzą one z olejem bardzo trwałe i elastyczne powłoki, przy czym zawartość oleju potrzebna do utworzenia powłoki jest znacznie mniejsza niż w przypadku zastosowania żywicy naturalnych a czas wysychania krótszy.

W celu przyspieszenia procesu twardnienia oleju są dodawane do niego przyspieszacze tzw. sykatywy; są to organiczne sole metali (mydła) jak np. linolejan ołowiu lub manganu, które prawdopodobnie działają katalitycznie.

Gotowany olej schnący z dodatkiem sykatywy nosi nazwę *pokośtu*.

Proces suszenia tego rodzaju farb polega nie tyle na odparowaniu rozpuszczalnika ile na polimeryzacji żywic i olejów, zachodzącej pod wpływem ogrzania i utlenienia, a powodującym stwardnienia powłoki. Wymaga to doprowadzenia znacznych ilości ciepła i stosowania wyższych temperatur.

Temperatura „wypalania“ wynosi zwykle od 120 do 200°C. Ogrzanie wsadu pieca do tej temperatury wymaga stosunkowo znacznych ilości ciepła zwłaszcza, gdy masa przedmiotów lakierowanych jest wielka i gdy ich ścianki posiadają znaczną grubość.

Przeprowadzenie zabiegu „wypalania“ w zwykłym piecu do suszenia, pracującym na zasadzie unoszenia ciepła, wymaga bardzo długiego czasu. Przedmioty o większym przekroju powinny pozostać w piecu przez 2—3 godz., a przedmioty cienkościennie 1—1,5 godziny.

Zastosowanie ogrzewania przez promieniowanie znacznie przyspiesza ogrzanie warstwy lakieru do żądanej temperatury i skraca proces twarzenia. W wyniku czas wypalania redukuje się do 6÷10 minut, a w niektórych przypadkach do kilkudziesięciu sekund. Tak szybkie zestalenie lakieru następuje głównie na skutek polimeryzacji, a nie utleniania, co wybitnie wpływa na zwiększenie trwałości niektórych powłok

Aby wypalanie lakierów za pomocą promieniowania podczerwonego było najbardziej skuteczne — skład chemiczny lakieru i jego własności fizyczne powinny być tak dobrane, aby były one dostosowane do charakterystycznych cech tego procesu.

Dość znaczny wpływ na przebieg suszenia lakierów i farb ma ich zabarwienie, ponieważ zdolność absorcyjna zależy od zabarwienia i jest największa dla czarnej i najmniejsza dla białej barwy. Czas suszenia lakierów czarnych jest blisko dwukrotnie mniejszy niż dla lakierów białych (przy użyciu żarówek). Ilość energii potrzebnej do wysuszenia, również zależy od zabarwienia farby. Największej ilości energii wymaga farba biała — najmniejszej farba czarna. Poza tym zdolność odbijania promieni podczerwonych przez lakiery zależy poza ich zabarwieniem i od długości fali, mianowicie na ogół maleje ona ze wzrostem długości fali. Najbardziej korzystny zakres długości fal do suszenia lakierów leży w zakresie od 9000 do 15 000 Å, zwłaszcza dla lakierów o ciemnym zabarwieniu.

Zapotrzebowanie energii do suszenia w normalnych warunkach produkcyjnych najczęściej leży w granicach od 40 do 60 W/dm<sup>2</sup>, w zależności od rodzaju i barwy lakieru.

Znaczną rolę w procesie suszenia lakierów odgrywa otaczające powietrze; obecność jego jest niezbędna do usunięcia pary rozpuszczalnika. W tym celu stosuje się w piecach do suszenia lakierów stały przepływ powietrza, tak regulowany, ażeby otrzymać najbardziej korzystne warunki przenoszenia ciepła w połączeniu z należytym odprowadzaniem pary rozpuszczalnika, to znaczy, że wpływ powietrza na zewnątrz powinien być możliwie najmniejszy a jednak dostateczny do usunięcia pary rozpuszczalnika, a temperatura powietrza możliwie wysoka.

Niektóre lakiery (tzw. lakiery krystaliczne) wymagają obecności gazów spalinowych podczas suszenia. W takim przypadku do komory suszącej powinna być doprowadzona wraz z powietrzem potrzebna ilość spalin gazowych wytwarzanych za pomocą palnika.

## b) Suszenie jarzyn, owoców, zboża i innych artykułów spożywczych, wyrobów ceramicznych, rdzeni i form odlewniczych itp.

Suszenie artykułów tego rodzaju polega na całkowitym lub częściowym usunięciu zawartej w nich wody lub wody zwilżającej.

Aby suszenie odbywało się w sposób skuteczny powinny być zachowane następujące 3 warunki:

1. temperatura materiału suszonego powinna być podniesiona do wysokości pozwalającej na szybkie usunięcie zawartej w nim wody przez parowanie.

2. wytworzona w ten sposób para powinna być szybko usunięta z komory suszącej przez dostateczną ilość powietrza przepływającego z dostateczną szybkością pomiędzy przedmiotami podlegającymi suszeniu.

3. temperatura powietrza unoszącego parę wodną powinna być utrzymana na odpowiedniej wysokości, uniemożliwiającej skraplanie się tej pary. Zdolność wody do pochłaniania promieni cieplnych w zakresie fal podczerwonych jest znaczna, wobec czego szybkie osiągnięcie żądanej temperatury przy ogrzewaniu za pomocą promieniowania podczerwonego jest łatwo osiągalne.

Korzystną cechą promieni podczerwonych w zastosowaniu do suszenia jest ich przenikliwość (na głębokość 1 mm przenika ok. 15% ciepła, gdy przy suszeniu w ogrzonym powietrzu przenika na tę samą głębokość zaledwie 1÷3% ciepła).

Najbardziej korzystny zakres długości fal promieniowania podczerwonego do celów suszenia wymienionych produktów leży w zakresie od 10 000 do 20 000 Å.

Artykuły spożywcze jak owoce, jarzyny, pasza, zboże, chleb, kawa, kakao, kazeina itd. doskonale nadają się do suszenia za pomocą promieni podczerwonych.

Jak wykazały badania (4) wartość odżywcza artykułów spożywczych ulega przy tym tylko nieznacznemu pogorszeniu, a mianowicie: witamina C ulega zniszczeniu tylko w bardzo nieznacznym stopniu; witamina B<sub>1</sub> — traci od 9—23% swych własności, a witamina B<sub>2</sub> — pozostaje bez zmiany.

Wysuszone jarzyny powinny zachować zdolność do ponownego pochłaniania wody przy gotowaniu, co jest zapewnione przy suszeniu promieniami podczerwonymi.

Zboże wysuszone w promieniach podczerwonych nie traci zdolności do kiełkowania.

Suszenie materiałów pochodzenia nieorganicznego jak np. materiałów ceramicznych, rdzeni i form odlewniczych za pomocą promieni podczerwonych w wielu przypadkach może okazać się ekonomiczne. Jako ilustrację skuteczności suszenia za pomocą promieni podczerwonych można przytoczyć (5) następujący przykład.

Cylindry ceramiczne o średnicy 20 mm i długości 15 mm wymagają pół godziny do osuszenia w promieniach podczerwonych, w porównaniu do 5 godzin potrzebnych do ich osuszenia w zwykłej suszarce, działającej na zasadzie unoszenia ciepła.

Czas suszenia rdzeni odlewniczych wynosi 10—15 minut. Poza tym promienie podczerwone mogą być użyte do podsuszenia form odlewniczych nie wyłączając form o znacznych wymiarach. Czas podsuszenia form dla odlewów o ciężarze 3—4 ton wynosi od 1,5 do 3 godzin (6). Suszenie odbywa się zazwyczaj w lampowych piecach tunelowych. Rdzenie o bardziej złożonym kształcie są przepuszczane przez piec dwukrotnie.

Poza wymienionymi materiałami suszenie za pomocą promieni podczerwonych znajduje zastosowanie

do materiałów włóknistych jak tkaniny, przędza, papier, druki, wyroby papierowe, skóra i wiele innych.

Biorąc pod uwagę nieraz bardzo skomplikowane zjawiska uboczne towarzyszące procesowi suszenia należy przed zastosowaniem promieniowania podczerwonego do procesu suszenia, przeprowadzonego dotąd na innej drodze, szczegółowo zanalizować te zjawiska i przeprowadzić próbne suszenie za pomocą promieniowania.

**c) Ogrzewanie niektórych materiałów do przeróbki plastycznej** jak np. arkuszy czy prętów żywic sztucznych, dających się formować na gorąco.

W tym przypadku długość fali promieni ciepłych powinna być dobrana w zależności od rodzaju materiału ogrzewanego w taki sposób, aby odpowiadała ona największej zdolności materiału do pochłaniania ciepła.

Np. dla żywic metakrylowych (plastyczne szkło) najbardziej odpowiednio długości fal leżą w zakresie  $30\ 000 \div 40\ 000 \text{ \AA}$ .

W zasadzie metoda ogrzewania za pomocą promieniowania może być zastosowana do każdego przypadku, gdy zależy na szybkim ogrzaniu tego lub innego materiału do temperatury nie przekraczającej  $600^\circ$ . Ograniczenie temperatury wynika z trudności konstrukcyjnych w budowie źródeł promieniowania energii.

### III. ŹRÓDŁA PROMIENIOWANIA

Każde ogrzane ciało jest źródłem promieniującej energii, aby jednak promieniowanie było skuteczne i tzn. aby ilość energii wypromieniowanej z jednostki powierzchni na jednostkę czasu była dostatecznie wielka, ciało promieniujące powinno posiadać dostatecznie wysoką temperaturę, wysoką zdolność emisyjną i promieniować fale o długości określonej.

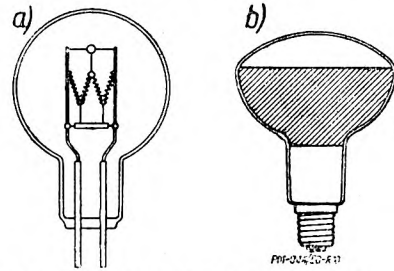
#### a) Żarówki elektryczne

Pierwszym przyrządem używanym do ogrzewania za pomocą promieni podczerwonych były *żarówki elektryczne* z włóknem węglowym. Są one bardzo skutecznym źródłem promieniowania ciepłego, lecz osadzanie się węgla na wewnętrznej powierzchni gruszki szybko niweczy ich skuteczność. Bardziej odpowiednim źródłem promieniowania są żarówki z włóknem wolframowym.

Nowoczesne żarówki używane do celów ogrzewania pracują przy temperaturze włókna niższej o około  $500^\circ\text{K}$  niż żarówki oświetleniowe, co przedłuża czas ich używalności do 10 000 godzin i umożliwia uzyskanie emisji na najbardziej korzystnej dla wielu przypadków długości fali (od 9 do 12 000  $\text{\AA}$ ). Żarówki tego rodzaju są bardzo podobne do żarówek oświetleniowych z tym, że posiadają oprawki specjalnie przystosowane do wytrzymywania wyższej temperatury, co osiąga się bądź przez zastąpienie cementu wiążącego szkło z oprawką — zaciskiem mechanicznym, bądź przez zastąpienie zwykłej oprawki parą grubych prętów z platynitu, wtopionych w szkło i służących do doprowadzenia prądu (rys. 10a).

Górną granicą zakresu temperatur otoczenia dla promienników lampowych jest odporność na wysokie temperatury połączenia cokołu ze szkłem żarówki, która nie przekracza  $200^\circ\text{C}$ .

Inną odmianą jest *żarówka-reflektor*, której dolna część zostaje powleczone od wewnątrz glinem (rys. 10b); są one obecnie produkowane przez nasz przemysł elektrotechniczny pod nazwą promienników podczerwonych.



Rys. 10. Żarówki elektryczne promieniujące promienie podczerwone.

ni typ PC 250-12 dla napięcia 220 V i mocy 250 W. Średnica gruszki wynosi 125 mm, a całkowita długość żarówki ok. 160 mm. Tablica II podaje charakterystykę promienników różnego wyrobu.

TABLICA II. Promienniki podczerwieni.

Wyrób	Temperatura włókna °K	Maksymalna emisja na fali o długości $\text{\AA}$	Trwałość godz.
Radziecki	2200	12000	5000
Philips	2200	12000	5000
Philips Infraphil	2800	9000	1000
General Electric Co	2400	11000	5000
I. 13 (polski)	2200	12000	5000

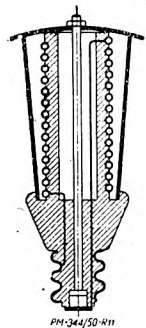
Dalszą ewolucją tej żarówki jest zespół składający się z włókna żarzącego, reflektora i soczewki koncentrującej promienie ciepłe, zbudowany jako całość. Zespół taki promieniuje blisko 90% energii otrzymanej w postaci fal ciepłych podczerwonych głównie o długości od 7000 do 15 000  $\text{\AA}$ .

#### b) Promienniki nieświecące

Promiennik tego typu składa się z elementu grzejącego w postaci spirali z drutu ognioodpornego, zalanej całkowicie ognioodporną masą ceramiczną względnie zamkniętej w osłonie metalowej (rys. 11). Dla ułatwienia montowania i wymiany, promiennik posiada oprawkę z gwintem podobnie jak żarówki oświetleniowe.

Promienniki nieświecące budowane są dla mocy 700 W i są zdolne do promieniowania fal o długości 26 000 do 60 000  $\text{\AA}$ , co odpowiada temperaturze od 900 do  $350^\circ\text{C}$ . W porównaniu do lamp żarowych opisanych wyżej, promienniki nieświecące posiadają następujące zalety:

- są znacznie mniej wrażliwe na wysoką temperaturę otoczenia i dlatego mogą pracować w temperaturze wyższej niż promienniki lampowe;
- nieobecność szklanej powłoki zmniejsza straty energii, a poza tym daje możliwość promieniowania o dłuższej fali (szkło pochłania promienie podczerwone o dłuższych falach), co



Rys. 11. Promiennik nieświecący do promieniowania podczerwonego

wpływa korzystnie na złagodzenie różnic w zdolności do pochłaniania ciepła przez powierzchnie o różnych barwach.

3. grzejnik daje większą gęstość wypromieniowanej energii w porównaniu do 250 i 500 watowych lamp. Dzięki temu grzejniki nieświecące są doskonałym źródłem energii wypromieniowanej w tych przypadkach, gdy wymiary przedmiotów i grubość przekroju wymagają wielkich ilości ciepła celem szybkiego podniesienia temperatury dożądanego poziomu.

Żarówki nieposiadające wbudowanego reflektora (rys. 10a) i grzejniki nieświecące zostają zazwyczaj wyposażone w reflektory; zwiększa to intensywność i równomierność ogrzewania oraz podnosi sprawność urządzenia.

Pierwotnie stosowano płaskie paraboliczne reflektory: najbardziej odpowiadały one nieskupionym włóknom świecącym dawniej używanych żarówek. Odległość żarówki od przedmiotu ogrzewanego wynosiła ok. 600 mm. Ukazanie się żarówek o skupionym włóknie umożliwiło zastosowanie reflektorów głębokich, co pozwoliło na zmniejszenie odległości pomiędzy żarówką a przedmiotem ogrzewanym do ok. 150 mm i tym samym zwiększenie skuteczności ogrzewania. Poza reflektorami o rzucie okrągłym stosuje się reflektory w kształcie piramidy lub reflektory w kształcie korytka profilowego mieszczącego po kilka żarówek.

Przy wyborze materiału na reflektory należy brać pod uwagę dwa błędy:

1. zdolność materiału do odbijania promieni ciepłych; pod tym kątem widzenia mogą być brane pod uwagę następujące metale odbijające 90÷80% promieni ciepłych i uszeregowane w kierunku zmniejszania się tej zdolności: srebro, glin anodowany, złoto, rod, chrom;

2. zdolność do utleniania się powierzchni niektórych metali powoduje częściową utratę zdolności odbijania promieni ciepłych oraz wymaga częstego czyszczenia powierzchni reflektora.

Jak wynika z powyższego srebro należy uznać za materiał mało nadający się na reflektory. Wprawdzie posiada ono najwyższą zdolność odbicia, lecz szybko czernieje i w danych warunkach pracy nie daje się skutecznie zabezpieczyć przed działaniem chemicznym atmosfery.

Glin po wypolerowaniu elektrolitycznym i wytworzeniu na jego powierzchni ochronnej warstwy tlenków, za pomocą utleniania anodowego tzw. anodowania, wydaje się najbardziej praktycznym materiałem na reflektory: posiada on bardzo wysoką zdolność odbicia a powłoka ochronna umożliwia zatrzymanie tej zdolności prawie bez zmiany przez setki godzin pracy. Zastosowanie reflektorów glinowych ogranicza temperatura panująca w pobliżu reflektora, nie może ona być wyższa od tej przy której glin staje się zbyt plastyczny.

Złoto posiada wysoką zdolność do odbijania promieni podczerwonych i nie ulega wpływom atmosferycznym. Przy wyrobieniu reflektorów złoto zostaje nałożone galwanicznie na podłoże z mosiądzu, stali lub miedzi; powłoka powinna być dostatecznie gruba, aby mogła służyć przez czas dłuższy, co oczywiście podraża koszt takich reflektorów.

Rod przy dostatecznie wysokiej zdolności odbicia, zupełnie nie ulega wpływom atmosferycznym, lecz jest bardzo drogi. Zazwyczaj używa się go w postaci bardzo cienkiej powłoki, nałożonej galwanicznie na bardzo starannie wypolerowane srebro, nikiel, miedź lub mosiądz.

Chrom posiada stosunkowo najniższą zdolność odbicia promieni podczerwonych, lecz jest tani i odporny na wpływy atmosferyczne. Powłokę z chromu nakłada się galwanicznie na mosiądz, lub stal uprzednio poniklowaną. Reflektory chromowane stosowane są rzadko do ogrzewania na skalę przemysłową.

### c) Promienniki gazowe

Zastosowanie gazu jako źródła ciepła przy ogrzewaniu przez promieniowanie pozwala na osiągnięcie znacznie większej gęstości promieniowania, osiągającej 1200 W na 1 dm<sup>2</sup> powierzchni ogrzewanej.

Należy rozróżnić dwa rodzaje promieniowania ciepła przez gazy:

1. promieniowanie rozżarzonych cząsteczek węgla wchodzących w skład palącego się gazu;
2. promieniowanie gorących gazów, które zachodzi również gdy gazy nie są spalane.

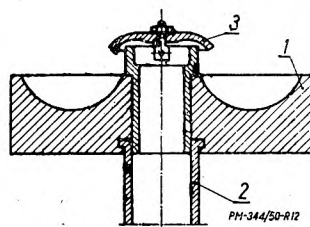
Spśród gazów występujących w procesie spalania paliwa, za gazy zdolne do promieniowania w znaczeniu praktycznym, należy uważać dwutlenek węgla, tlenek węgla, parę wodną i węglowodory. Wodór, tlen i azot natomiast są gazami prawie niepromieniującymi.

Np. większa część ciepła wytworzona przez nieświecący płomień palnika gazowego jest wypromieniowana dzięki obecności CO<sub>2</sub> powstającego przy spalaniu gazu świetlnego. Znacznie lepsze wykorzystanie ciepła spalonego może być uzyskane przez ogrzanie materiału ceramicznego do temperatury zapewniającej otrzymanie emisji o żądanej długości fali.

W praktyce temperatura uzyskiwana za pomocą promienników gazowych leży w granicach od 900 do 1300°C.

Jednym ze sposobów zastosowania gazu do ogrzewania przez promieniowanie jest spalanie mieszanki gazu palnego (np. świetlnego) z powietrzem na powierzchni porowatej ogniotrwałej płyty ceramicznej, która po nagraniu staje się źródłem promieniowania.

Drugim sposobem jest stosowanie palników gazowych typu odwróconego. Palnik taki (rys. 13)



Rys. 12. Palnik gazowy odwrócony.

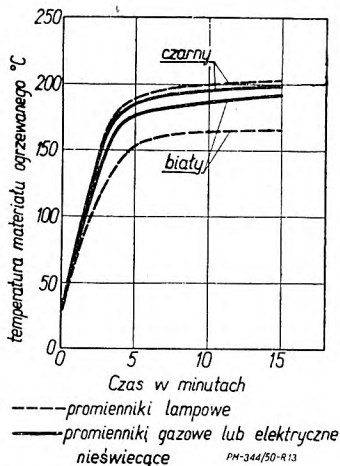
składa się z tarczy 1, z materiału ceramicznego ognioodpornego rury 2 doprowadzającej mieszankę gazowo-powietrzną oraz kierownicy 3, kierującej mieszankę do pierścieniowego kanału na płycie 1, w którym odbywa się spalanie. Temperatura płyty 1, będącej źródłem promieniowania wynosi ok. 1250°C. W palnikach innego typu gaz ogrzewa płytkę do temperatury około 900°C. W tym przypadku temperatura jest ograniczona stopniem odporności płytki na wysokie temperatury.

Jako źródła promieniowania używa się również płyt ogrzewanych gazem. Wymiary płyt są od 60×20 cm do 180×90 cm. Temperatura płyt może być utrzymywana w granicach 350÷1000°C i jest dobierana tak, aby płyta emitowała fale najbardziej pochłaniane przez przedmiot suszony, co zapewnia największą ekonomię procesu. Każde ciało suszone pochłania najbardziej pewien zakres fal. Celem wytworzenia tych fal, zgodnie z prawem *Wiena*, trzeba odpowiednio dobrać temperaturę płyty promieniującej. Np. do suszenia wyrobów włókienniczych stosuje się płyty żarzone do 400°C.

Zastosowanie gazu do ogrzewania za pomocą ciepła wypromieniowanego posiada wiele zalet: jest mniej kosztowne niż ogrzewanie prądem elektrycznym, tak ze względu na tańszą konstrukcję jak i niższe koszty ruchu, głównie na skutek tania paliwa i nieobecności reflektorów, które szybko zanieczyszczają się i obniżają sprawność cieplną instalacji elektrycznej. Intensywność ogrzewania może być łatwo regulowana przez zmianę dopływu gazu. Poza tym zastosowanie większej gęstości promieniowania znacznie



mniej zmniejsza różnicę w zdolności do pochłaniania promieni ciepłych pomiędzy powierzchniami o różnym zabarwieniu.



Rys. 13. Zależność szybkości ogrzewania od rodzaju ogrzewania i barwy lakieru powlekającego powierzchnię (wg Nilsona i Silmana).

Rys. 13 podaje zależność szybkości ogrzania płyt metalowych pomalowanych na czarno i na biało od rodzaju źródła energii wypromieniowanej.

#### IV. PIECE DO OGRZEWANIA ZA POMOCĄ PROMIENIOWANIA

Piece używane obecnie do ogrzewania za pomocą ciepła wypromieniowanego można podzielić na:

- piece przenośne ramowe,
- piece stałe zamknięte,
- piece tunelowe o ruchu ciągłym.

Piece przenośne mimo, że należą do najstarszych pod względem konstrukcji, są w niektórych przypadkach jeszcze używane. Piec taki składa się z ramy, na której zamocowane są w szeregach poziomych i pionowych żarówki z reflektorami. Piec tego rodzaju służy do ogrzewania tylko z jednej strony. Dla dwustronnego ogrzewania stosuje się 2 piece ramowe zsunięte w taki sposób, aby pomiędzy nimi mogły zmieścić się przedmioty ogrzewane.

Wady:

- duże straty ciepłe przez unoszenie — powietrze unosi ciepło;
- część promieni nie pada na przedmiot ogrzewany, co pociąga za sobą straty energii wypromieniowanej;
- temperatura powietrza otaczającego przedmioty ogrzewane jest na ogół niska, co przedłuża czas przebywania w piecu;
- nie nadają się do ogrzewania przedmiotów wielostronnych — raczej tylko do blach.

Piece stałe budowane są w kształcie skrzyń zamkniętych o podwójnych ścianach. Lampy są umieszczone w taki sposób, aby promienie padały możliwie prostopadle na powierzchnię przedmiotów ogrzewanych.

W komorze pieca jest utrzymywana stała cyrkulacja powietrza o określonej temperaturze odpowiadającej celowi ogrzewania. Zazwyczaj powietrze wprowadzane jest pomiędzy ścianki pieca, gdzie przepływając chłodzi oprawki lamp i ogrzewa się, następnie wchodzi do komory grzejnej. Stąd powietrze opuszcza komorę uchodząc na zewnątrz i unosząc za sobą pary powstające przy suszeniu.

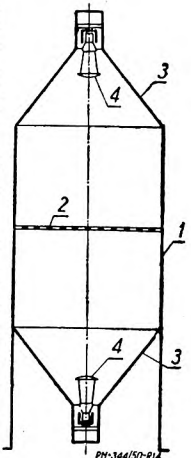
Rys. 14 wyobraża najprostszy typ pieca stałego

(zamkniętego) ogrzewanego za pomocą grzejników nieświecących. Piec taki składa się z komory blaszanej 1, w której umieszczony jest ruszt 2; na ruszcie tym umieszcza się przedmioty suszone. W dolnej i górnej części komory 1 umieszczone są reflektory 3 mające kształt ostrosłupa z wbudowanymi w nich grzejnikami nieświecącymi 4 lub żarówkami.

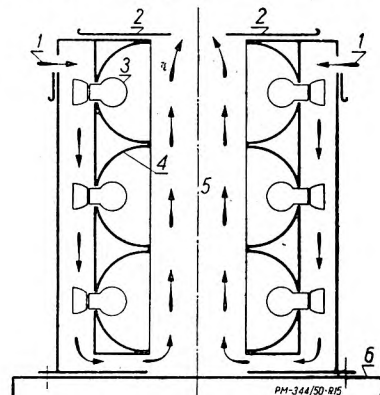
Na rys. 15 pokazany jest schemat komory pieca zamkniętego, ogrzewanego szeregami lamp żarowych.

Piece typu zamkniętego nie posiadają wad pieców ramowych i są znacznie od nich ekonomiczniejsze.

Piec o ruchu ciągłym pokazany na rys. 16 składa się z zewnętrznej komory 1, wbudowanej do niej wewnętrznej komory cyrkulacyjnej 2, zaopatrzonej w otwory dla lamp 3 i dla przepływu powietrza 4. Przedmioty suszone 5 przesuwają się przez komorę pieca na przenośniku taśmowym 6. Komora grzewcza pieca (tunel) zaopatrzona jest z obu stron w drzwi uchylne 7 i 8. Wentylator 9 tłoczy powietrze do przestrzeni pomiędzy komorą zewnętrzną 1 a komorą cyrkulacyjną 2. Zimne powietrze przepływa dookoła oprawek lamp 10, ogrzewa się i przez otwory 4

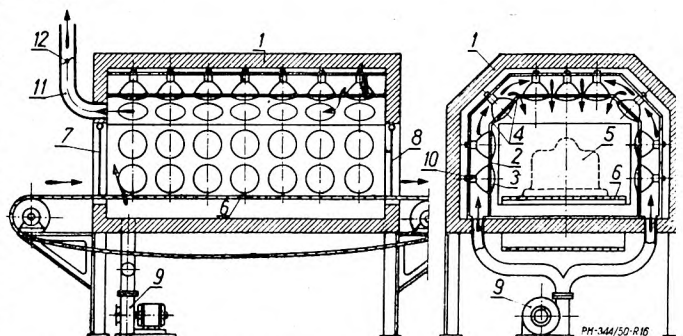


Rys. 14. Piec do suszenia z grzejnikami nieświecącymi.



Rys. 15. Schemat pieca ogrzewanego lampami; 1 — wlot powietrza, 2 — zasuwki regulujące wylot powietrza, 3 — lampy, 4 — reflektory, 5 — przestrzeń grzejna, 6 — podstawa pieca (wg L. Lucas Ltd).

wchodzi do komory 2, opływa przedmioty suszone, zabiera pary rozpuszczalnika względnie wody i wychodzi na zewnątrz przez rurę wylotową 1, zaopatrzoną w przesłonę 12, służącą do regulowania przepływu powietrza.



Rys. 16. Piec tunelowy o ruchu ciągłym z żarówkami promieniującymi i przymusowym przepływem powietrza.

Zastosowanie pieców o ruchu ciągłym pozwala na stworzenie jednorodnych warunków przebiegu procesu dla każdego z przedmiotów ogrzewanych, co przyczynia się do podniesienia jakości wyrobu, daje lepsze wykorzystanie ciepła oraz obniża koszty własne.

Opisane metody zastosowania promieniowania do ogrzewania są stosunkowo nowe. Nie ulega wątpliwości, że z czasem będą one udoskonalone technicznie, a zakres ich stosowania zostanie znacznie rozszerzony.

#### ZRÓDŁA I LITERATURA

1. S. H. Nelson i H. Silman „The Application of Radiant Heat to Metal Finishing“ London 1946 r.
2. Ministry of Fuel and Power „The Efficient use of Fuel“ London 1944 r.
3. W. Trinks „Industrial Furnaces“, New York. I. Wiley and Sons.

4. Dr E. Finzi „L'essiccatione delle sustaze alimentari per mezzo delle radiazioni infrarosse — Alimenti“, styczeń 1949 r. Nr 1.
5. F. L. Athin — „Gas Times“, September 16 — 1944 (wg Nelsona).
6. Inż. J. Piaskowski „Suszarnictwo w Odlewni“ — Przegląd Mechaniczny Nr 7—8—9/49 r.
7. S. P. Hall — „Industrial Application of infrared“. New York—London. 1947 r.
8. W. P. Linczewski — „Nagrywatielnyje pieczi“. Metallurgizdat 1948 r.
9. W. N. Sokolow „Isseledownaje nagriewa kuzniecnych zagotowok“ Nagriew stali i pieczi. Masgiz 1949 r.
10. R. Ustynowicz „Przegląd Elektrotechniczny“ 7/8, 312, 1950.
11. St. Pieńkowski „Fizyka doświadczalna“, Tom II, III.
12. Cz. Białobrzęski „Teoria elektronów, promieniowanie, teoria kwantów“. Warszawa — 1927 r.
13. W. H. Adams „Heats Transmission“. New York — 1942 r.
14. R. B. Leighon. „Chemistry of Engineering Materials“. New York 1942 r.
15. G. W. C. Kaye i T. H. Laby — „Tables of Physical and Chemical Constants“, London — 1948 r.

# Nagrzewanie prądami wysokiej częstotliwości (indukcyjne) materiałów do kucia foremnikowego

## I. Wstęp

Wytwarzanie ciepła przy pomocy zmiennego pola magnetycznego jest od dawna znane. Jednak dopiero w okresie drugiej wojny światowej, wobec konieczności szybkiej i ekonomicznej produkcji, zostały wykonane urządzenia indukcyjne służące do spawania, lutowania, hartowania i topienia metali oraz nagrzewania materiałów do kucia.

Działanie ciepłe indukowanych prądów wirowych umożliwia nagrzewanie do żądanych temperatur materiałów do kucia foremnikowego o różnym kształcie, zarówno w szerz jak i w głąb. Główną korzyścią wynikającą z nagrzewania indukcyjnego jest wielokrotne skrócenie czasu nagrzewania w stosunku do innych metod. Nagrzewanie indukcyjne rygli ze stali węglowej o średnicy 100 mm trwa ok. 5 min, gdy natomiast nagrzewanie w piecu gazowym 1,5 godz. Skrócenie czasu nagrzewania łączy się z 3—4 krotnym zmniejszeniem strat na zgorzelinę, co z kolei dwukrotnie przedłuża okres użytkowania foremników oraz pozwala na zmniejszenie naddatków na dalszą obróbkę.

Obecna technika nagrzewania indukcyjnego umożliwia automatyzację procesu przygotowania materiału do kucia, jednolitość i należytą jakość wyrobu oraz pozwala na zmniejszenie o 50% powierzchni kuźni, dzięki krótszym czasom nagrzewania i mniejszym powierzchniom zajmowanym przez urządzenia i ich wyposażenie.

Urządzenia do grzania indukcyjnego rozgrzewają się znacznie szybciej od innych pieców, a więc odpadają wielogodzinne straty czasu na ich przygotowanie do ruchu. Warunki pracy kowala i piecowych stają się korzystniejsze, gdyż urządzenia indukcyjne nie ogrzewają tak otoczenia jak piece gazowe, ropowe itp.

Koszt nagrzewania indukcyjnego w produkcji masowej nie wiele różni się od kosztu przy stosowaniu innych środków; w produkcji jednostkowej i małoseryjnej nagrzewanie indukcyjne może okazać się niekorzystne pod względem ekonomicznym.

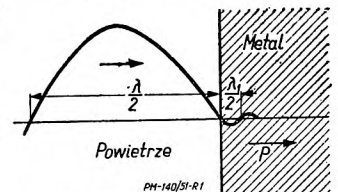
## 2. Teoretyczne podstawy nagrzewania indukcyjnego

Prąd wysokiej częstotliwości przepływając przez przewodnik wytwarza w okół niego zmienne pole magnetyczne. Jeżeli w strefie działania pola magnetycznego przewodnika, umieścić przedmiot metalowy to zostają w nim wzbudzone prądy wirowe. Linie prądów przepływających przez warstwy przewod-

nika leżące bliżej metalowego przedmiotu oraz przez sam przedmiot są w każdym momencie przeciwbieżne i jak gdyby wzajemnie się przyciągają.

W wyniku ciepłego działania prądu następuje nagrzewanie tych stref przedmiotu, w których zostały wzbudzone prądy wirowe.

Sposób przenikania fali elektromagnetycznej w metal przedstawia rys. 1. Połowa długości fali sinusoidalnej (przyjętej do nagrzewania indukcyjnego za pomocą prądu harmonijnie zmiennego) przepływającej przez powietrze z-



Rys. 1. Przenikanie fali elektromagnetycznej w metal (wg W. K. Arkadiewa).

stała oznaczona przez  $\frac{\lambda}{2}$  za św metalu  $\frac{\lambda_1}{2}$ . Zanikanie fali w metalu następuje w stosunkowo cienkiej warstwie powierzchniowej. Przy czym głębokość zanikania zależy od częstotliwości prądu zmiennego; im wyższa częstotliwość tym mniejsze działanie głębokościowe i odwrotnie.

Natężenie pola magnetycznego  $H$  w głąb nagrzewanego przedmiotu zmienia się w czasie według sinusoidy (rys. 2). Zmiany natężenia prądów wirowych w zależności od głębokości przenikania określa wzór:

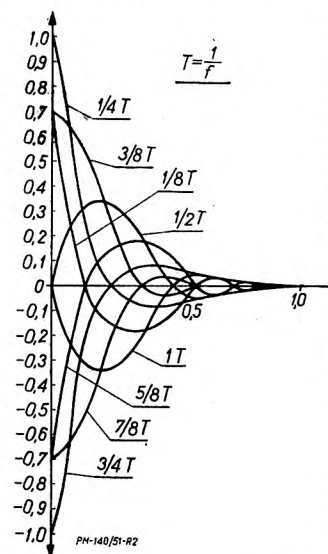
$$I_x = I_0 \cdot e^{-2\pi \sqrt{\frac{\rho}{\mu}} \cdot x}$$

gdzie: [1]

$I_x$  — natężenie prądu na głębokości  $x$  mierzonej od powierzchni,

$I_0$  — natężenie prądu na powierzchni,

$\rho$  — oporność właściwa i przenikalność magnetyczna metalu w danej temperaturze,



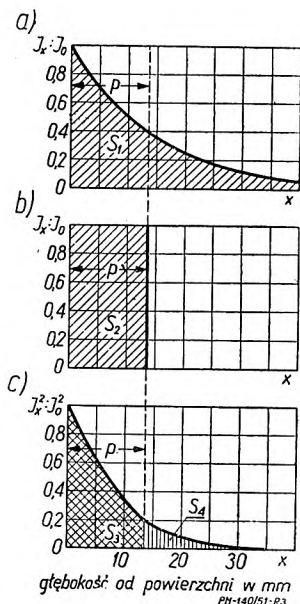
Rys. 2. Zmiany natężenia pola elektrycznego w głąb metalu w ciągu 1/8 okresu (wg W. K. Arkadiewa).

$f$  — częstotliwość prądu w przewodniku,  
 $e$  — podstawa logarytmów naturalnych.

Wykres na rys. 3a przedstawia zależność zmian głębokości  $x$  od stosunku  $I_x : I_0$  przy częstotliwości prądu  $f = 2000$  okr./sek. Zakreskowana na wykresie powierzchnia  $S_1$  charakteryzuje ilość ciepła wywołującego się w metalu.

Stosowanie wzoru [1] nastęrcza w praktyce zseręg trudności. Dlatego też w obliczeniach praktycznych korzysta się z uproszczonej metody obliczania, opartej na szeregu założeń obniżających dokładność wyników, niemniej umożliwiających szybkie wyznaczanie potrzebnych wartości.

Jeżeli założymy, że intensywność prądu indykowanego w głąb metalu zostaje niezmienniona i równa natężeniu prądu  $I_0$  na powierzchni warstwy o grubości  $p$ , wówczas charakter rozkładu prądu można ująć jak na



Rys. 3. Zmiany głębokości  $x$  w funkcji stosunku  $I_x : I_0$  przy częstotliwości  $f = 2000$  okr./sek.

Ze wzrostem temperatury zmieniają się wartości  $\rho$  i  $\mu$ . Oporność właściwa  $\rho$  rośnie wraz z temperaturą i np. dla stali węglowej wartość  $\rho$  w zakresie temperatur od  $20^\circ \div 1100^\circ\text{C}$  rośnie niemal 12-krotnie.

Przenikalność magnetyczna  $\mu$  jest zależna w dużej mierze od natężenia pola magnetycznego oraz od składu chemicznego i struktury stali. Dla stali węglowej w temperaturze przemiany magnetycznej (punkt Curie) wartość  $\mu$  szybko spada od wartości początkowych  $\mu = 50 \div 300$  do jedności i przy dalszym nagrzewaniu praktycznie nie ulega zmianie. Wyjątek stanowią niemagnetyczne stale austenityczne, dla których  $\mu = 1$  i nie jest zależne od temperatury. Dla stali austenitycznych głębokość przenikania rośnie proporcjonalnie do  $\sqrt{\rho}$ .

W wyniku zmian wartości  $\rho$  i  $\mu$  podczas nagrzewania, rośnie głębokość przenikania prądu w głąb metalu. Dla niskostopowej stali w zakresie temperatur  $20^\circ \div 1000^\circ\text{C}$  głębokość ta zwiększa się około 30-krotnie. Wartość jej dla tych stali wyznaczamy posługując się wzorem:

$$p_{20^\circ} \approx \frac{20}{\sqrt{f}} \text{ mm,} \quad \text{i} \quad p_{1100^\circ} \approx \frac{600}{\sqrt{f}} \text{ mm.} \quad [3]$$

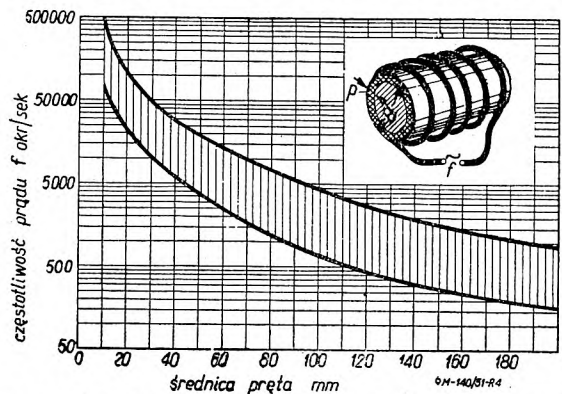
Z wzoru [3] widzimy, że wartość  $p$  jest odwrotnie proporcjonalna do pierwiastka kwadratowego częstotliwości prądu; np. przy zmianie częstotliwości 100-krotnie głębokość przenikania zmienia się tylko 10-krotnie.

Warstwa objęta określeniem głębokości przenikania prądu przekazuje ciepło w kierunku od powierzchni w głąb nagrzewanego metalu. Ta właściwość rozkładu prądów wirowych, indukowanych w metal zwana efektem powierzchniowym czyni je szczególnie przydatnymi do powierzchniowego nagrzewania przedmiotów stalowych, podlegających powierzchniowemu utwardzaniu (hartowaniu).

Dla materiałów okrągłych, nagrzewanych do kucia i matrycowania, należy dobierać stosunek średnicy materiału  $D$  do głębokości przenikania prądu  $p$  według wzoru:

$$\frac{D}{p} \approx (4 + 10). \quad [4]$$

Wykres na rys. 4 podaje zakres pożądanych częstotliwości prądu  $f$  w zależności od średnicy stali niskostopowej, nagrzewanej do kucia i matrycowania.



Rys. 4. Wykres dla orientacyjnego określenia zakresu częstotliwości prądu w zależności od średnicy nagrzewanego pręta ze stali niskostopowej.

Stal nagrzewana za pomocą prądu wyższej częstotliwości od podanej na wykresie ogrzewa się tylko w cienkiej warstwie powierzchniowej, zaś warstwy głębsze ulegają nagrzewaniu tylko dzięki przewodnictwu ciepła. Zatem aby uniknąć przegrzania metalu na powierzchni należy przedłużyć okres nagrzewania. Oczywiście łączy się to ze stratami ciepła przez promieniowanie wynoszącymi w temperaturach kucia ok.  $10 \div 20 \text{ W/cm}^2$ .

Posługiwanie się niższymi częstotliwościami od podanych na wykresie wymaga podwyższenia mocy prądu doprowadzonego na centymetr kwadratowy nagrzewanej powierzchni. Wówczas wzrasta koszt instalacji.

Gwałtowne obniżenie częstotliwości, np. dla  $\frac{D}{p} < 2$

(głębokość przenikania prądu wyższa od promienia pręta nagrzewanego) przedłuża okres nagrzewania stali i tylko część energii elektromagnetycznej jest pochłaniana przez nagrzewany przedmiot.

Optymalną częstotliwość przy nagrzewaniu stali węglowej do kucia o średnicy  $D$  mm możemy wyliczyć ze wzorów:

$$f_{max} \approx \frac{3,6 \cdot 10^7}{D^2} \text{ okr./sek;} \quad [5]$$

$$f_{min} \approx \frac{5,8 \cdot 10^6}{D^2} \text{ okr./sek.} \quad [6]$$

Prądy wysokiej częstotliwości stosowane są również do indukcyjnego nagrzewania metali kolorowych jak aluminium, stopów miedzi itp. Opór właściwy tych

metali jest niższy od oporu właściwego stali, a przenikalność magnetyczna  $\mu = 1$ .

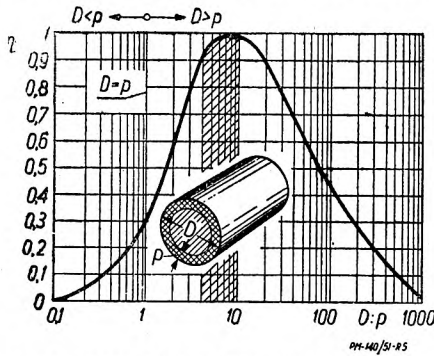
Głębokość przenikania prądu w aluminium w temperaturze kucia wynoszącej ok. 450°C wynosi:

$$p_{al460} \approx \frac{220}{\sqrt{f}} \text{ mm.} \quad [7]$$

Zakres częstotliwości odpowiednich do nagrzewania odkuwek aluminiowych o średnicy  $D$ , stosuje się w granicach:

$$\left. \begin{aligned} f_{max} &\approx \frac{5 \cdot 10^6}{D^2} \text{ okr./sek;} \\ f_{min} &\approx \frac{0,8 \cdot 10^6}{D^2} \text{ okr./sek.} \end{aligned} \right\} [8]$$

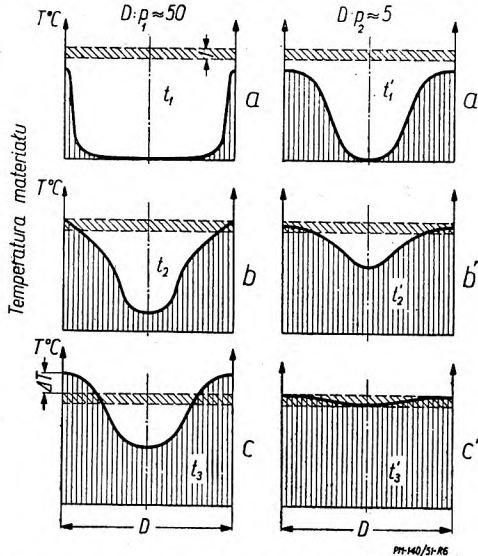
Zmiany sprawności indukcyjnego nagrzewania do kucia w zależności od stosunku  $D : p$  przedstawia wykres na rys. 5, z którego widać, że dla  $p > D$ ,  $\eta$  szybko maleje. Podobnie dzieje się, jeżeli średnica nagrzewanej stali jest 20 i więcej razy większa od głębokości przenikania prądu  $p$ ; energia cieplna wytwa-



Rys. 5. Zmiany sprawności nagrzewania indukcyjnego w zależności od stosunku  $D : p$ .

rza się wówczas tylko w cienkiej warstwie powierzchniowej, ciepło przenosi się w głąb przez przewodnictwo. Aby uzyskać przegrzanie na wskroś należy w tym przypadku wydłużyć okres nagrzewania w wyniku czego rosną szybko straty promieniowania, proporcjonalnie do czwartej potęgi temperatury.

Zakres zalecanych wartości  $D : p$  i odpowiedniego  $\mu$  przedstawia zakreślowana część rysunku.



Rys. 6. Przebieg nagrzewania i rozchodzenia się ciepła przy nagrzewaniu indukcyjnym w zależności od stosunku  $D : p$ .

Na rys. 6 pokazany jest przebieg nagrzewania i rozchodzenia się ciepła w zależności od stosunku  $D : p$ . Przeżranie warstwy powierzchniowej o  $\Delta T$  w przypadku  $t_3$ , dla  $\frac{D}{p} \approx 50$  daje w rdzeniu materiału tem-

peraturę poniżej  $T_{min}$ . Natomiast dla  $\frac{D}{p} \approx 5$  w tym sa-

mym czasie, materiał zostaje nagrany w całym przekroju do temperatury zawartej w granicach niezbędnych do kucia. Przy szybkim nagrzewaniu danej stali, przekroczenie maksymalnej temperatury w granicach 100 ÷ 150° nie wpływa specjalnie na strukturę, gdyż tzw. przegrzanie materiału połączone ze zwiększeniem wielkości kryształów wymaga dłuższego czasu.

Wykres na rys. 7 przedstawia zależność czasu nagrzewania od średnicy materiału dla stali węglowej [1] i stopowej [2].

Straty na promieniowanie z nagrzanej powierzchni rosną proporcjonalnie do czwartej potęgi temperatury i są bardzo znaczne. Z tego względu przy nagrzewaniu do kucia i matrycowania należy dążyć do możliwie najkrótszego cyklu nagrzewania.

Zużycie energii elektrycznej na nagrzanie 1 kg wynosi  $\Delta Q \approx 0,5$  kWh.

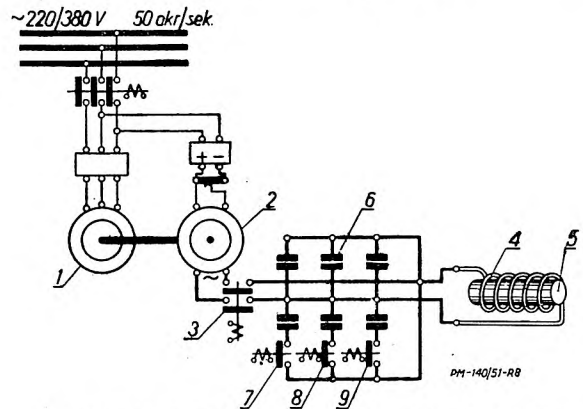
Moc generatora zasilającego możemy w przybliżeniu obliczyć z wzoru:

$$P_{gem} \approx \frac{60 \cdot G \cdot \Delta Q}{t} \text{ kW} \quad [9]$$

gdzie:  $G$  — ciężar odkuwki w kg,  $t$  — czas nagrzewania w min z rys. 7.

### 3. Urządzenia do indukcyjnego nagrzewania w kuźnictwie

Rys. 8 przedstawia schemat urządzenia indukcyjnego do nagrzewania odkuwek, zasilanego za pomocą generatora o napędzie od silnika elektrycznego 1, włączonego do sieci 200/380 V, 50 okr./sek.



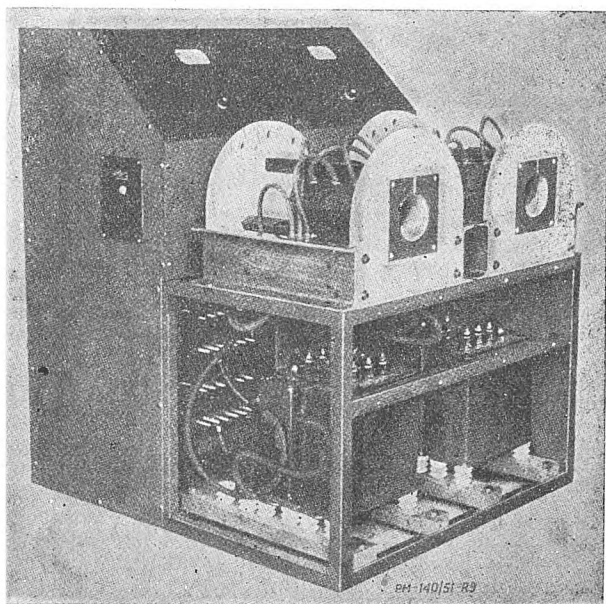
Rys. 8. Schemat urządzenia do nagrzewania indukcyjnego, zasilanego z generatora o napędzie od silnika elektrycznego.

Generator 2 prądu podwyższonej częstotliwości posiada dwa uzwojenia nieruchome na stojanie. Pierwsze, uzwojenie wzbudzenia, połączone z prądnicą prądu stałego względnie

z prostownikiem służy do wytwarzania pola magnetycznego wirnika. Drugie uzwojenie daje prąd o podwyższonej częstotliwości, który przez przełącznik 3 zasilą induktor 4, służący do nagrzewania przedmiotu 5; kondensatory 6 umożliwiają regulację współczynnika mocy ( $\cos \varphi$ ) urządzenia. Są one włączane równolegle do induktora. Wyłącznikami 12 i 13 posługujemy się przy doborze optymalnej pojemności baterii kondensatorów przez włączanie i wyłączanie poszczególnych grup.

Generatory silnikowe wytwarzają prądy o częstotliwości 2000 ÷ 9000 okr./sek. Rys. 9 przedstawia urządzenie zasilane z generatora silnikowego.

Do nagrzewania materiału o małej średnicy i o złożonym kształcie służą g e n e r a t o r y l a m p o w e, wytwarzające prądy o częstotliwości nie mniej jak 100 000 okr./sek, zasilane z sieci o napięciu 220/380 V. Najczęściej są one używane dla mocy 5 ÷ 50 kW.



Rys. 9. Urządzenie do nagrzewania indukcyjnego zasilane z generatora silnikowego.

Należy nadmienić, że sprawność generatorów lampowych, służących do nagrzewania przy kuciu i matrycowaniu wynosi ok. 52% i jest o 15 ÷ 20% niższa od sprawności generatorów silnikowych. Dlatego też w zależności od potrzebnego zakresu częstotliwości, w kuźnictwie należy posługiwać się, gdzie to jest możliwe, generatorami silnikowymi.

Jedną z najważniejszych części urządzenia stanowią induktory nagrzewające; sprawność zależy od ich wymiarów i budowy.

Sprawność ogrzewania maleje ze wzrostem wartości stosunku  $D_w : D_z$  tj. im większa jest wolna przestrzeń między nagrzewanym materiałem a induktorem.

Dla materiału o zewnętrznej średnicy do 50 mm  $\frac{D_w}{D_z} = 2,0 \div 1,8$  i maleje do  $1,4 \div 1,6$  ze wzrostem  $D_z$ .

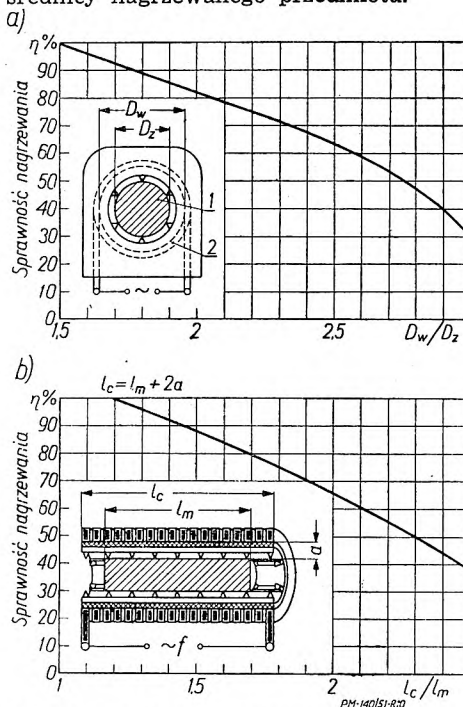
Wykres na rys. 10a podaje zależność współczynnika sprawności  $\eta$  od stosunku  $\frac{D_w}{D_z}$ . Podobny wpływ

na sprawność wywiera stosunek długości induktora  $l_c$  do długości nagrzewanego do kucia materiału  $l_m$ . Zalecaną długość induktora ze względu na długość nagrzewanego materiału określa wzór:

$$l_c = l_m + 2a \quad [10]$$

gdzie:  $a$  — odległość od zewnętrznej powierzchni nagrzewanego materiału do powierzchni induktora.

Wykres na rys. 10b podaje wartości współczynnika sprawności nagrzewania dla różnych wartości  $\frac{l_c}{l_m}$  przy stałej średnicy nagrzewanego przedmiotu.



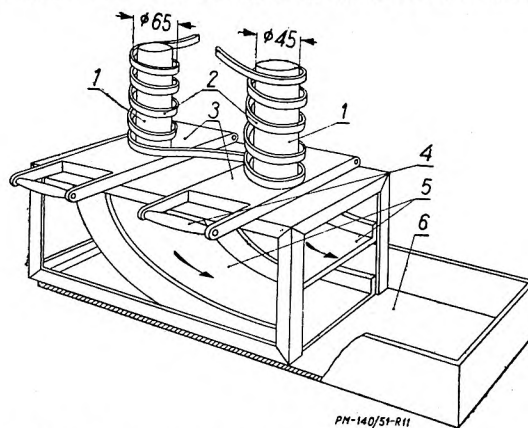
Rys. 10. Współczynnik sprawności  $\eta$  w zależności: a — od stosunku  $D_w : D_z$ , b — od wartości  $l_c : l_m$  przy stałej średnicy nagrzewanego przedmiotu.

W produkcji jednostkowej i małoseryjnej stosowane są induktory częstokroć o niekorzystnym stosunku  $\frac{D_w}{D_z}$ . Ze względu na właściwe ukształtowanie sto-

sunku  $\frac{l_c}{l_m}$  pożądane jest stosowanie induktorów złożonych z kilku sekcji, łączonych ze sobą w zależności od potrzeby.

#### 4. Przyrządy do indukcyjnego nagrzewania materiału do kucia i matrycowania

Konstrukcja przyrządów do indukcyjnego nagrzewania jest zależna od żądanej wydajności oraz od cię-



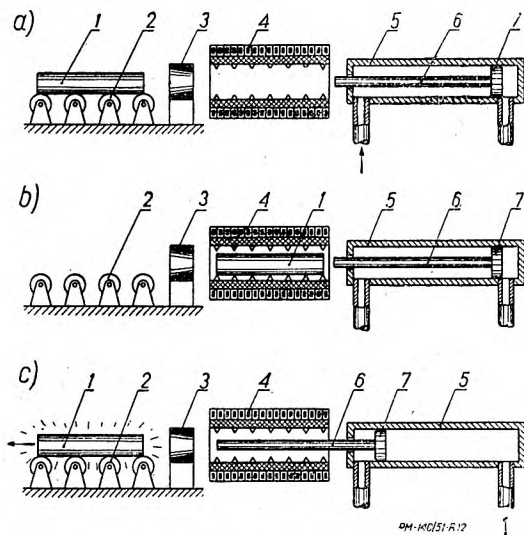
Rys. 11. Schemat urządzenia do nagrzewania indukcyjnego odkuwek o ciężarze 2 — 3 kg w ilości 300 ÷ 500 sztuk na zmianę.

zaru odkuwek. Na rys. 11 pokazany jest przyrząd służący do nagrzewania kawałków stali o ciężarze 2—3 kG w ilości 300 ÷ 500 szt. na 1 zmianę. W przyrządzie nagrzewane są jednocześnie 2 sztuki, przy czym nagrzewanie drugiej sztuki rozpoczyna się w połowie okresu nagrzewania pierwszej. Induktor składa się z dwóch pionowych uzwojeń 2, o średnicy wewnętrznej 65 mm zasilanych prądem wysokiej częstotliwości. Uzwojenia wykonane są z rurek miedzianych o przekroju prostokątnym.

Nagrzewane kawałki 1 niskostopowej stali o średnicy 45 mm spoczywają na podstawie 3 wykonanej z cementu azbestowego. Rurki induktora są owinięte taśmą azbestową, nasyconą szkłem wodnym. Stanowi ona warstwę izolacyjną ze względu na ciepło oraz zabezpiecza rurkę od uderzeń i skażeń.

Po nagraniu podstawka 3 zostaje wysunięta, zaś materiał rynienką 9 zsuwa się do zbiornika 5 umieszczonego tuż przy prasie. Czas nagrzewania  $t_m \approx 3$  min przy zużyciu ok. 6,25 kWh na 1 kG stali i przy pobieranej z sieci mocy wynoszącej ok. 45 kW,

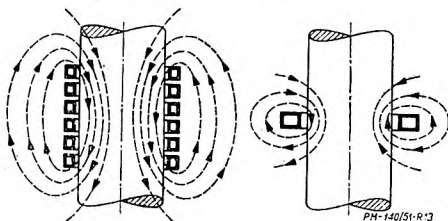
Rys. 12 przedstawia schemat aparatu służącego do nagrzewania kawałków materiału do matrycowania, których ciężar nie przekracza kilku kG. Aparat zaopatrzony jest w zmechanizowane urządzenie podające.



Rys. 12. Schemat zmechanizowanego urządzenia do nagrzewania indukcyjnego odkuwek w produkcji masowej.

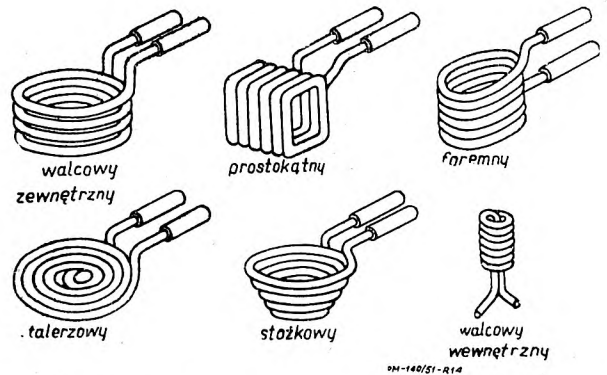
Nagrzewany materiał 1 po przenośniku wałkowym 2 i przez stożek kierowniczy 3 dostaje się do wnętrza induktora 4. Mechanizm składający się z cylindra 5, trzona 6 i tłoka 7 wypycha materiał po nagraniu z powrotem na przenośnik, skąd dostaje się do kucia.

Nagrzewanie indukcyjne łączy się z możliwością regulacji temperatury w szerokim zakresie, co razem ze znaczną szybkością nagrzewania materiału, ułatwia ustalenie optymalnych warunków kucia i matrycowania odkuwek o bardzo złożonych kształtach.



Rys. 13. Przebieg pola magnetycznego wytworzonego przez cewkę wielozwojową.

Specjalną uwagę należy poświęcić zagadnieniu właściwej budowy induktorów. Niemal w każdym przypadku, w zależności od nagrzewanego materiału, przygotowujemy odpowiedni induktor o najwłaściwszym kształcie i wymiarach. Uzwojenia induktorów są wykonywane z miedzi o wysokiej przewodności właści-



Rys. 14. Różne kształty cewek do nagrzewania indukcyjnego.

wej (> 90% przy 20°C), zazwyczaj w kształcie rurki. Przewodność właściwa miedzi maleje w zależności od domieszek stopowych, a z nią maleje sprawność nagrzewania. Rys. 13 pokazuje przebieg pola magnetycznego wytworzonego przez cewkę wielozwojową i jednozwojową. Odstępy między poszczególnymi zwojami nie mogą być zbyt wielkie, następuje wówczas nagromadzenie ciepła w ich sąsiedztwie i nagrzewanie przebiega równomiernie. Unikamy tego przez zgęszczenie zwojów lub przez użycie rurek spłaszczonych, które dają lepszy rozdział ciepła. Należy przeprowadzać specjalne próby wykonywanych cewek, celem ustalenia ich najwłaściwszej budowy i wymiarów. Konieczność doprowadzenia odpowiedniej ilości wody chłodzącej przyczynia się częstokroć do zwiększenia średnicy rurki użytej na cewkę. Rys. 14 przedstawia cewki o różnych kształtach.

Koszt nagrzewania materiału prądem wysokiej częstotliwości składa się z kosztu energii elektrycznej, amortyzacji i kosztu obsługi urządzenia. Całkowity koszt nagrzania jednej tony materiału możemy obliczyć posługując się następującym wzorem:

$$K = \frac{q \left[ K_1 + \left( \frac{K_2}{A} + K_3 \right) \cdot \frac{1}{P_{gen}} \right]}{\eta_0}$$

gdzie:

- $q$  — minimalna ilość energii potrzebna do nagrzania jednej tony materiału do temperatury kucia w kWh;
- $K_1$  — opłaty za 1 kWh prądu w zł;
- $K_2$  — koszt instalacji obejmujący: generator silnikowy, induktry itp. niezbędne do nagrzewania 1 t materiału na godz w zł;
- $A$  — okres amortyzacji instalacji w godz;
- $K_3$  — koszty nakładowe obsługi w zł/godz;
- $P_{gen}$  — moc generatora zasilającego w kW;
- $\eta_0$  — całkowita sprawność urządzenia.

Podwyższenie mocy generatora  $P_{gen}$  powoduje obniżenie kosztu nagrzewania ze względu na skrócenie cyklu przy tym samym koszcie obsługi.

M. W.

Opracowano na podstawie artykułu M. G. Łozińskiego „Osnowy teorii i praktyka skwowego indukcyjnego nagiewa dla gorączaj szampowki i kowki” Wiestnik Maszynostrojienija — 5/48.

# TECHNIKA TURBINOWA

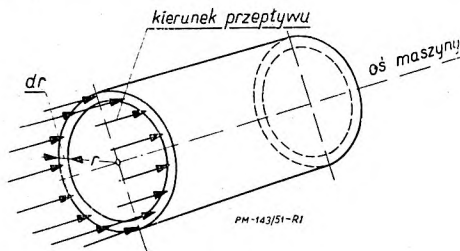
## Aerodynamiczne podstawy projektowania układu łopatkowego maszyn wirnikowych

Mgr inż. WOJCIECH BRZOZOWSKI

Artykuł zaznajamia z zagadnieniami aerodynamicznymi spotykanymi przy przepływach przez maszyny wirnikowe osiowe. Po sformułowaniu zagadnienia podaje Autor ogólny schemat obliczeń oraz wprowadza w metody stosowane przy badaniach przepływów, w szczególności zaznajamia z metodą odwzorowań konformicznych. Artykuł jest wstępem do szczegółowych dalszych opracowań.

### 1. Sformułowanie zagadnienia

Rozpatrujemy wpływ cieczy rzeczywistej dokoła układu łopatek maszyn wirnikowych. Układamy schemat postępowania wyliczającego: siłę obwodową, siłę osiową oraz stratę energii przy przepływie. Przy maszynach wirnikowych o przepływie osiowym, do których ograniczymy się przy wyprowadzaniu dalszych zależności, wydzielamy pierścień walcowy (rure), współosiowy z osią maszyny, o skończonej grubości  $dr$  (rys. 1).



Rys. 1.

Pierścień walcowy rozcinamy i rozwijamy na płaszczyznę. Jako pierwsze przybliżenie traktujemy wówczas przepływ płaski, dwuwymiarowy.

### 2. Ułożenie schematu obliczeń

#### a. Optyw cieczą idealną

Przy założeniu optywu przez ciecz i d e a l n ą, tzn. nielepka oraz nieściśliwą, mielibyśmy optyw potencjalny. Oznacza to, że wirowość równa się zeru w każdym punkcie cieczy. Przepływ taki charakteryzują dwie podstawowe funkcje: *funkcja prądu*  $\Psi$  (lub tzw. potencjał prądu) i *funkcja potencjału prędkości*  $\varphi$  (tzw. potencjał prędkości).

Linie równego potencjału prędkości oraz linie równego potencjału prądu tworzą zbiór krzywych ortogonalnych.

Obie te funkcje spełniają następujące zależności: równanie ciągłości:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0,$$

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} = 0;$$

oznaczamy to w skrócie:

$$\Delta^2 \varphi = 0 \text{ — Laplasjan potencjału prędkości}$$

$$\Delta^2 \Psi = 0 \text{ — Laplasjan potencjału prądu}$$

$$\text{warunek ortogonalności: } \frac{\partial \varphi}{\partial x} \cdot \frac{\partial \Psi}{\partial x} + \frac{\partial \varphi}{\partial y} \cdot \frac{\partial \Psi}{\partial y} = 0;$$

$$\text{warunek bezwirowości: } \omega = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right) = 0;$$

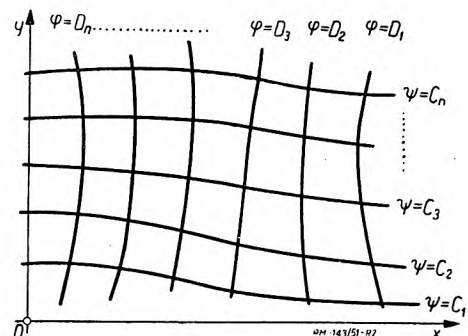
$$\text{szybkości ruchu płaskiego: } \frac{\partial \varphi}{\partial x} = u; \quad \frac{\partial \Psi}{\partial y} = u;$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial y} = v; \quad \frac{\partial \Psi}{\partial x} = -v$$

wartość całkowitego ciśnienia cieczy jest stała we wszystkich punktach cieczy.

Należy nadmienić, że jednak można otrzymać przepływ potencjalny dokoła ciała zawierającego cyrkulację (cyrkulacja jak wiadomo równa się  $d\Gamma = 2\omega dF$  wg równania Stokesa). Otrzymamy wówczas przepływ, dla którego całkowite ciśnienie ma wartość stałą i wirowość równą zeru dla wszystkich punktów cieczy. Cyrkulacja będzie równała się zeru dla wszystkich obszarów zawierających tylko ciecz, zaś będzie miała stałą wartość dla obszarów zawierających optywane ciało. Funkcje potencjału prądu oraz potencjału prędkości spełniać będą równanie  $\Delta^2 \varphi = 0$  i  $\Delta^2 \Psi = 0$ .

Funkcje stałego potencjału prędkości oraz stałego potencjału prądu wykreślamy w sposób następujący:  $\varphi(x, y)$  i  $\Psi(x, y)$  przyrównujemy do stałych  $C_1, C_2, \dots, C_n$  i  $D_1, D_2, \dots, D_n$  rozwiązujemy  $y = f(x)$  i nanosimy na wykres. Otrzymujemy krzywe ortogonalne pokazane na rys. 2.



Rys. 2.

Fizyczne znaczenie potencjału prądu jest bardzo proste: linie stałego potencjału prądu są torami cząstek w ruchu ustalonym, zaś wartości  $C_1$ ,  $C_2$  i  $C_n$  oznaczają poprostu ilość cieczy przepływającej w jednostkę czasu między daną linią prądu a początkiem układu współrzędnych. Różnica potencjałów prądu daje nam wydatek cieczy:

$$Q_{12} = \Psi_2 - \Psi_1$$

Potencjał prędkości nie ma takiego prostego wyrażenia fizycznego. Różnica potencjałów prędkości równa się cyrkulacji

$$\Gamma_{12} = \varphi_2 - \varphi_1.$$

#### b. Wpływ ściśliwości cieczy

Teoretycznie, w cieczy nieściśliwej nagły wzrost ciśnienia w jednym punkcie cieczy rozprzeczony jest natychmiast do wszystkich cząstek cieczy. W cieczy ściśliwej zaburzenia wędrują w postaci fali ciśnienia z szybkością równą szybkości głosu w cieczy. Zmiany ciśnienia zachodzą tak szybko, że nie ma wymiany ciepła, przemiana zachodzi adiabatycznie.

Teoria profilu w przepływie poddźwiękowym określa najważniejsze wpływy ściśliwości cieczy na przepływ obliczony w założeniu nieściśliwości czyli na przepływ potencjalny. Teoria ogranicza się do szybkości, przy których szybkość dźwięku nie jest przekroczona.

Mając więc wyliczone prędkości i ciśnienie na powierzchni opływającego profilu, z opływu potencjalnego, wprowadzamy poprawki uwzględniające ściśliwość cieczy.

Poprawki te można wprowadzić opierając się na zależnościach *Karmana-Tsien*a (głównie stosowane w USA) lub *Glauerta-Prandtla* (Anglia, Niemcy). Jak więc widać podstawą jest znowu opływ potencjalny, który zostaje zmodyfikowany wpływami ściśliwości cieczy.

Przy przepływach ponaddźwiękowych impulsy ciśnienia nie mogą rozprzecznić się w kierunku ruchu profilu. Ciecz zbliżając się do profilu posiada niezmienną szybkość i ciśnienie aż do chwili osiągnięcia bezpośredniej bliskości profilu. Powoduje to, że zmiana ciśnienia nie następuje stopniowo lecz nagle wywołując miejscowe nieciągłości w rozkładzie szybkości i ciśnienia. Przy opływach ponaddźwiękowych, jak dotychczas, posługujemy się wyłącznie danymi doświadczalnymi.

#### c. Wpływ lepkości cieczy rzeczywistej

Lepkość cieczy daje w pierwszym rzędzie dwie następujące różnice w porównaniu z opływem potencjalnym:

1) Opływający profil cieczą lepka wykazuje opór czołowy, którego nie ma przy opływie potencjalnym. Rozwiązanie teoretyczne opierające się na teorii przepływu cieczy idealnej, daje wartość oporu czołowego równą zeru.

2) Siła nośna profilu zmniejsza się przy opływie cieczą lepka w porównaniu z opływem potencjalnym. Spowodowane jest to zniekształceniem linii prądu przepływu potencjalnego w bliskości opływającego profilu.

Powyższe zniekształcenia linii prądu są wynikiem zjawisk zachodzących w warstwie przylegającej do powierzchni opływanej (warstwa powierzchniowa). Poza tym zmniejszenie siły nośnej może być spowodowane zjawiskiem oderwania warstwy powierzchniowej.

Opierając się na teorii warstwy powierzchniowej wyprowadzonej przez *Kármána* oraz na rozkładzie prędkości wyliczonym z opływu potencjalnego możemy obliczyć: opór czołowy, stratę energii przepływu wskutek tarcia, poprawki dla siły nośnej.

Poza tym opierając się na rozkładzie ciśnień wyliczonym z opływu potencjalnego, możemy określić prawdopodobne miejsce przejścia warstwy powierzchniowej laminarnej w burzliwą. Możemy również ocenić możliwości całkowitego oderwania warstwy powierzchniowej.

#### d. Wpływ siły odśrodkowej oraz skończonej długości łopatki

To co zostało wyliczone powyżej, odpowiada jedynie dwuwymiarowemu przepływowi płaskim. Jednakże łopatka turbiny posiada skończoną długość oraz specyficzne warunki pracy końców profili (jednostronne zamocowanie, istnienie szczeliny końcowej umożliwiającej cyrkulację cieczy z wklęsłej na wypukłą stronę łopatki, rys. 3).

Zamocowanie łopatki oraz wieniec farczy dają zwiększone wartości straty przepływu przez zwiększenie powierzchni, na której występuje tarcie przy przepływie.

Poza tym na przepływ w kanale łopatkowym ma wpływ ruch obrotowy dający siłę odśrodkową cząstkom cieczy. Opierając się na poprawionych szybkościach i ciśnieniach wyliczonych powyżej, należy wyniki przystosować do trójwymiarowego przepływu z uwzględnieniem oddziaływania sił odśrodkowych. Przystosowanie wyników przepływu płaskiego do przepływu trójwymiarowego znajdujemy w pracach *Traupla*.

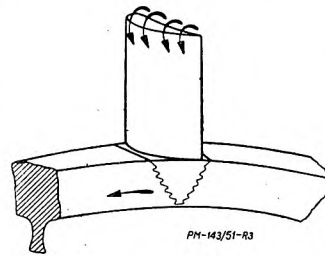
Reasumując powyższe ogólne uwagi można sobie zestawić schemat obliczenia układu łopatkowego maszyny wirnikowej.

I. Opierając się na teorii opływu potencjalnego dookoła palisady profili i wychodząc z danego kąta wlotu i wylotu, dla zgrubsza określonego rozkładu szybkości, otrzymujemy palisadę profili razem z opływem potencjalnym wokół niej.

Wyliczamy następnie szybkości oraz ciśnienie na powierzchni opływających profili dla różnych obciążeń (tzn. dla różnych kątów wlotu).

II. Wyliczamy wpływy ściśliwości i związane z tym zmiany w opływie wokół powierzchni profilu. Opieramy się na zależnościach ważnych dla liczby *Macha* do 1,

III. Opierając się na wyliczonych prędkościach i ciśnieniach z pkt. I obliczamy warunki opływu cieczy lepkiej. Określamy warunki opływu w warstwie powierzchniowej, strefę przejścia warstwy powierz-



Rys. 3.

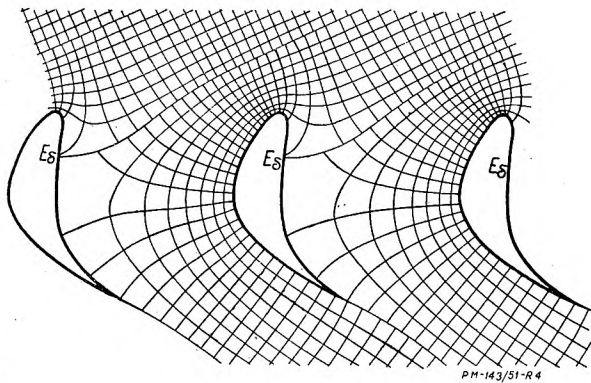


chniowej laminarnej w burzliwą oraz oceniamy możliwość oderwania się warstwy burzliwej przy różnych obciążeniach. W tym też stadium obliczamy opór czołowy i stratę energii przepływu.

IV. Wyliczamy wpływ skończonej długości łopatki oraz wpływ siły odśrodkowej. Ewentualnie wprowadzamy konieczne skrócenie łopatki.

V. Opierając się na II, III, IV oraz na wynikach zebranych badań (np. dmuchań) podobnych łopatek, zmieniamy rozkład szybkości opływu potencjalnego z punktu I na dogodniejszy. Zmieniamy opierając się na nowym rozkładzie kształt palisady profilów i przeprowadzamy znów obliczenie I, II, III i IV.

Teoretyczny wykres opływu potencjalnego przez kaskadę profili pokazany jest na rys. 4.



Rys. 4.

W punktach  $E_s$  linia prądu rozgałęzia się opływając profil. Jest to wejściowy punkt zatrzymania, szybkość równa się w nim zero. Drugi punkt zatrzymania istnieje na krawędzi spływu z profilów, gdzie rozgałęzione linie prądu łączą się z powrotem. Siatkę krzywych ortogonalnych do linii prądu stanowią krzywe równych potencjałów szybkości. Widzimy, że wzdłuż linii prądu, która następnie rozgałęzia się opływając kontur profilu, linie potencjału prędkości są wzajemnie przesunięte. Również punkty spływu nie leżą na linii równego potencjału prędkości. Oznacza to, że każdy profil posiada cyrkulację  $\Gamma$ , równą różnicy potencjałów prędkości a tym samym wykazuje siłę nośną  $P_y = \rho v_\infty \Gamma$  wg twierdzenia Żukowskiego.

### 3. Opływ potencjalny

Jak wynika z powyżej przytoczonych uwag przepływ potencjalny odgrywa rolę pierwszego przybliżenia rozwiązania ściśłego, przepływu przez łopatki maszyn wirnikowych. Przepływ potencjalny obarczony jest najmniejszymi stratami, to też należy dążyć do jak najmniejszych odchyłeń i tak ukształtować palisadę profili, aby zniekształcenia linii potencjalnych były minimalne.

Zanim przejdziemy do praktycznych zastosowań teorii przepływu potencjalnego, musimy zaznajomić się z metodą odwzorowania konformicznego lub wiernego, które odgrywa podstawową rolę w teorii przepływów.

#### a. Pojęcie odwzorowania

Odwzorowaniem nazywamy przedstawienie obrazowe dowolnego przedmiotu np. za pomocą fotografii.

Odwzorowaniem podobnym (w sensie matematycznym) nazywamy takie odwzorowanie, które wszystkie części powiększa lub zmniejsza w tym samym stosunku. A więc zdjęcie fotograficzne przedmiotu trójwymiarowego nie jest odwzorowaniem podobnym lecz perspektywicznym; odleglejsze fragmenty ukazują się w dużo większym zmniejszeniu niż bliższe.

#### Charakterystyczne cechy odwzorowania

a) Punkt odwzorowania odpowiada przynajmniej jednemu punktowi odwzorowanemu. Jednakże odwzorowanie nie koniecznie musi być jednoznaczne.

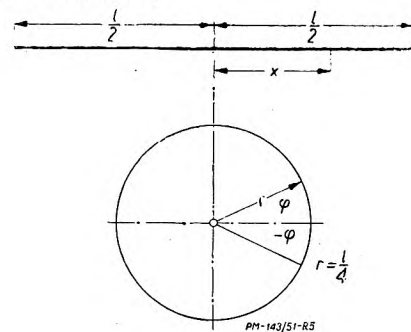
b) Zniekształcenie obrazu odwzorowanego.

Każde odwzorowanie charakteryzuje się pewnym zniekształceniem obrazu. Np. odwzorowanie powierzchni ziemi na mapę płaską nie da się wykonać bez zniekształcenia powierzchni.

Możemy jednak przeprowadzić takie odwzorowanie które dałoby takie same wielkości powierzchni na mapie jak w rzeczywistości. Jeden wymiar długości może być np. skrócony, drugi wymiar zaś wydłużony. Będzie to tzw. *odwzorowanie o wiernej powierzchni*.

Możemy także postawić warunek aby przynajmniej mały wycinek powierzchni mapy był podobnie odwzorowany. Wtedy stosunek odwzorowania będzie stały tylko dla bardzo małych wycinków powierzchni. Będzie się on zmieniał od miejsca do miejsca. Da się wówczas utrzymać podobieństwo tylko dla nieskończone małych powierzchni. Odwzorowanie takie oznacza się tym, że wszystkie kąty zostają odwzorowane wiernie (nieskończenie mała powierzchnia otaczająca punkt przecięcia się dwóch krzywych pod danym kątem zostaje wraz z tym kątem odwzorowana wiernie). Odwzorowanie takie nazywamy *wiernym*, *wiernokątnym* lub *konformicznym*.

Rozpatrzmy następujący prosty przykład odwzorowania wiernego czyli konformicznego z zastosowaniem zmiennej rzeczywistej.



Rys. 5.

Odwzorujemy koło na płytkę płaską wg rys. 5.

Funkcja odwzorowania ma postać:  $x = \frac{l}{2} \cos \varphi$ .

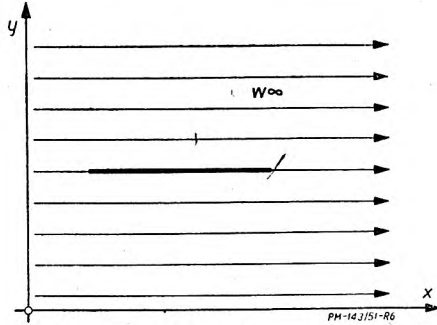
Obliczamy teraz skalę odwzorowania:

w płaszczyźnie płytki  $dx = -\frac{l}{2} \sin \varphi d\varphi$ ,

w płaszczyźnie koła  $ds = r d\varphi = \frac{l}{4} d\varphi$

więc  $\left| \frac{dx}{ds} \right| = 2 \left| \sin \varphi \right|$

Założmy obecnie, że nasza płytka opływana jest cieczą idealną, przepływem jednostajnym, równoległym do osi  $x$ , z szybkością  $w_\infty$  (Indeks  $\infty$  oznacza, że szybkość ta jest taka sama w nieskończoności, przed jak i za płytką, patrz rys. 6).



Rys. 6.

Ponieważ linie potencjału prądu przy odwzorowaniu konformicznym zbiegają się w tym samym stosunku jak skala odwzorowania, zaś szybkości są odwrotnie proporcjonalne do odległości linii prądu, więc szybkości zmieniają się odwrotnie jak skala odwzorowania

$$\frac{w_{koło}}{w_{\infty p\text{łytka}}} = \frac{dx}{ds} = 2 \sin\varphi,$$

$$w_k = w_{\infty p} \cdot 2 \sin\varphi.$$

powyższą zależność możemy także przedstawić w innej formie

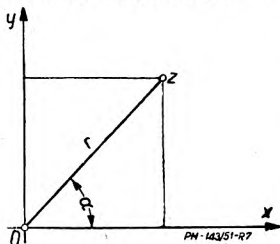
$$w_k \cdot ds = w_{\infty p} \cdot dx.$$

Wzór ten wyraża stałość elementarnej cyrkulacji przy odwzorowaniu konformicznym.

Elementarna cyrkulacja w płaszczyźnie pierwotnej równa się elementarnej cyrkulacji w płaszczyźnie wtórnej. Do zagadnienia tego powrócimy jeszcze przy wyprowadzaniu zależności dla potencjału zespolonego.

**Odwzorowanie z użyciem zmiennej zespolonej**

Obecnie zajmiemy się odwzorowaniami funkcji zmiennej zespolonej  $z = x + iy$ .



Rys. 7.

Dowolny punkt na płaszczyźnie możemy bardzo wygodnie przedstawić za pomocą jednej wielkości  $z$ . Osie współrzędnych obieramy tak, że oś pozioma daje nam wielkości rzeczywiste, oś pionowa — urojone, wg rys. 7.

Wielkość  $z$  określa nam jednocześnie wielkość wektora i jego kierunek.

$$z = x + iy$$

$$z = r (\cos\alpha + i \sin\alpha), \text{ lub w postaci Eulera}$$

$z = r e^{i\alpha}$  (postać Eulera otrzymamy przez rozwinięcie w szereg potęgowy  $\cos\alpha$  i  $i \sin\alpha$ , co po dodaniu da nam rozwinięcie w szereg potęgowy funkcji  $e^{i\alpha}$ )

wielkość  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$  nazywamy *modułem liczby*

zespolonej a wielkość  $\alpha = \arctg \frac{y}{x}$  nazywamy *argumentem liczby zespolonej*.

Operacje rachunkowe przedstawiają również wiele korzyści i uproszczeń. Ograniczę się do podania wzorów znanych zresztą z kursu analizy matematycznej.

**Dodawanie i odejmowanie**

$$z_1 = x_1 + iy_1; \quad z_2 = x_2 + iy_2;$$

$$z_3 = z_1 + z_2 = x_1 + x_2 + i(y_1 + y_2)$$

$$z_4 = z_1 - z_2 = x_1 - x_2 + i(y_1 - y_2)$$

**Mnożenie**

$$z_1 = r_1 \cdot e^{i\alpha_1}; \quad z_2 = r_2 \cdot e^{i\alpha_2}$$

$$z_3 = z_1 \cdot z_2 = r_1 \cdot r_2 \cdot e^{i(\alpha_1 + \alpha_2)}$$

**mnożenie przez i**

$$i \cdot z = i(x + iy) = ix - y,$$

czyli obrót wektora  $z$  o kąt prosty w kierunku odwrotnym do ruchu wskazówki zegara.

**Dzielenie**

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{r_1}{r_2} e^{i(\alpha_1 - \alpha_2)}$$

Funkcję zmiennej zespolonej możemy poddać również bardziej skomplikowanej operacji matematycznej w formie

$$\zeta = f(z)$$

Otrzymamy wówczas dla każdej wartości  $z_0$  odpowiadającą jej wartość  $\zeta_0$  (lub odpowiadające jej wartości).

Obieramy sobie, jak zwykle przy odwzorowaniach, dwie płaszczyzny, płaszczyznę pierwotną  $z$  oraz płaszczyznę wtórną  $\zeta$ . Wartości  $z_0$  z płaszczyzny pierwotnej odpowiada lub odpowiadają wartości  $\zeta_0$  w płaszczyźnie wtórnej.

W przypadku wieloznaczności wybieramy wartość mającą dla nas istotne znaczenie.

Przy odwzorowaniach funkcji zmiennej zespolonej ograniczamy się do funkcji odwzorujących posiadających pochodne

$$\frac{d\zeta}{dz} = f'(z_0); f'$$

Pochodna ta jest dalej funkcją  $z$ , i dla określonej wartości  $z$  posiada określoną wartość zespoloną. Wobec tego można ją przedstawić w postaci Eulera za pomocą modułu  $\rho$  i argumentu  $\tau$ .

$$\frac{d\zeta}{dz} = f'(z_0) = \rho \cdot e^{i\tau}$$

gdzie  $\rho$  i  $\tau$  są stałymi wartościami zależnymi tylko od położenia punktu  $z_0$ .

Zastanówmy się obecnie nad charakterem powyższego odwzorowania.

W płaszczyźnie pierwotnej  $z$  obierzmy sobie dowolny punkt  $z_0$ , odpowiadać mu będzie w płaszczyźnie wtórnej odwzorowania punkt  $\zeta_0$  (rys. 8 i 9).

Przejdźmy dalej od punktu  $z_0$  do punktu leżącego bardzo blisko  $z_1 = z_0 + \Delta_1 z$

Obu tym punktom  $z$  i  $z_1$  w płaszczyźnie pierwotnej będą odpowiadać punkty  $\zeta_0$  i  $\zeta_1$  w płaszczyźnie wtórnej odwzorowania, oddalone o wielkość

$$\Delta_1 \zeta = \left( \frac{d\zeta}{dz} \right) \Delta_1 z = f'(z_0) \Delta_1 z.$$

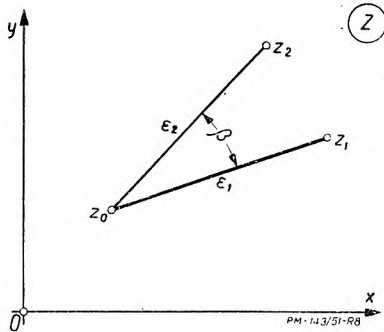
$\Delta_1 z$  możemy także oznaczyć w sposób następujący

$$\Delta_1 z = \varepsilon_1 \cdot e^{i\tau}$$

A więc odpowiadający odcinek po odwzorowaniu będzie

$$\Delta_1 \zeta = f'(z_0) \Delta_1 z = \rho \cdot e^{i\tau} \cdot \varepsilon_1 \cdot e^{i\tau} = \rho \varepsilon_1 \cdot e^{i(\tau + \tau)}$$

$\Delta_1 \zeta$  jest odwzorowaniem małego odcinka  $\Delta_1 z = \varepsilon_1 e^{i\tau}$  który przy odwzorowaniu powiększony jest  $\rho$  razy oraz obrócony o kąt  $\tau$  w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówki zegara. Obie te wartości zmieniające odcinek  $\Delta_1 z$  zależne są tylko od położenia punktu  $z_0$ .



Rys. 8.

Przejdźmy teraz do drugiego punktu  $z_2$  oddalonego od  $z_0$  o mały odcinek  $\Delta_2 z$ .  $z_2 = z_0 + \Delta_2 z$ ,

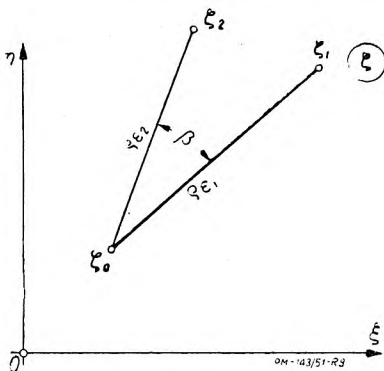
$\Delta_2 z$  przedstawmy również w postaci zespolonej Eulera

$$\Delta_2 z = \varepsilon_2 \cdot e^{i(\tau + \beta)}$$

Odcinkowi temu odpowiada odcinek  $\Delta_2 \zeta$  po odwzorowaniu

$$\Delta_2 \zeta = f'(z_0) \Delta_2 z = \rho e^{i\tau} \cdot \varepsilon_2 \cdot e^{i(\tau + \beta)} = \rho \varepsilon_2 \cdot e^{i(\tau + \beta + \tau)}$$

Odcinek  $\Delta_2 z$  jest znowu powiększony  $\rho$  razy oraz obrócony o kąt  $\tau$  w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówki zegara. Kąt pomiędzy  $\Delta_1 z$  a  $\Delta_2 z$  równający się  $\beta$  pozostaje po odwzorowaniu również równy  $\beta$ .



Rys. 9.

Mały trójkąt  $z_0 z_1 z_2$  po odwzorowaniu daje znowu trójkąt  $\zeta_0 \zeta_1 \zeta_2$  podobny do trójkąta w płaszczyźnie pierwotnej.

Dochodzimy więc do bardzo ważnego wniosku: za pomocą funkcji odwzorowania  $\zeta = f(z)$  przeprowadziliśmy odwzorowanie, które w najmniejszych częściach jest wierne czyli konformiczne.

Wymagania stawiane funkcji odwzorowania

1) Funkcja  $f(z)$ , która odwzorowuje  $z$  z płaszczyzny pierwotnej na  $\zeta$  w płaszczyźnie wtórnej musi być różniczkowalna.

2) Wartość pochodnej  $f'(z)$  nie może równać się zeru lub nieskończoności, gdyż wówczas skala odwzorowania równałaby się 0 lub  $\infty$  i kierunki oraz wielkości byłyby nieoznaczone.

Punkty szczególne

W punktach gdzie  $f'(z) = 0$  lub  $\infty$  odwzorowanie przestaje być wierne; punkty takie nazywamy *szczególnymi*.

Punkt szczególny występujący na obwodzie odwzorowywanego konturu może być wykluczony z odwzorowania, co nie szkodzi całości odwzorowania.

Dowiedliśmy więc, że dowolna funkcja  $\zeta = f(z)$  zmiennej zespolonej  $z = x + iy$  tzw. *funkcja odwzorowania* daje zawsze odwzorowanie konformiczne.

Wobec tego należy teraz rozważyć czy możemy przepływ potencjalny wyrazić za pomocą funkcji zmiennej zespolonej. Jeżeli będzie to możliwe, to za pomocą dowolnej funkcji odwzorowania spełniającej jednak warunki 1 i 2, będziemy mogli dany przepływ potencjalny zmienić na inny bardziej nam odpowiadający.

b. Potencjał zespolony

Okazało się, że przepływ potencjalny można bardzo wygodnie przedstawić za pomocą funkcji zmiennej zespolonej czyli za pomocą tzw. *potencjału zespolonego*.

$$f(z) = F_1(x,y) + iF_2(x,y),$$

funkcja ta spełnia równanie Laplace'a i to zarówno część jej rzeczywista jak i część urojona, oraz warunek ortogonalności.

$$\frac{\partial F_1}{\partial x} \cdot \frac{\partial F_2}{\partial x} + \frac{\partial F_1}{\partial y} \cdot \frac{\partial F_2}{\partial y} = 0.$$

$$\Delta^2 F_1 = 0, \quad \text{tzn.} \quad \frac{\partial^2 F_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 F_1}{\partial y^2} = 0.$$

$$\Delta^2 F_2 = 0, \quad \text{tzn.} \quad \frac{\partial^2 F_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 F_2}{\partial y^2} = 0.$$

Część rzeczywista przedstawia *potencjał prędkości*, część urojona przedstawia *potencjał prądu*.

Różniczka funkcji potencjału zespolonego daje prędkość zespoloną

$$\frac{df}{dz} = u - iv$$

gdzie:  $u$  — szybkość w kierunku osi  $x$ ,  $v$  — szybkość w kierunku osi  $y$ .

Przepływy potencjalne wyrażone za pomocą funkcji zmiennej zespolonej można uszeregować jak niżej.

1. Przepływ jednostajny w kierunku osi  $x$   
 $f(z) = uz$
2. Przepływ jednostajny w kierunku osi  $y$   
 $f(z) = -ivz$

3. Źródło proste w początku układu współrzędnych

$$f(z) = A \ln z$$

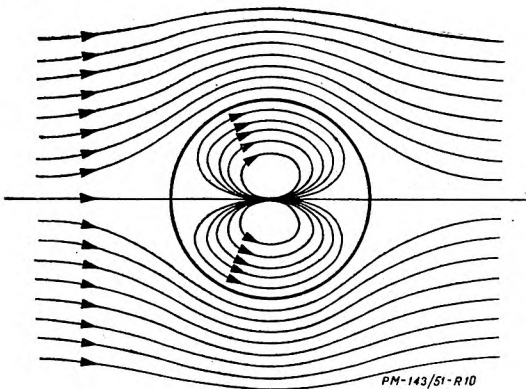
4. Źródło podwójne

$$f(z) = \frac{A}{z}$$

5. Wir płaski kołowy w początku układu współrzędnych

$$f(z) = -i \frac{\Gamma}{2\pi} \ln z.$$

Potencjały kołowe. Przepływ potencjalny powstały z kombinacji prostych przepływów podanych powyżej, którego jedna z linii prądu daje kontur kołowy nazywamy *przepływem o potencjale kołowym*.



Rys. 10.

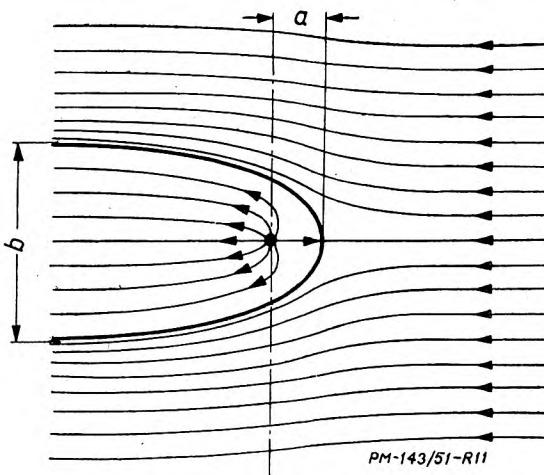
6. Kombinacja przepływu płaskiego i źródła podwójnego (rys. 10)

$$f(z) = z + \frac{A}{z}$$

7. Kombinacja przepływu płaskiego z wirami płaskimi kołowymi oraz ze źródłem podwójnym.

$$f(z) = z + \frac{B}{z} - i \frac{\Gamma}{2\pi} \ln \frac{z}{a};$$

$a$  — promień koła w początku układu.

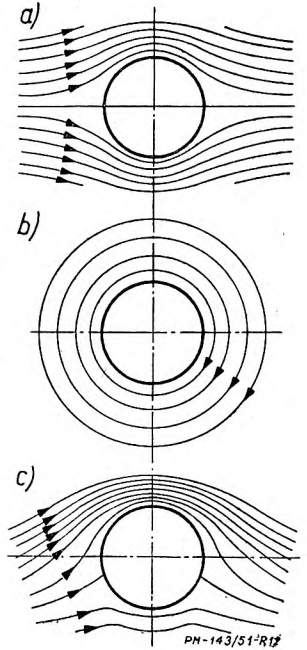


Rys. 11.

Na rys. 11 widzimy kombinację źródła prostego z przepływem jednostajnym, na rys. 12 kombinację wiru płaskiego kołowego z przepływem jednostajnym.

#### Zastosowanie teorii przepływów potencjalnych

Badamy przepływy potencjalne dokoła koła. Aby uzyskać przepływ dający siłę wyporu stosujemy kombinację różnych rodzajów przepływu z wirami płaskimi kołowymi o pewnej cyrkulacji  $\Gamma$ . Jak wiadomo bowiem z twierdzenia Żukowskiego siła wyporu  $P_y = \rho v_\infty \Gamma$ . Przepływ przedstawiamy za pomocą dwóch potencjałów: prędkości i prądu złączonych razem w potencjale zespolonym. Ponieważ chcemy badać optyw potencjalny dokoła walca więc nasz potencjał zespolony musi być tzw. *potencjałem kołowym*. Oznacza to, że jedna z linii prądu musi dawać kontur kołowy. Wtedy to wir płaski kołowy o cyrkulacji  $\Gamma$  zamknięty będzie ograniczającym strugami przepływu potencjalnego. Strugi ograniczające będą konturem koła. Wówczas pomimo istnienia ruchu wirowego (cyrkulacja  $\Gamma \neq 0$ ) sam przepływ będzie potencjalny.



Rys. 12.

Badając ten przepływ możemy obliczyć rozkład prędkości oraz ciśnienia na konturze kołowym. Możemy dalej, narzucając pewne warunki szybkości, określić wartość cyrkulacji  $\Gamma$ . Np. możemy wymagać aby w pewnym ściśle określonym punkcie konturu koła szybkość styczna po kole równała się zeru. Będą to tzw. punkty zatrzymania.

Jednakże nie interesuje nas przepływ dokoła koła lecz dokoła profilu np. lotniczego. W tym celu odwzorowujemy koło za pomocą funkcji odwzorowania na profil lotniczy.

Ponieważ do przedstawienia koła używamy zmiennej zespolonej  $z = x + iy$ ;  $z = re^{i\alpha}$ , więc jak to było wykazane poprzednio odwzorowanie będzie wierne czyli konformiczne. Linie prądu oraz linie równego potencjału prędkości zostaną odwzorowane w płaszczyźnie wtórnej z zachowaniem wierności kątów między nimi, tak jak w płaszczyźnie pierwotnej.

Linie prądu zbliżą się do siebie lub oddalą zależnie od stosunku skali odwzorowania. Ponieważ odległości między liniami prądu są odwrotnie proporcjonalne do szybkości więc te ostatnie zmieniają się odwrotnie proporcjonalnie do stosunku skali. Daje nam to wygodny sposób obliczenia szybkości na konturze powstałym z koła przez odwzorowanie konformiczne. Mając obliczone szybkości na kole możemy je przez odwrotność pochodnej funkcji odwzorowania i otrzymujemy szybkość na konturze odwzorowanym.

Szybkość zespolona w płaszczyźnie pierwotnej

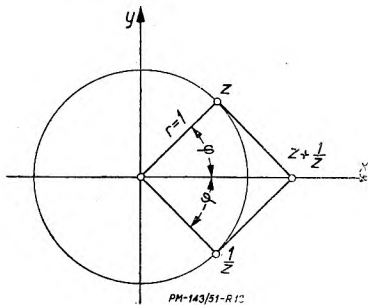
$$\frac{df}{dz} = u - i \cdot v$$

szybkość zespolona w płaszczyźnie wtórnej

$$U - iV = \frac{df}{dz} \cdot \frac{dz}{d\zeta}$$

Najprostsze przykłady odwzorowania

1. Odwzorowujemy koło z płaszczyzny pierwotnej o promieniu  $r = 1$  (rys 13).



Rys. 13.

równanie koła  $z = e^{i\varphi}$

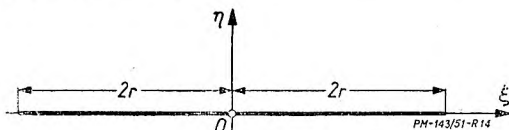
funkcja odwzorowania:  $\zeta = z + \frac{c^2}{z}$

Rozpatrzmy przypadek gdy  $c = 1$ , funkcja odwzorowania

$$\zeta = z + \frac{1}{z}$$

Przeprowadzimy odwzorowanie graficzne. 1 krok:  $z^o = \frac{1}{e^{i\varphi}} = e^{-i\varphi} = \frac{1}{z}$  będzie lustrzanym odbiciem punktu  $z$  względem osi  $x$ .

2 krok  $\frac{1}{z} + z$ ; na zasadzie dodawania wektorów dostajemy płytkę jak na rys. 14.



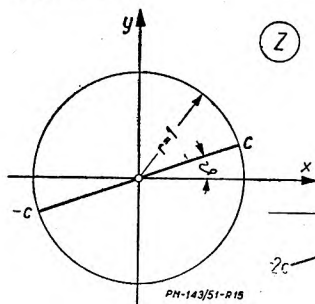
Rys. 14.

Przeprowadzamy teraz ogólniejsze odwzorowanie

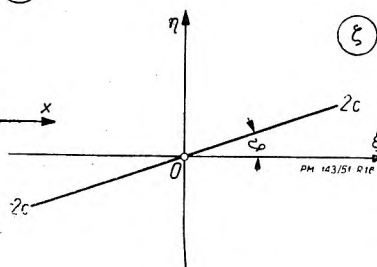
$$\zeta = z + \frac{c^2}{z} \text{ gdzie } c = e^{i\theta} \quad c^2 = e^{2i\theta}$$

$$\zeta = e^{i\varphi} + \frac{e^{2i\theta}}{e^{i\varphi}} = e^{i\varphi} + e^{i(2\theta - \varphi)}$$

W płaszczyźnie pierwotnej mamy koło o promieniu  $r = 1$  (rys. 15 i 16).



Rys. 15.



Rys. 16.

W płaszczyźnie wtórnej mamy płytkę nachyloną pod kątem  $\theta$ . Wzajemne podporządkowanie sobie punktów z płaszczyzny pierwotnej i wtórnej będzie następujące:

$$\zeta = \xi + i\eta$$

$$\xi + i\eta = e^{i\varphi} + e^{i(2\theta - \varphi)} = \cos \varphi + i \sin \varphi + \cos(2\theta - \varphi) + i \sin(2\theta - \varphi)$$

$$\xi = \cos \varphi + \cos(2\theta - \varphi)$$

$$\eta = \sin \varphi + \sin(2\theta - \varphi)$$

Profil lotniczy i koło

W celu otrzymania opływu dokoła profilu lotniczego należy określić funkcję odwzorowania, którą przekształca profil na koło w taki sposób, aby obszar w nieskończoności był niezmienny.

Przez  $\zeta$  oznaczmy sobie płaszczyznę profilu; przez  $z$  płaszczyznę koła. Mamy następujące zależności:

$$z = \zeta + \frac{A_1}{\zeta} + \frac{A_2}{\zeta} + \dots$$

przekształca ona nam profil z  $\zeta$  na koło w  $z$  - płaszczyźnie.

$$\zeta = z + \frac{a_1}{z} + \frac{a_2}{z^2} + \dots \text{ przekształca nam ona koło z } z \text{ na}$$

profil  $\zeta$  - płaszczyźnie.

$A_1; A_2; a_1; a_2$  w ogólności liczby zespolone.

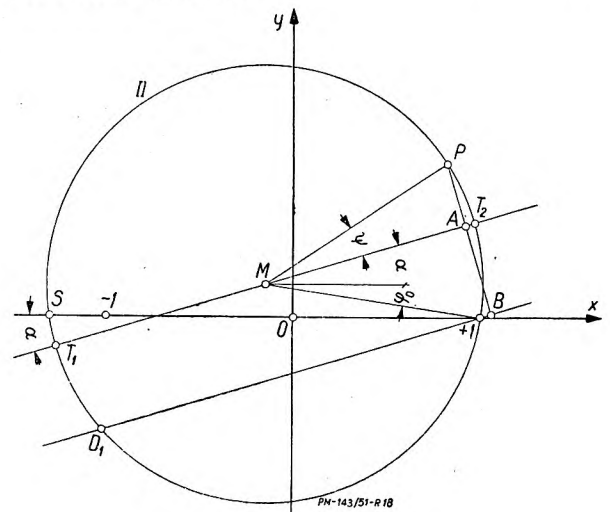
Nie ma żadnych ograniczeń jeżeli chodzi o wybór współczynników. Koło musi jedynie zawierać wewnątrz swego obwodu wszystkie punkty szczególne (tzn. punkty w których pochodne

$$\frac{d\zeta}{dz} = 0 \text{ lub } \infty$$

$$\frac{d\zeta}{dz} = 1 - \frac{a_1}{z^2} - \frac{2a_2}{z^3} - \dots$$

Pochodna ta może być  $= \infty$  tylko w początku układu, lecz może równać się 0 w poszczególnych punktach  $v_1, v_2$  itd. Hipoteza Żukowskiego

Opływ ogólny wokół walca zawiera jeden dowolny parametr tj. cyrkulację  $\Gamma$  opływu wokół koła. Parametr ów pozostaje dalej do wyznaczenia po odwzorowaniu opływu na opływ dokoła profilu lotniczego.



Rys. 17.

Robimy założenie, że dolna i górna powierzchnia profilu spotykają się na krawędzi spływu pod ostrym kątem. Wówczas w punkcie  $B$ , który odwzorowuje się na krawędź spływu profilu pochodna  $\frac{d\zeta}{dz} = 0$ . Szybkość zatem w tym punkcie

będzie równa  $\infty$ . W celu usunięcia tej nieskończoności wielkiej szybkości na krawędzi spływu, Żukowski proponuje, aby cyrkulację  $\Gamma$  dobrać w taki sposób, aby punkt  $B$  był punktem zatrzymania na profilu. Wówczas opływ dokoła profilu jest taki, że strugi opuszczają profil stycznie i szybkość ma wszędzie wartość określoną.

Bardzo prostą i ładną konstrukcją graficzną profilu Żukowskiego wraz z wykresem szybkości na powierzchni opływanej podaje A. Betz (3.)

Obieramy osie współrzędnych  $x, y$  o początku  $O$ . Koło  $I$  zakreślamy z punktu  $F$  na osi  $y$  ponad punktem  $O$  (rys. 17).

Odległość  $OF$  będzie proporcjonalna do wygięcia profilu. Koło  $I$  odetnie na osi  $x$  odcinki  $-1$  i  $+1$ . Łączymy punkt  $F$  z punktem  $+1$ . Na przedłużeniu odcinka  $F, +1$  obieramy punkt  $M$  z którego zakreślamy koło  $II$  styczne do  $I$  w punkcie  $+1$ .  $M$  z którego zakreślamy koło  $II$  po odwzorowaniu da nam kontur profilu. Od-

ległość  $MF$  jest proporcjonalna do grubości profilu. Dowolny punkt  $P$  na kole  $II$  po pierwszym kroku odwzorowania ( $z' = \frac{1}{z}$ ) da nam punkt  $P'$  leżący na kole  $III$ . Koło  $III$ , można odrazu wykreślić z punktu  $M'$  leżącego na prostej  $M, +1$ , przy czym  $\sphericalangle MOF = \sphericalangle FOM'$

Drugi krok:  $\zeta = \frac{1}{z} + z$ , daje nam punkt odwzorowania.

Obliczenia skali odwzorowania:

$$\frac{d\zeta}{dz} = 1 - \frac{1}{z^2} = \frac{1}{z} \left( z - \frac{1}{z} \right);$$

z konstrukcji

$$\frac{d\zeta}{dz} = \frac{PP'}{OP};$$

Zakładamy, że walec nasz opływany jest przepływem jednostajnym pod kątem  $\alpha$  oraz opływem cyrkulacyjnym o cyrkulacji  $\Gamma$

$$V_1 = 2v_\infty \sin \psi \quad (\text{porównać rys. 6.})$$

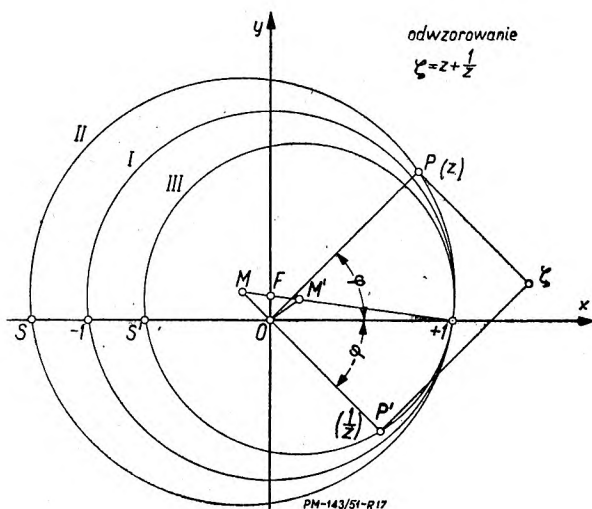
$$V_2 = -\frac{\Gamma}{2\pi r_0}$$

$$V = 2v_\infty \sin \psi - \frac{\Gamma}{2\pi r_0};$$

w punkcie  $+1$  chcemy mieć punkt zatrzymania.

$$V = 0 \text{ dla } \psi = -(\alpha + \varphi_0) \quad \text{w/g. rys. 18.}$$

$$\text{a więc } \Gamma = -v_\infty \pi r_0 \sin(\alpha + \varphi_0);$$



U W A G A : Ze względu na brak miejsca, dokończenie działu „Technika Turbinowa“ — Trybuna dyskusyjna, zamieszczone będzie w zeszycie następnym. (red.).

stąd szybkość na kole

$$V_k = 2v_\infty \sin \tau + 2v_\infty \sin(\alpha + \psi) = 2v_\infty [\sin(\alpha + \tau_0)]$$

Wykreślamy następującą konstrukcję: (ryc. 18.)

Przez punkt  $M$  prowadzimy linię  $T_1 - T_2$  pod kątem  $\alpha$  (kątem natarcia profilu) przez punkt  $+1$  prowadzimy linię równoległą do  $T_1 - T_2$ . Z dowolnego odwzorowywanego punktu  $P$  opuszczamy prostopadłą na  $D_1 + 1$ .

$$PA = r_0 \sin \psi$$

$$AB = r_0 \sin(\alpha + \varphi_0)$$

$$\text{Stąd } V_k = 2v_\infty \frac{PB}{MP};$$

Zaś szybkość na profilu:

$$V_{prof} = V_k \frac{OP}{PP} = 2v_\infty \frac{PB}{MP'} \cdot \frac{OP}{PP'};$$

#### SPIS LITERATURY

1. H. Glauert — The Elements of Aerofoil and Airscrew Theory. 1947 Cambridge at the University Press.
2. F. Weinig — Die Strömung um die Schaufeln von Turbomaschinen. 1935 Leipzig, Verlag von J. Ambrosius Forth. Wyd. 1948.
3. A. Betz — Konforme Abbildung. Springer Verlag. 1948.
4. I. H. Abbot, A. E. von Doenhoff. Theory of Wing Sections. Mc Graw-Hill Book Company. 1949.
4. W. Traupel — Obliczenie przepływu potencjalnego przez dowolną kaskadę profili. Sulzer Technical Review Nr. 1. 1945.
6. G. S. Samojłowicz — Rozczt hydrodynamicznych reszetek. Prikladnaja Matematika i Mechanika T.XIV.W.2.1950
7. E. Weinel — Beiträge zur rationellen Hydrodynamik der Gitterströmung. Ingenieur-Archiv V.Band. 1934.
8. J. Bukowski — Profile laminarne. Technika Lotnicza. Zeszyt 3 (6) 1949.
9. M. D. Somniczenko — O razpredelenii dawlenia w turbinnych reaktiwnych kanałach. Kotłoturbostrojenie Nr.2. 1949.
10. M. N. Zukowskij — Reszетка profilej proizwolnoj formy w bezwihriewom potokie idealnoj zhidkości. Kotłoturbostrojenie Nr. 1. 1949.
11. S. Saks i A. Zygmunt — Funkcje analityczne. Czytelnik 1948.
12. H. M. Markow — Razczt pogranicznogo słoja naprawliajuszczich łopatok parowych turbin. Kotłoturbostrojenie Nr. 1. 1948.
23. I. L. Powch — Isledowanie łopatok turbomaszin na statycznych wodzusznych ustanowkach. Kotłoturbostrojenie Nr. 2. 1948.
14. N. M. Markow — Razczt profilnych potieri reaktiwnych turbinnych i kompresornych reszetek. Kotłoturbostrojenie Nr. 4. 1948
15. R. W. Liepman, A. E. Puckett — Introduction to Aerodynamics of a Compressible Fluid. N. Y. John Wiley. 1947.—

## Zawiadamy

wszystkich prenumeratorów naszego pisma, że począwszy od miesiąca września br. urzędy pocztowe oraz listonosze wiejszy i miejszy przyjmować będą wpłaty na prenumeratę w terminie do dnia 15 każdego miesiąca na miesiąc następny i okresy dalsze.

Prenumeratę ulgową wpłacać należy wyłącznie za pomocą blankietów PKO na właściwe konto. Konto czasopisma „Przegląd Mechaniczny“ jest I-19881/110

## Bibliografia

Henryk Krajczok — KATALOG WYROBÓW Z WĘGLIKÓW SPIEKANYCH (tymczasowy) — Format B5, str. 68, rys. 71, tablic 51, Wydawnictwo PWT — Katowice 1951.

Katalog zawiera starannie zebrane dane dotyczące doboru gatunków i wymiarów płytek z węglików spiekanych do różnorodnych narzędzi stosowanych w obróbce skrawaniem, a więc metali, twardych kamieni, betonu itp., końcówek i płytek jako płaszczyzn ślizgowych i pomiarowych oraz ciagadeł z węglików spiekanych.

Autor podaje rodzaje i wymiary płytek nadających się szczególnie do zdzierania oraz zasadnicze wymiary noży tokarskich, wiertel pogłębiaczy i frezów zaopatrzonych w ostrza z węglików spiekanych.

Katalog przyczyni się do ułatwienia pracy konstruktorów pomocy warsztatowych, narzędziowni i wypożyczalni narzędzi. Będzie on stanowił wielką pomoc przy zamawianiu płytek oraz usunie wiele nieporozumień między użytkownikiem, wykonawcą i dostawcą płytek z węglików spiekanych.

Przez ujęcie w pewien ład sprawy doboru gatunków i wymiarów płytek stwarza on podstawę do uporządkowania Polskich Norm, dotyczących narzędzi i przyrządów zaopatrzonych w płytki i końcówki z węglików spiekanych, po uwzględnieniu obserwacji i uwag użytkowników korzystających z katalogu przy zaopatrywaniu się we wskazane spieki.

Należy nadmienić, że część katalogu omawiająca nalutowywanie płytek na trzonki, szlifowanie i skrawanie narzędziami ze spieków została ujęta zbyt ogólnikowo. Wszelkie niedomówienia w tej dziedzinie są niepożądane ze względu na liczne cechy charakterystyczne kosztownych narzędzi z ostrzami z węglików spiekanych.

W uzupełnieniu katalogu, celem ugruntowania prawidłowego wykonania i posługiwania się omawianymi narzędziami, jest konieczne wydanie tablic instrukcyjnych, które zawierałyby szczegółowe wytyczne dla wytwórcy narzędzi i użytkowników i mogły być wyleszone wszędzie gdzie tylko spieki znajdują zastosowanie. Wymienione tablice instrukcyjne przyczynią się do jak najrozleglejszego rozpowszechnienia obróbki szybkościowej w warunkach ekonomicznego posługiwania się narzędziami z węglików spiekanych.

W tekście katalogu znalazły się pewne rozbieżności, mianowicie autor w tablicy 2 nie wymienia gatunku Cr 3, który zaleca w tablicach 6 i 8. Trudno z katalogu dowiedzieć się czy płytki w tym gatunku są dostarczane. Ponadto w warunkach skrawania wiertłami z płytkami z węglików spiekanych (tabl. 6) zaleca autor do obróbki stali węglowych, staliwa, stali stopowych i narzędziowych, stali wysokomanganowej i nierdzewnej, gatunek Cr 1 a nie płytki w gatunku S, jakkolwiek na początku katalogu zaznacza, że do obróbki stali nadają się gatunki F1, S1, S2 i S3, zaś w tabl. 2 omawiając gatunek Cr1 nie wspomina o tym, by on się nadawał na ostrza do wiertel.

M. W.

J. E. Gorodeckij — PODSTAWY POMIARÓW TECHNICZNYCH W BUDOWIE MASZYN — Format 148 X 220, str. 218, rys. 143, tablic 20 + 5 poza tekstem. Maszgiz — Moskwa, 1950.

Książka ta jest przeznaczona dla konstruktorów przyrządów mierniczych, pracowników DKT zakładów budowy maszyn i instytucji metrologicznych, jak również studentów wyższych uczelni. Książka stanowi wykład zasadniczych zagadnień pomiarów warsztatowych: podaje podstawowe zagadnienia, klasyfikację, cechy metrologiczne narzędzi mierniczych, zarys teorii błędów w zastosowaniu do zagadnień zamienności części i pomiarów technicznych oraz zasady doboru i przeznaczania środków mierniczych. Wszelkie wywody teoretyczne są poparte licznymi przykładami

i ilustracjami. Podane są szczegółowe rysunki rozwiązań konstrukcyjnych podstawowych elementów narzędzi mierniczych, jak również schemat konstrukcji i działania oraz porównawcze charakterystyki narzędzi mierniczych. Rozpatrzone jest m. in. zagadnienie automatyzacji kontroli i w związku z tym podane różne możliwości rozwiązań konstrukcyjnych nadajników; zestawione są też metody pomiaru gładkości powierzchni. Podana literatura obejmuje 98 pozycji najnowszych wydawnictw radzieckich z zakresu pomiarów warsztatowych.

Dużą wartość książce tej nadają m.in. tablice z charakterystykami narzędzi mierniczych. Nowością jest tablica błędów metody, przy użyciu poszczególnych narzędzi do pomiaru długości i kąta. Interesujące są dane historyczne, z których wynika, że już w r. 1761, a więc na blisko 100 lat przed Whitworthem, w Tuskich Zakładach przy fabrykacji broni były przestrzegane w pewnym stopniu zasady wymienności.

J. O.

Inż. technolog Józef Weber — KUCIE I TŁOCZENIE W ZARYSIE — Format B5, str. 198, rys. 263, Państwowe Wydawnictwa Techniczne — Warszawa, 1950.

Książka ujmuje zagadnienia obróbki plastycznej metali, a w szczególności stali, od wiadomości o znaczeniu podstawowym aż do omówienia najnowocześniejszych metod i środków służących do kucia i tłoczenia.

W pierwszych rozdziałach autor omawia wyczerpująco paliwa używane do nagrzewania materiałów do kucia i tłoczenia, podkreślając zalety paliw gazowych, przedstawia proces spalania, bilans cieplny pieca grzewnego i wpływ nagrzewania na utlenianie metalu. Stosunkowo wiele miejsca poświęca autor omówieniu budowy ognisk i pieców kuźniczych ilustrując tę część schematycznymi rysunkami najbardziej typowych pieców oraz przedstawiając zależność czasu grzania od położenia rygli w piecu.

Nagrzewanie indukcyjne, szczególnie korzystne przy kuciu wielkoseryjnym i masowym, zasługiwało na nieco obszerniejsze omówienie. Obszernie i wnikliwie omawia autor podstawowe metody badania materiałów, zmiany własności stali w zależności od zawartości węgla i innych składników oraz od zmian temperatury i stopnia zgniotu. Wprowadzenie wykresu żelazo-węgiel, krzywej stygnięcia i nagrzewania czystego żelaza razem z innymi wiadomościami z dziedziny metaloznawstwa, pozwala czytelnikowi zapoznać się z przyczynowym związkiem przemian, jakim ulegają różne gatunki stali na skutek nagrzania i przeróbki plastycznej.

Należy podkreślić, że autor zarówno przez układ książki jak i przez opracowanie pierwszych rozdziałów daje wyraz dążeniu do wprowadzenia czytelnika w proces kucia i tłoczenia od strony teoretycznej tak, aby te procesy były całkowicie zrozumiałe, a poszczególne zadania praktyczne były wykonywane ze świadomością istoty zachodzących procesów, a nie tylko w wyniku mechanicznego opanowania metod i środków służących do kucia i tłoczenia.

W rozdziałach poświęconych przeróbce kowalskiej autor zwraca uwagę na wpływ stopnia obróbki na wielkość ziaren, omawia stopień przekucia i opory stali odkształcanych w różnych temperaturach oraz wpływ układu włókien na wytrzymałość odkuwek.

Z kolei autor omawia obszernie operacje kowalskie i narzędzia oraz najbardziej typowe metody mechaniczne; podaje sposób obliczania zużycia pary i powietrza do pracy młotów i warunki, którym muszą odpowiadać fundamenty.

Konstrukcja i działanie kuźniarek, pras śrubowych, wrzecionowych, mimośrodowych, przegubowo-korbowych, hydraulicznych i parowo-hydraulicznych zostały przedstawione pod kątem doboru najwłaściwszej maszyny do wykonania planowanych operacji obróbki plastycznej oraz z uwagi na seryjną i masową produkcję. Autor podaje sposób obliczania największych

nacisków wytwarzanych przez prasy, nacisków potrzebnych do wykonania określonej pracy oraz omawia zasady budowy i działania akumulatorów do pras hydraulicznych. Kuciu w matrycach i konstrukcji matryc autor poświęca stosunkowo wiele uwagi omawiając dostatecznie obszernie tę najwydajniejszą metodę obróbki plastycznej, która w coraz szerszych rozmiarach eliminuje kosztowną obróbkę skrawaniem i stanowi środek do umasowienia produkcji z jednoczesnym obniżeniem kosztu własnego.

Liczne i trafnie zebrane przykłady budowy matryc pozwalają czytelnikowi wniknąć w dziedzinę konstrukcji narzędzi do obróbki plastycznej na gorąco i na zimno. Kilka przykładów przedstawia jasno przebieg tłoczenia przedmiotów z cienkiej blachy o prostych i skomplikowanych kształtach.

Stosunkowo mało danych znajdujemy odnośnie transportu międzyoperacyjnego, wiążącego bieg różnych operacji w kuźni i tłoczni, wywierającego poważny wpływ na wydajność i koszt własny przeróbki znacznych ilości materiałów i wytwarzania części czestokroć o znacznym ciężarze.

Ze względu na szerokie i wszechstronne ujęcie zagadnienia kucia i tłoczenia, książka stanowi cenne uzupełnienie naszej skromnej literatury technicznej w tej dziedzinie i niewątpliwie odda poważne usługi technologom w okresie wielkiego rozwoju przemysłu budowy maszyn w ramach planu 6-letniego.

Zarówno zapoznający się z procesem kucia i tłoczenia jak i praktyk znajdują w niej wszelkie dane nawielające współczesny stan tej dziedziny technologii metali oraz pomoc w wykonaniu swych zadań.

*Mgr inż. Marian Wakalski.*

## Książki nadesłane

**KLASYFIKACJA DZIESIĘTNA METALURGIA 669** — Format A5, str. 115. Wydawnictwo Głównego Instytutu Dokumentacji Naukowo-technicznej 1951.

Staraniem Głównego Instytutu Dokumentacji Naukowo Technicznej ukazała się pierwsza część pełnego wydania tablic klasyfikacji dziesiętnej, obejmująca Metalurgię 669.

W ślad za tym wydawnictwem ukazą się dalsze działy pełnych tablic klasyfikacji dziesiętnej jak elektro-technika, fizyka, maszynoznawstwo, chemia itd.

Pełne tablice klasyfikacji dziesiętnej — wydane w Polsce pa raz pierwszy — są podstawą do prowadzenia prac dokumentacyjnych, a w szczególności do uporządkowania zbiorów bibliotecznych. Będą też one dużą pomocą dla abonentów kart dokumentacyjnych (wydawanych przez GIDNT), które oznaczane są symbolami klasyfikacji dziesiętnej.

Ze względu na stosunkowo mały nakład klasyfikacja dziesiętna zostanie przede wszystkim udostępniona zakładom produkcyjnym biurom projektów, centralnym zarządom, instytutom naukowo-badawczym, bibliotekom i innym instytucjom podległym resortom gospodarczym.

Zamówienia na pełne tablice klasyfikacji dziesiętnej kierować należy bezpośrednio do Głównego Instytutu Dokumentacji Naukowo-Technicznej, Warszawa, ul. Ligocka Nr 8.

**SŁOWNIK MORSKI. Zeszyt 1. Okręty i teoria okrętu.** Format A5, str. 59, rys. 56. Wydawnictwo Polskiego Komitetu Normalizacyjnego 1951 r.

Słownik zawiera 312 pojęć z zakresu teorii okrętownictwa w językach polskim, rosyjskim, angielskim, francuskim i niemieckim.

*Mgr inż. Tadeusz Schwartz* — **ELEKTROTERMIA t. I** — Format A5, str. 280, rys. 109. Wydawnictwo PWT 1950.

Książka omawia podstawowe zagadnienia z dziedziny elektrotermii, czyli zastosowania elektryczności do wytwarzania ciepła.

Do zagadnień poruszonych w tym tomie należą: sposoby przenoszenia i magazynowania ciepła, straty i obliczanie ciepła, materiały izolujące oraz grzejnictwo oporowe.

Książka przeznaczona jest dla zatrudnionych w krajowym przemyśle elektrotermicznym oraz dla studiujących ten dział na wyższych uczelniach technicznych.

*Dr inż. Czesław Kamela* — **PODRĘCZNIK MIERNICTWA T. II** — Format B5, str. 598, rys. 638. Wydawnictwo PWT 1951.

Praca ujmuję całość zagadnień wchodzących w zakres miernictwa. Omawia ona podstawy teoretyczne i praktyczne przeprowadzania pomiarów i sporządzania planów niewielkich obszarów (z pominięciem zakrzywienia powierzchni ziemi), wprowadza ponadto w zagadnienia geodezyjne związane z opracowaniem map.

Podręcznik przeznaczony jest do użytku techników mierniczych pracujących w zawodzie oraz techników i inżynierów innych specjalności, którzy w swej praktyce przeprowadzają pomiary stosowane.

*Prof. inż. Wacław Moszyński* — **WYKŁAD ELEMENTÓW MASZYN. CZ. II ŁOŻYSKOWANIE.** Wydanie drugie przejrzone i uzupełnione — Format A5, str. 322, rys. 239. Wydawnictwo PWT 1951.

Książka stanowi drugą część wykładu elementów maszyn. Obejmuje ona zasady kształtowania łożysk ślizgowych i tocznych, kadłubów, osi i wałów, sprzęgieł i hamulców. Książka przeznaczona jest dla konstruktorów projektujących części maszyn i dla studentów wyższych szkół technicznych.

*Inż. M. Siedlanowski i inż. M. Zawistowski* — **ME-TODA PROJEKTOWANIA ZAKŁADÓW PRZEMYSŁOWYCH** — Format A5, str. 184, Wydawnictwo PWT 1951.

Praca ujmuję całość zagadnień wchodzących w zakres projektowania zakładów przemysłowych na podstawie założeń technologicznych, organizacyjnych, ekonomicznych, architektonicznych, komunikacyjnych, instalacyjnych i budowlanych oraz przedstawia metodykę postępowania przy opracowaniu projektów w biurach projektów. Książka przeznaczona jest dla inżynierów projektantów i studiujących.

*Inż.-mech. P. Piotrowski* — **ŚLUSARSTWO** — Format A5, str. 136, rys. 185. Wydawnictwo PWT 1951 r.

Książka omawia wszelkie czynności wchodzące w zakres zawodu ślusarskiego, a więc: piłowanie, ścinanie, wycinanie, przebijanie otworów, prostowanie prętów i blach, nitowanie, cięcie piłką, cięcie nożycami, wiercenie i gwintowanie, skrobanie i roboty wykańczające. Praca jest przeznaczona dla rzemieślników i może stanowić książkę do nauki dla uczniów szkół zawodowych o kierunku metalowym.

*Inż. H. Chmielewski* — **LOGARYTMICZNY SUWAK RACHUNKOWY** — Format A5, str. 46, rys. 31. Wydawnictwo PWT 1951. cena zł 3.60.

Praca podaje w przystępny sposób podstawowe wiadomości z teorii i techniki liczenia na suwaku rachunkowym. Tekst zawiera dużą ilość przykładów i ćwiczeń.

Książeczka przeznaczona jest dla samouków i techników oraz stanowić może pomoc naukową dla uczniów średnich szkół zawodowych.

WYDAWCA: NACZELNA ORGANIZACJA TECHNICZNA, WARSZAWA, Czackiego 3/5  
 Komitet Redakcyjny: prof. inż. IGNACY BRACH, mgr inż. PAWEŁ KOSIERADZKI, mgr inż. EDWARD ŁYSAKOWSKI  
 inż.-mech. EUGENIUSZ MAŁKIEWICZ, mgr inż. STANISŁAW KULESA, mgr inż. JAN OBALSKI, prof. dr inż.  
 ROBERT SZEWAŁSKI, mgr inż. ADAM TADEUSZ TROSKOLAŃSKI  
 Redaktor Naczelny: mgr inż. MARIAN WAKAŁSKI  
 Z-ca Redaktora Naczelnego: inż.-mech. WŁADYSŁAW KAWĘCKI  
 Sekretarz redakcji: HALINA MIKULSKA  
 Redaktor techniczny: CZESŁAW PIEKARSKI  
 Rysunki wykonał: STANISŁAW LIPIŃSKI  
 PKO Nr konta I-19881/110.

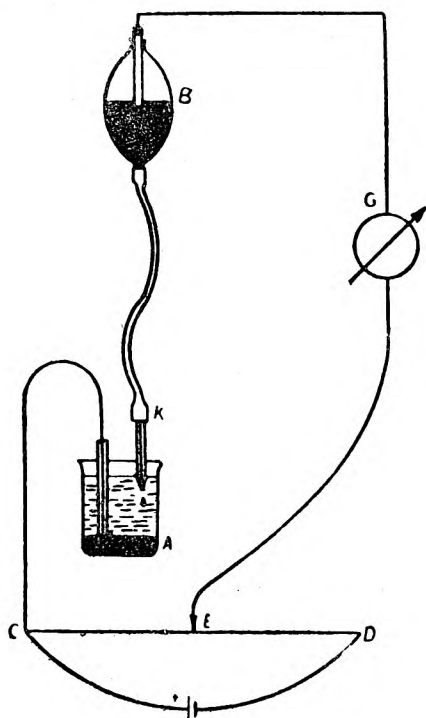


## ZASTOSOWANIE METODY POLAROGRAFICZNEJ DO BADAŃ METALI I STOPÓW

Przemysł współczesny wymaga szybkich i dokładnych sposobów kontrolowania nie tylko surowców i produktów, lecz także pośrednich stadiów produkcji. Laboratoria fabryczne musiały więc zostać tak zorganizowane, by swoją pracę mogły wykonywać szybko i dokładnie. Wyniki analiz dostarczone do „ruchu“ w odpowiednim czasie mogą wykazać, że któryś z etapów produkcji ma przebieg niewłaściwy. W takim wypadku szybkie wykazanie błędu może doprowadzić, po wykonaniu pewnych zabiegów, do uzyskania pożądanych produktów. Laboratoria, w których badania wykonywane są zbyt długo nie mogą wpływać na bieg produkcji.

W celu usprawnienia prac laboratoryjnych, oprócz stałych „klasycznych“ metod analizy, wprowadzono nowoczesne metody fizyko-chemiczne. Do najważniejszych i powszechnie stosowanych należą: spektrografia, fotokolorymetria i polarografia. Ostatnia, najmniej znana i stosowana, omawiana będzie w niniejszym artykule.

Metoda polarograficzna wynaleziona została w roku 1925 przez *J. Heyrovsky'ego*, który ze swym współpracownikiem *M. Shikatą* zbudował pierwszy polarograf — aparat do automatycznej rejestracji natężeń prądu,



Rys. 1. Schemat polarografu

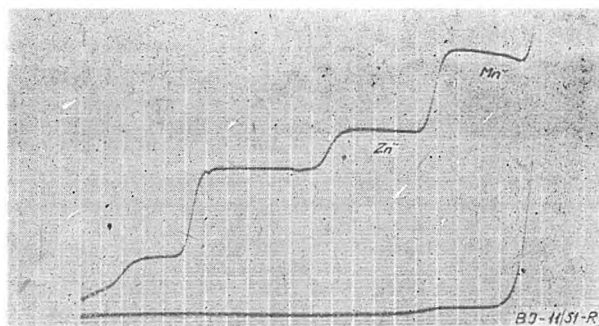
przepływającego przez elektrolit w zależności od przyłożonego napięcia, przy użyciu jako katody kropłowej, elektrody rtęciowej lub inne mikroelektrody.

Schemat urządzenia polarograficznego przedstawiony jest na rys. 1. Bieguny akumulatora (3—6 V) połączone są z potencjometrem CD. Końcówka potencjometru C połączona jest z rtęcią A, znajdującą się na dnie naczynka elektrolitycznego, w którym znajduje się roztwór badany. W roztworze zanurzony jest wylot rurki kapilarnej K (kropłowej elektrody rtęciowej), z której wypływają kropelki rtęci, spełniające rolę katody.

Wąż gumowy łączy elektrodę kropłową z zbiornikiem rtęci B. Rtęć w zbiorniku poprzez galwanometr g łączy się z kontaktem ślizgowym potencjometru E. Naczynko, w którym roztwór poddany zostaje elektrolizie, zasilane jest zmienną siłą elektromotoryczną, uwarunkowaną położeniem kontaktu ślizgowego E względem punktu C. Układ ten pozwala na badanie napięcia rozkładowego elektrolitów. Galwanometr rejestruje automatycznie natężenia prądu płynącego przez elektrolit. Są one rzędu  $10^{-9}$  —  $10^{-6}$  ampera. Metodą polarograficzną bada się roztwory o stężeniach rzędu od 0,005 do 0,01 normalnych. Do badań bierze się 2 do 5 mililitrów roztworu.

Zarejestrowane wyniki elektrolizy metodą polarograficzną nazywa się *polarogramem*. Krzywa rejestrowana, a wykazująca zależności natężenia prądu od przyłożonego napięcia nazywa się *falą polarograficzną*.

Na rys. 2 przedstawiony jest polarogram wykonany w pracowni IMO, na polarografie typu *Cambridge*. Do potencjometru przyłączony był potencjał 3 V. Pracowano czułością galwanometru  $S = 1:150$ . Maksymalnie tłumione były roztworem żelatyny.



Rys. 2. Polarogram mosiądzu

Przy pomocy polarografu można przeprowadzać oznaczenia jakościowe i ilościowe. Potencjał półfali (potencjał odpowiadający potencjałowi przyłożonemu w tym miejscu, w którym fala osiąga połowę wysokości), charakterystyczny dla danego rodzaju jonów, pozwala na zidentyfikowanie jonów, znajdujących się w roztworze. Natężenie prądu zaś jest proporcjonalne do stężenia jonów badanych. Znając jego wartość, przy pomocy odpowiedniego wzoru lub metodą porównawczą, określić można stężenie jonów w roztworze.

Metoda polarograficzna znalazła szerokie zastosowanie przy seryjnych analizach metali i stopów. Przy jej pomocy wykonać można np. następujące prace:

- 1 — Jakościowe i ilościowe oznaczenie prawie wszystkich metali, przeprowadzonych do roztworu w formie jonów prostych lub kompleksowych.
- 2 — Analiza stopów miedzi, niklu i cynku.
- 3 — Analiza stali i produktów żelaznych, w których oznaczyć można minimalne nawet domieszki metali.
- 4 — Analiza różnych rud.
- 5 — Oznaczenie zanieczyszczeń w czystych metalach.
- 6 — Oznaczenie zanieczyszczeń w stopach.

Z powyższego wynika, że metodą polarograficzną wykonać można prawie wszystkie oznaczenia jakościowe i ilościowe, wchodzące w zakres analizy metali i stopów.

Jeśli więc weźmie się pod uwagę, że polarografy nie są zbyt drogie, obsługa nietrudna, używa się małe ilo-

ści roztworów (co wydatnie zmniejsza koszty analizy), praca jest szybka i dokładna, spodziewać się należy, że w najbliższym czasie metoda polarograficzna znajdzie właściwe dla siebie miejsce w budujących się, rozbudowujących lub przechodzących na nowocześniejsze metody pracy, laboratoriach.

W Polsce polarografia ma dotychczas niewielkie zastosowanie. Spowodowane jest to (między innymi) brakiem polskiego typu polarografu przystosowanego do potrzeb krajowego przemysłu. Główny Instytut Mechaniki prowadzi prace wstępne zmierzające do budowy prototypu polarografu przemysłowego.

W pracowni polarograficznej Instytutu Metaloznawstwa i Obróbki opracowuje się przepisy analiz pod kątem stosowania ich w przemyśle. Obecnie opracowuje się nową, szybką metodę analizy mosiądzów. Jednocześnie prowadzone są prace nad zastosowaniem amperometrycznego (polarometrycznego) miareczkowania.

## ZASTOSOWANIE ROZPUSZCZALNIKA ACETONOWO-METYLOWEGO JAKO DODATKU DO PALIW SILNIKÓW GAŹNIKOWYCH

W ramach akcji zmierzającej do uzyskania oszczędności benzyny i wyzyskania paliw zastępczych, postawione zostało zagadnienie wykorzystania jako dodatku do paliw „rozpuszczalnika H” zawierającego aceton i alkohol metylowy.

Instytut Motoryzacji podjął zadanie stwierdzenia jaki maksymalny dodatek „rozpuszczalnika H” do rynkowej mieszanki BA (rok 1950) oraz do benzyny etylizowanej BE jest dopuszczalny bez nadmiernego spadku mocy silnika i wzrostu zużycia paliwa przy zachowaniu normalnej regulacji silnika.

W dalszym ciągu zadanie polegało na znalezieniu optymalnych nastaw gaźnika i zapłonu dla paliwa samochodowego z dodatkiem „rozpuszczalnika H”.

Objętościowo skład chemiczny omawianego rozpuszczalnika wg danych C.H.P. Chem. przedstawia się następująco:

alkohol metylowy	— 50%
aceton	— 30%
octan metylowy	— 20%

Własności fizyczne badanych mieszanek ujmuje tabela:

L. p.	Skład obj. paliwa	Ciężar własc. w 20°C	Wart. opał. kcal/kg	Wart. opałowe kcal/litr		Ciepło parowania kcal/litr	
				bezwzgl.	w% BA	bezwzgl.	w% BA
1	BA	0,745	9480	7060	100	84	100
2	BA+10%H	0,752	8960	6820	96,8	93	110,8
3	BA+15%H	0,758	8830	6700	94,9	98	117
4	BA+20%H	0,760	8670	6580	93,0	102	121,5
5	BA+25%H	0,763	8500	6450	91,5	106	126,5
6	BA+30%H	0,766	8290	6340	89,7	111	132
7	BE+40%H	0,769	8300	6380	90,3	106	126,5
8	BE	0,732	10300	7540	104,0	60	

Badania przeprowadzono na silniku seryjnym Fiat 1100B i na podwoziu tejże marki (próby drogowe) przy następujących nastawach:

- a) normalna regulacja gaźnika i kąta zapłonu. Dysza paliwowa o przepustowości 621,5 cm<sup>3</sup>/min dla mieszanki BA + 15,25,30% H;
- b) optymalna regulacja gaźnika i kąta wyprzedzenia zapłonu dla mieszanki BA + 10 i 20% H. Dysza paliwowa o przepustowości 290 cm<sup>3</sup>/min oraz
- c) optymalna regulacja gaźnika i kąta wyprzedzenia zapłonu — przepustowość dyszy paliwowej 298 cm<sup>3</sup>/min — dla mieszanki o zawartości 60% benzyny etylizowanej i 40% „rozpuszczalnika H”.

Próby na hamowni wykazały, że paliwo z dodatkiem „rozpuszczalnika H” wymaga ustawienia wcześniejszego kąta zapłonu, a regulacja gaźnika może pozostać bez zmiany. Stwierdzono podnoszenie się sprawności ogólnej silnika, co wyraża się mniejszym termicznym zużyciem paliwa, przy czym najkorzystniejsza okazała się mieszanka o zawartości 10 ÷ 25% „rozpuszczalnika H”. Czynniki ograniczającymi możliwe do zastosowania zawartości „rozpuszczalnika H” w paliwie, są przede wszystkim jego lotność oraz wysokie ciepło parowania.

Próby jazdy drogowej i miejskiej wykazały nieco większe zużycie paliwa, zawierającego „rozpuszczalnik H” wyrażone w l/100 km; jednakże w przeliczeniu na wartość opałową — w warunkach jazdy miejskiej — okazało się ekonomiczniejsze. Gorszy wynik przy jeździe drogowej, szczególnie w chłodnej porze roku, wskazuje na niekorzystny wpływ wysokiego ciepła parowania paliwa z „rozpuszczalnikiem H”.

Stosunkowo krótki okres prób (3 tygodnie) nie wykazał szkodliwego korozyjnego działania zawartości „rozpuszczalnika H” w paliwie.

Na podstawie przeprowadzonych badań został wypracowany wniosek o przydatności „rozpuszczalnika H”, jako dodatku do paliwa do silników gaźnikowych w następujących proporcjach:

lato 80% BA i 20% H  
jesień, zima, wiosna 90% BA i 10% H.

# PRZEGLĄD BIBLIOGRAFICZNY MECHANIKI

OPRACOWANY PRZEZ OŚRODKI DOKUMENTACJI  
GŁÓWNEGO INSTYTUTU MECHANIKI

## DODATEK DO MIESIĘCZNIKA „PRZEGLĄD MECHANICZNY”

ROCZNIK 2

WARSZAWA, WRZESIEŃ 1951

NR 9

### OŚRODEK DOKUMENTACJI KONSTRUKCJI MECHANICZNYCH

#### A — DŹWIGI

##### A2 — Podnośniki.

43\* A22:B24 621.867:69.00.25 B3 9—51  
Zielichenok G. G. **Montaż szybkościowy zakładów budownictwa przemysłowego.** „O skorostnom montażu priedpriatij stroitielnoj industrii“. *Miechanizacja Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 7, nr 7, lip. 50, s. 16, A4, 6,5 str., 1 fot., 10 rys. — Podano różne rodzaje montażu zakładów budownictwa przemysłowego. Metody pracy wyjaśniono na przykładach montażu galeeryjki przenośnika taśmowego i kubełkowego przy pomocy wciągarki. Przedstawiono również sposób montażu stopniowego przenośnika kubełkowego.

##### A4 — Żurawie.

44\* A4 621.873 B3 9—51  
Gitman I. B. **Żurawie bramowe do obsługi składów konstrukcji stalowych.** „Kozłowyje krany dla obsłużiwania składow mietalicznych konstrukcyj“. *Miechanizacja Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 3, marzec 51, s. 19, A4, 2,5 str., 4 rys., 1 tab. — Biuro Promstalomontaż zaprojektowało żurawie bramowe do obsługi składów konstrukcji metalowych. Żurawie te, o identycznej konstrukcji budowane są w trzech wielkościach, o udźwigu 15, 20 i 50 t, zaopatrzone są w elektryczne wózki jezdne. Napęd mechanizmu jazdy bramy żurawia odbywa się osobnym silnikiem elektrycznym. W porównaniu z żurawiem kolejowym koszty eksploatacji są czterokrotnie niższe. Oszczędność na każdej przeladowanej tonie wynosi 24 ruble. Żurawie bramowe znalazły szerokie zastosowanie.

#### B — URZĄDZENIA PRZENOŚNIKOWE

45\* B 656.225 B3 9—51  
Mielnikow N. B. **Transport i przeładunek cegły przy pomocy pojemników (kontenerów).** „Pieriegruzka i transportirowa kirpicza s primienieniem kontejnerow“. *Miechnizacja Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 7, nr 7, lip. 50, s. 23, A4, 1 str., 3 rys. — Opis zmechanizowanego transportu i przeładunku kontenerowego cegły z cegielni na budowę. Metoda ta pozwala na zmniejszenie ilości przeładunków ręcznych z dziewięciu na dwa, trzykrotne skrócenie czasu postoju samochodów w czasie załadunku i wyładunku oraz wydadne zmniejszenie stłuczki. Jednocześnie wielu ludzi zwalnia od ciężkiej pracy.

##### B6 — Kolejki linowe.

46\* B6 625.5:531.3 B3 9—51  
Dukielskij A. I. **Obliczenie wytrzymałościowe lin podtrzymujących siatki, w zależności od sił dynamicznych, metodą odciążen dopuszczalnych.** „Dinamiczeskij razczot procznosti sietiewych kanatow po mietodu dopuskajemych nagruzok“. *Miechanizacja Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 1, stycz. 51, s. 22, A4, 2,5 str., 2 wykr., 1 tab. — Teoretyczne obliczenie wytrzymałościowe lin podtrzymujących siatki ochronne w zależności od sił dynamicznych. Siatki te zabezpieczają urządzenia naziemne od ewentualnego spadku wagonika kolejki linowej.

#### C — MASZYNY I SPRZĘT BUDOWLANY

##### C2 — Maszyny do robót fundanemtowych.

47\* C21 624.154:621.97 B3 9—51  
Wałuckij I. I. **Różne typy kafarów i wymagane ich cechy.** „O tipach i paramietrach nieobchodinnych swajnych mołotow“. *Miechanizacja Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 7, nr 7, lip. 50, s. 1, A4, 7 str., 6 rys., 2 wykr., 3 tab. — Przegląd kafarów parowych o pojedynczym i podwójnym działaniu oraz kafarów spalinowych. Wykazano wyższość kafarów o działaniu różnicowym, ze względu na ich łatwość transportu i siłę uderzenia. Rozpatrzono wypadki stosowania różnych młotów, w celu jak najlepszego wykorzystania ich. Wykazano możliwość ograniczenia ilości wymiarów przez zastosowanie odpowiedniego typu kafara dostosowanego do warunków.

##### C3 — Maszyny do czerpania i ładowania (usuwania) urobku.

48\* C3 621.879 B3 9—51  
Barinow W. A. **Ładowarka do śniegu T-105.** „Sniegopogruzczik T-105“. *Miechanizacja Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 1, stycz. 51, s. 10, A4, 1 fot. Opis prototypu ładowarki do śniegu T-105, produkcji Zakładów Budowy Maszyn Budowlanych „Ok-tjabrska Kuznica“. Ładowarka ta, zmontowana na podwoziu samochodu Zis-150, posiada wymiary gabarytowe 10050×2770×2690 mm i waży 7400 kG. Napędzana jest silnikiem samochodowym i sterowana z kabiny kierowcy. Dzięki swym zaletom znajduje szerokie zastosowanie przy oczyszczaniu terenu ze śniegu oraz przy ładowaniu węgla i torfu. Wydajność jej w czasie badań wynosiła 200 m<sup>3</sup>/godz. dla śniegu i 120 m<sup>3</sup>/godz. dla węgla.

49\* C3 621.879 B3 9—51

Urusow K. W., Wasilenko I. W., Balenka A. F. **Prze-konstruowana ładowarka jednoczerpakowa na ciągniku S-80.** „Modiernizirawanij odnokowszewoj pogruzczik na traktorze S-80“. *Miechanizacja Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 1, stycz. 51, s. 11, A4, 1 str., 1 rys. — Zakłady „Krasnyj Ekskawator“ w Kijowie przekonstruowały ładowarkę na ciągniku S-80, typu T-107 zwiększając kąt nachylenia łopaty czerpaka z 37° na 42°. Zwiększenie tego kąta ułatwia zsypanywanie się materiałów wilgotnych. Jednocześnie poszerzono część zagarniającą łopaty, poprawiono napęd liniowy, zabezpieczono liny przed tarciami oraz zamknięto całkowicie skrzynkę napędu. Przeprowadzone badania wykazały całkowitą przydatność ładowarki.

50\* C3:C4 621.879 B3 9—51

Wasiljew M. W. **Mechanizacja zespołowa prac ziemnych niewelacyjnych oraz wyrównywania dolów.** „Kompleksnaja miechanizacja planirowocznych ziemlanych robot i zacistki wskryszii“. *Miechanizacja Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 1, stycz. 51, s. 12, A4, 1,5 str., 1 fot., 2 rys., 1 tab. — Opis pracy ładowarki T-107 przy niwelowaniu terenu. Część zebranej ziemi przewożono na odległość około 1 km. Ładowarka osiągnęła wydajność do 200 m<sup>3</sup> na zmianę, przy współpracy spycharki oraz 6-ciu samochodów-wrotek. W czasie badań wykryto szereg wad w konstrukcji ładowarki.

## C — MASZyny I SPRZĘT BUDOWLANY c. d.

51\* C31 621.879 B3 9—51

Arwan M. B., Szofler W. B. **Koparka wieloczerpakowa do rowów ET-121.** „Mnogokowszewyj transzejnyj ekskawatör ET-121“. *Miechanizacija Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 2, luty 51, s. 23, A4, 3 str., 5 rys., 1 tab. — Zakłady Budowy Koparek w Dmitrowsku wyprodukowały według własnej konstrukcji prototyp nowej koparki do rowów. Koparka ta jest zbudowana na podwoziu ciągnika rolniczego STZ-NATI, o mocy 52 KM i 1250 obr/min, może kopać rowy o szerokości 0,5 m i głębokości 1,2 m. Wydajność jej wynosi 90 m<sup>3</sup>/godz. przy 19 czerpakach, o pojemności 12 l. każdy. Rama czerpaków może zmieniać położenie. Koparka posiada skrobak, służący do wygładzania dna kopanego rowu. Całość waży 7570 kG. Koparkę zakwalifikowano do produkcji seryjnej.

52\* C31 621.879.22:531.2:531.25 B3 9—51

Groman M. B. **Nowa metoda obliczeń statycznych koparki o podstawie okrągłej.** „Osobiennosti statičesko razzčeta ekskawatöra z krugłoj bazoj“. *Miechanizacija Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 7, nr 6, czerw. 50, s. 1, A4, 4 str., 1 rys., 9 wykr. — W koparce o podstawie okrągłej badano współczynnik stateczności oraz rozkład nacisków jednostkowych na grunt, w zależności od miejsca przyłożenia siły. Wykazano, że dla koparki o podstawie okrągłej jądro przekroju jest mniejsze niż dla koparki o podstawie prostokątnej (o dwu gąsienicach), w wyniku czego stateczność takiej koparki jest mniejsza. Po przejściu siły poza jądro przekroju zwiększają się naciski jednostkowe na grunt i dają się wyznaczyć tylko graficznie.

53\* C31 621.879.22 B3 9—51

Pieters Je. R., Fiedorow J. I. **O koparkach średniej pojemności do robót w skałach.** „Ob ekskawatörach dla skalnych rozrabortok śriednich objomow“. *Miechanizacija Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 1, stycz. 51, s. 5, A4, 5 str., 1 tab. — Zakłady Budowy Koparek w Woroneżu przeprowadziły w r. 1950 badania 20 koparek jednosilnikowych typu 1003, własnej produkcji. Badania powyższe były przeprowadzone w 8-miu różnych punktach kraju w celu poznania zachowania się koparek w różnorodnych warunkach pracy. Wykazały one szereg zalet, jak dużą wydajność i zwrotność oraz łatwość obsługi w gruntach średnio ścisłych. Stwierdzono natomiast, że koparki te nie nadają się do pracy w gruntach skalnych, ze względu na zbyt słabą konstrukcję.

54\* C31:A4 621.879.22:621.873:624.132 B3 9—51

Riebrov A. S. **Koparka-żuraw na kołach ogumionych.** „Ekskawator-kran na pniewmokolessom chođu“. *Miechanizacija Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 7, nr 6, czerw. 50, s. 5, A4, 7 str., 1 fot., 8 rys., 1 wykr. — Prototyp koparki-żurawia E-255, zbudowanej na specjalnym podwoziu i platformie obrotowej. Napęd od silnika spalinowego o mocy 59 KM. Koparka jest wyposażona w łyżkę nasiebierną 0,25 m<sup>3</sup>, łyżkę podsiebierną 0,35 m<sup>3</sup> oraz żuraw w wysięgnikiem o długości 8 m i udźwigu 5 t. W czasie badań ustalono, że w porównaniu z innymi typami, koparka E-255 posiada następujące zalety: mniejszą wagę (11,7 t), lżejsze łyżki, dużą stateczność i zwrotność oraz większą siłę kopania, dzięki której osiąga o 40% większą wydajność niż koparka G.K.A. 0,25/5. Przeznaczono ją do robót w budownictwie miejskim, przede wszystkim przy fundamentach i wykopach, oraz do prac drogowych.

55\* C31:B21 621.879:621.867 B3 9—51

Dorofiejew P. P. **Doświadczenia z pracy w zmechanizowanej kopalni.** „Iz opyta raboty miechanizirowannowo kariera“. *Miechanizacija Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 1, stycz. 51, s. 13, A4, 1,5 str., 2 fot., 2 rys. — Przedsiębiorstwa eksploatujące maszyny budowlane niejednokrotnie są zmuszone remontować je we własnym zakresie. Dla przykładu podano wyniki prac przy remoncie koparek i przenośników taśmowych w kopalni w Dmitrowsku. Naprawiano tam zużyte części łyżek, rękojeści, wysięgniki oraz wymie-

niano takie części przenośników, jak bębny i rolki. Remont odbywał się tylko w dni wolne od pracy. Dzięki dobrej organizacji plan 5-ciu letni wykonano w ciągu 3 lat i 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> miesiąca.

56\* C31:044 621.879.22:621.879:608:650.1 B3 9—51

Szapiro I. A. **Zastosowanie metody inż. F. L. Kowalewa przy mechanizowanych pracach ziemnych.** „Primienienie metody inż. F. L. Kowalewa na miechanizirowannych ziemlianych rabotach“. *Miechanizacija Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 3, marz. 51, s. 5, A4, 3 str., 4 rys., 5 tab. — W roku 1950 Ministerstwo Kolei przeprowadziło badania stachanowskich zmechanizowanych metod prac ziemnych, stosując przy tym zbierarki (skrepery) i koparki. Doświadczenia wykazały, iż metoda inż. Kowalewa jest uniwersalna, gdyż daje się stosować we wszystkich pracach. W czasie badań analizowano pracę stachanowców Strielcowa i Pirogowa na zbierarkach (skreperach) oraz Wasilewa i Glebyszowa na koparkach jednośluzkowych. Czas trwania poszczególnych operacji notowano przy pomocy chromometru. Ciekawe wyniki tych pomiarów podano w formie tablic.

57\* C31:C6:C63:A4 621.879.22:69.00.25:621.873:608:650.1 B3 9—51

Ajzenberg N. M. **Doświadczenia z mechanizacji robót przy budowie drapacza Ministerstwa Kolei.** „Iz opyta miechanizacji rabot na stroitielstwie wysotnowo zdannja Ministerstwo putiej soobszczennja“. *Miechanizacija Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 3, marz. 51, s. 16, A4, 3,5 str., 5 fot., 2 rys. — Doświadczenia z budowy drapacza Ministerstwa Kolei w Moskwie, o kubaturze 256380 m<sup>3</sup> i wysokości 25 pięter. Przy wykopach fundamentowych pracowały koparki E-505 produkcji radzieckiej. Dla zabezpieczenia ścian wykopów przed obsuwaniem zastosowano ich zamrażanie. Do betonowania ław fundamentowych użyto rur wibracyjnych (patrz nr 10, rok 50, *Miechaniz. Stroit.*). Konstrukcję stalową montowano przy pomocy żurawia na gąsienicach oraz żurawi wieżowych BKKM-1 i SBK-1. Materiały budowlane transportowo w pojemnikach (kontenerach) wprost na miejsce budowy. W ogólności w czasie budowy zastosowano wiele pomysłów racjonalizatorskich.

58\* C32 621.879 B3 9—51

Bondarienko Z. P., Wasilenko I. W., Garbuzow Z. Je., Michajłow P. M., Urusow K. W. **Koparka EM-161.** „Ekskawator EM-161“. *Miechanizacija Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 3, marz. 51, s. 2, A4, 3,5 str., 7 rys. — Zakłady Budowy Koparek w Kijowie wyprodukowały prototyp koparki wieloczerpakowej EM-161 według projektu oddziału WNII Stroj-dormasz w Leningradzie. Koparka ta przeznaczona jest do kopania i oczyszczania kanałów o szerokość 3,5 m u góry, głębokości 1,5 m i o pochyleniu brzegów 1:1. Wydajność koparki wynosi 34 m<sup>3</sup>/godz. Jest ona zaoprzęgniata w silnik typu Y-2, o mocy 22 KM, przy 1200 obr/min i pojemności czerpaków 16 l. Ciężar wynosi 8000 kG. Koparka ta jest zbudowana na jednej gąsienicy głównej i drugiej pomocniczej, służącej jako wspórka z tym, że odległość między gąsienicami może być zmieniana w granicach od 1750 do 4900 mm. Zalety wymienionej koparki są następujące: równomierny nacisk na grunt, duża szybkość robocza, zwrotność, spokojna praca mechanizmów oraz szerokie możliwości zastosowania.

## C4 — Maszyny do wznoszenia, czerpania i przesuwania urobku.

59\* C4:H 656.225 B3 9—51

Szapiro I. A. **Zmechanizowany wyladunek materiałów sypkich z platform kolejowych.** „Miechanizirowannaja razgruzka sypuczich gruzow z żeleznodoroznyh platform“. *Miechanizacija Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 7, nr 6, czerw. 50, s. 22, A4, 1,5 str., 3 fot., 1 rys. — Do zmechanizowanego wyladunku materiałów sypkich z platform kolejowych użyto pług, składają-

## C — MASZyny I SPRZĘT BUDOWLANY c. d.

cego się z dwu lemieszów o kącie rozwarcia 120°. Pług waży 1,85 t i jest napędzany przy pomocy liny do parowozu. Przesuwa się na rolkach, po szynie leżącej na platformie wzdłuż całego składu pociągu. Przerwy między platformami pokrywa się specjalnymi pomostami metalowymi. Wyładunek 20 platform załadowanych gliną trwa tylko 3 minuty, przy czym ilość ludzi zatrudnionych zmniejsza się dziesięciokrotnie, a czas postoju skraca się z 70 do 20 minut.

## C5 — Maszyny do przygotowania urobku.

60\* C51 621.926 B3 9—51

Miejbom R. W. **Udoskonalone łamacze S-182**. „Uso-wierszenstwowanie drobniaki S-182”. *Mechanizacja Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 2, luty 51, s. 20, A4, 2 str., 3 wykr., 4 tab. — Został przekonstruowany łamacz szcękowy jednorozporowy S-182, konstrukcji WNII Strojdomasz. Poprawiono kinematykę szczęki ruchomej, przez co osiągnięto mniejsze-nie rozchodu mocy do 2,11 KW na 1 m<sup>3</sup> kamienia kru-szonego. W czasie badań okazało się, że spośród trzech wielkości szczeliny wylotowej (20, 50 i 80 mm) najod-powiedniejsza jest szerokość 50 mm, gdyż daje pro-dukt najbardziej jednolity. Wyniki badań potwierdziły celowość zmian w konstrukcji łamacza S-182, gdyż przekonstruowany typ S-282A jest od niego dosko-nalszy.

61\* C51 621.926:658.2:658.28 B3 9—51

Gorbatow N. A. **Zakłady kruszarskie o dużej wydaj-ności**. „Kamniobrobnyj zawod bolszej proizwoditel-nosti”. *Mechanizacja Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 2, luty 51, s. 16, A4, 4 str., 7 rys., 1 tab. — Opis wielkich zakładów kruszarskich o wy-dajności rocznej 674 tys. m<sup>3</sup> (przy pracy na dwie zmia-ny po 8 godz.). Moc silników elektrycznych 450 KW. Zaletę zakładów stanowi potokowość produkcji, wadą natomiast jest wielka ilość mechanizmów, wzajemnie od siebie zależnych oraz zbyt małe silosy. Szczupłość silosów powoduje konieczność magazynowania materia-łów w składach, podnoszącą koszty eksploatacji. Kon-trola Strojdomasz zalecała przy projektowaniu nowych zakładów usunąć te wady.

## C6 — Urządzenia i do produkcji betonu i wyrobów betonowych.

62\* C6 621.929:621.54 B3 9—51

Łapir F. A. **Napędy pneumatyczne w zautomatyzowa-nych wytwórniach betonu**. „Pniewmopriwody awto-matizirovannyh betonnnyh zavodow”. *Mechanizacja Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 2, luty 51, s. 14, A4, 2 str., 5 rys. — Porównanie szeregu napędów stosowanych w wytwórniach betonu, jak: elektryczno-mechaniczny, hydrauliczny i pneumatycz-ny ze sterowaniem elektrycznym. Odnacza się od pro-stoty konstrukcji i łatwością obsługi oraz posiada nie-wielkie ilości części ulegających szybkiemu zużyciu. W Związku Radzieckim, w wielkich wytwórniach be-tonu napęd ten jest powszechnie stosowany. Służy on do zamykania i otwierania zaworów i klap silosów. dozowania wody oraz przechylania rynny wysypowej betoniarek. Napęd ten jest niezawodny i wymaga je-dynie regularnego smarowania.

63\* C6:C61 621.929 B3 9—51

Zieliczenok G. G. **Montaż zautomatyzowanych wy-twórni betonu**. „Montaż awtomatizirovannyh betonnnyh zavodow”. *Mechanizacja Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 2, luty 51, s. 10, A4, 3 str., 3 fot., 3 rys. — Opis montażu dwóch zautomaty-zowanych, potężnych wytwórni betonu: pierwsza z dwoma betoniarkami o pojemności 1200 l każda oraz druga — z ośmioma betoniarkami o pojemności 2400 l.

64\* C6:C61:B21:B32 621.929:621.867:658.2:658.28 B3 9—51

Botwinko M. Je. **Zautomatyzowane wytwórnie betonu z betoniarkami o pojemności 1200 l**. „Awtomatizirovan-

nyje bietonnyje zavody z bietonomieszalkami pc 1200 l”. *Mechanizacja Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 2, luty 51, s. 13, A4, 1 str., 1 fot. — W 1949 r. Strojdomasz opracował projekty zautoma-tyzowanych wytwórni betonu z zastosowaniem beto-niarek o pojemności po 1200 l. Wytwórnia mieści się w wieży o żelaznej konstrukcji, wysokości 22 m, ze ścianami drewnianymi, izolowanymi watą mineralną. W wieży tej, na górze znajdują się silosy, poniżej — pomieszczenia do dozowania składników oraz beto-niarki na samym dole — samochody ciężarowe pobie-rające gotowy beton. Materiały podawane są przy po-mocy transportera taśmowego, o szerokości taśmy 650 mm, a cement — transporterem ślimakowym. Cykl pracy betoniarki trwa 2,5 min. Przy dwóch betoniar-kach wydajność wytwórni wynosi 300 m<sup>3</sup>/godz. Całość obsługuje 2 ludzi przy pomocy aparatury elektrycznej. Wytwórnie betonów wg tych projektów zdały egzami-n i zostały zakwalifikowane do jak najszerzego zasto-sowania.

65\* C6:C61:B21:B24:B32 621.929:621.867:621.312 B3 9—51

Zieliczenok G. G. **Zautomatyzowane wytwórnie betonu z betoniarkami o pojemności po 2400 l**. „Awtomatizirovannyje bietonnyje zavody z bietonomieszalkami po 2400 l”. *Mechanizacja Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 2, luty 51, s. 4, A4, 6 str., 11 fot., 3 rys. — W r. 1950 uruchomiono szereg potężnych wy-twórni betonu. Posiadają one 8 betoniarek o pojem-ności 2400 l każda oraz skład mogący pomieścić 18400 t cementu. Te ogromne wytwórnie, o kubaturze 5700 m<sup>3</sup> i powierzchni 550 m<sup>2</sup>, przerabiają w ciągu doby 3500 m<sup>3</sup> żwiru, 2000 m<sup>3</sup> piasku, 1500 t cementu i 800 m<sup>3</sup> wody. Na 1 m<sup>3</sup> gotowego betonu zużywa się 1,7 KW. W okre-sie zimy materiały podgrzewa się do temp. 40°, a wodę do temp. 60°. Materiały są podawane transporterem o szerokości taśmy 800 mm i wydajności 300 m<sup>3</sup>/godz. Cement jest przenoszony transporterami ślimakowymi oraz elewatorami pionowymi. Cała aparatura jest zme-chanizowana. Sterowanie odbywa się z centrali przy pomocy elektrycznej tablicy rozdzielczej.

66\* C6:C63 621.928 B3 9—51

Jermotajew P. S. **Wybór sita do usuwania piasku ze żwiru metodą suchego odsiewu**. „Wybor tipa prosie-ivajuszczej powierchnosti dla suchowo sposoba otsie-va pieska iz grawijnych smiesiej”. *Mechanizacja Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 7, nr 6, czerw. 50, s. 12, A4, 4 str., 2 fot., 3 rys., 2 wykr., 2 tab. — La-boratorium aglomeracyjne badało różne typy sit, przeznaczone do otrzymywania czystego żwiru, metodą suchego odsiewu. adano sita prętowe i druciane oraz sita druciane — szczelinowe. Najlepsze wyniki dało sito druciane-szczelinowe; jest ono proste w budowie i montażu, lekkie (waży 17 kG) i daje się wmontować w każdy przesiewacz. Najlepiej pracuje w położeniu poziomym przy 725 wstrząsach, przy pochyleniu — przy 980 wstrząsach na minutę.

67\* C6:C63 625.8 B3 9—51

Mikłaszewskij E. P. **Zmechanizowana instalacja roz-prowadzania i ubijania masy betonowej**. „Miechaniza-cja razravnivannja i pătinnienja bietonnoj smiesi”. *Miechanizacja Stroitielstwa*, Moskwa, mies., t. 7, nr 7, lip. 50, s. 12, A4, 3,5 str., 4 fot., 3 rys., 1 tab. — Opis zmechanizowanego urządzenia do rozprowadzania i ubijania betonu do nawierzchni drogowych. Urządze-nie to daje beton jednolity, o większej wytrzymałości, pozwala na stosowanie betonów gęstych, co zmniejsza zużycie wody, z jednoczesnym wzrostem wytrzymałości, względnie zmniejsza zużycie cementu przy tej sa-mej jakości betonu. Kompletne urządzenie składa się z 16 wibratorów wgłębnych i może rozprowadzić w ciągu 1 minuty do 3 m<sup>3</sup> masy betonowej, układając ją w warstwę o grubości 25 cm. Ciężar całego urządzenia wynosi 700 kG. Wydajność w rozprowadzaniu i ubija-niu betonu wynosi do 30 m<sup>3</sup>. Obsługa wymaga 3 ludzi, podczas gdy dotychczasowe normy przewidywały 6 lü-dzi. Załączono schematy i opisy kilku typów wibra-torów.

## C — MASZyny I SPRZĘT BUDOWLANY c. d.

- 68\* C61a 621.929 B3 9—51  
Androsow A. A., Klimiec M. W. **Mieszarka do asfaltobetonu D-225**. „Asfaltobetonmiesiściel D-225“. *Mechanizacja Stroitelstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 3, marz. 51, s. 8, A4, 5 str., 4 fot., 4 rys., 5 wykr., 1 tab. — W r. 1950 Zakłady Budowy Maszyn Drogowych im. Stalina w Kriemenczugu wyprodukowały, według projektu WNII Strojdomasz, nową mieszarkę do asfaltobetonu, o wydajności 8—10 t/godz. Agregat składa się z suszarki, urządzenia dozującego i mieszarki właściwej. Całość waży 16000 kg i zmontowana jest na konstrukcji wieżowej. Moc silnika napędzającego mechanizm wynosi 45 KM. W czasie badań mieszarka przepracowała około 700 godz. ujawniając szereg zalet, ale również i wad. Te ostatnie będą wyeliminowane przy dalszym rozpracowywaniu prototypu oraz przy technologii pracy.
- 69\* C61a 621.929:691.16:621.855 B3 9—51  
Simonow B. I. **Próby zmechanizowania podawania bitumu i zapełniacza do mieszarki do asfaltu**. „Opyt mechanizacji podaczi bituma i zapolnitiela k asfaltomiesiścielu“. *Mechanizacja Stroitelstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 3, marz. 51, s. 14, A4, 2 str., 5 rys. — Główny mechanik zakładu asfaltobetonowego Gorderstroja Chlestow N. B. zastosował transporter łańcuchowy przy podawaniu proszku mineralnego z młynka do bębna mieszarki. Jest to łańcuch Galla, a podziałość 7/8", poruszający się w dwu odcinkach rur o średnicy 150 mm z szybkością 0,6 m/sek. Wydajność transportera wynosi 5,5 t/godz. i zastępuje pracę 12 ludzi. Drugim pomysłem tegoż mechanika jest urządzenie do podgrzewania bitumu w jamie i przelewanie go do kotłów. Urządzenie to służące do powyższego składa się z podgrzewacza i pompy tłokowej, zastępuje pracę 24 ludzi i uwalnia jeden samochód.
- C7 — Maszyny do robót w zaprawie i robót wykańczających.**
- 70\* C7 621.928 B3 9—51  
Bauman W. A. **Jakie winny być sita w sortownikach wibracyjnych**. „Kakimi dołzny być sita dla wibracyjnych grochotow“. *Mechanizacja Stroitelstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 2, luty 51, s. 22, A4, 1 str., 2 rys., 2 tab. — WNII Strojdomasz badał szybkość zużywania się sit St 3, 65 G, 60 G, PK 1, WS. Sita badano na sortowniku S 12, przy 1400 wstrząsach na miutę i amplitudzie drgań 6 mm. Wyniki badań ujęto w tablice porównawcze, przy czym wytypowano sito 65 G, ze stali manganowej jako najwytrzymalsze.
- 71\* C7 69:666.7:691.8 B3 9—51  
Miszułowicz L. Ja. **Urządzenia do mechanicznej obróbki wyrobów ceramicznych**. „Oborudowanje dla mechaniczeskoj obrabotki kieramiczeskich izdelij“. *Mechanizacja Stroitelstwa*, Moskwa, t. 8, nr 1, stycz. 51, s. 14, A4, 4 str., 1 fot., 7 rys. — W Moskwie przy budowie wielopiętrowych domów są używane wszelkiego rodzaju pustaki ceramiczne. Opisano maszyny LPZ-2 i LPZ-3 do szlifowania powierzchni różnych pustaków oraz maszynę do ich przycinania z dokładnością do 1 mm. Maszyny te, proste w budowie są jednocześnie bardzo wydajne. Wydajność szlifierki na jedną zmianę wynosi mianowicie do 50 m<sup>2</sup>, zaś piły — do 8 m<sup>2</sup>.
- 72\* C7 693.6:69.00.25 B3 9—51  
Łukjanow E. W. **Tablica sterująca do robót sztukatorskich**. „Pult upravlenija sztukatornoj ustanowkoj“. *Mechanizacja Stroitelstwa*, Moskwa, mies., t. 7, nr 6, czerw. 50, s. 23, A4, 1,5 str., 2 fot., 1 rys. — Zmechanizowany agregat do robót sztukatorskich składa się z mieszarki, kompresora, urządzenia tłoczącego zaprawę i innych pomocniczych mechanizmów. Centrala dźwiękowo-światlna, obsługiwana przez jednego pracownika, pozwala na kierowanie mechanizmami agregatu. Wydajność agregatu na jedną roboczo-zmianę wynosi 750 m<sup>2</sup>.
- 73\* C7 621.512 B3 9—51  
Pumanow N. W. **Kompresor przenośny O-21**. „Pierienosnyj kompresor O-12“. *Mechanizacja Stroitelstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 1, stycz. 51, s. 18, A4, 3,5 str., 1 fot., 7 rys. 1 wykr., 1 tab. — Zakłady „Pniewmostrojstrumient“ im. Kalinina rozpoczęły produkcję lekkiego, przenośnego kompresora-agregatu typu O-21, służącego do zasilania pistoletów natryskowych sprężonym powietrzem. Konstrukcja została opracowana przez WBII Strojdomasz. Wydajność agregatu wynosi 0,1 m<sup>3</sup>/min. przy ciśnieniu roboczym 3 atm. Całość waży 16 kg. W skład agregatu wchodzi części produkowane seryjnie przez przemysł motoryzacyjny, jak: pierścienie tłokowe, sworznie, łożyska korbowodu itp.
- C10 — Maszyny i sprzęt wyposażenie warsztatów na terenie budowy.**
- 74\* C10 621.965 B3 9—51  
(WNII Awtogen). **Przyrządy do cięcia rur przy pomocy tlenu, TP-1**. „Maszina dla kislorodnoj obriezki trub TP-1“. *Mechanizacja Stroitelstwa*, Moskwa, mies., t. 7, nr 7, lip. 50, s. 24, A4, 1 str., 1 fot., 1 tab. — Przenośny ręczny przyrząd TP-1 do cięcia przy pomocy tlenu. Pozwala na cięcie rur pod dowolnym kątem oraz na cięcie kształtowe. Przecina rury o średnicy od 150 do 300 mm i grubości ścianek od 4,5 do 16 mm. Szybkość przecinania rury, za jednym obrotem palnika tlenowego, wynosi 350 mm/min — dla rury o grubości ścianki 4,5 mm i 260 mm/min — dla rury o grubości ścianki równej 16 mm.
- C12 — Sprzęt i narzędzia powietrzne i elektryczne.**
- 75\* C12 621.9:621.313.13 B3 9—51  
Barmasz W. N. **Narzędzia elektryczne z silnikami o wysokiej częstotliwości**. „Elektroinstrumienty s dwigatielami powyszennoj czastoty“. *Mechanizacja Stroitelstwa*, Moskwa, mies., t. 7, nr 6, czerw. 50, s. 16, A4, 5 str., 6 fot., 6 rys., 2 tab. — W r. 1949 Zakłady Elektroinstrumient rozpoczęły seryjną produkcję narzędzi z zastosowaniem szybkoobrotowych silników elektrycznych o dużej częstotliwości (200 okresów/sek). Opisano: klucz elektryczny I-61 do przykręcania nakrętek i śrub, narzynkę i gwintownik do szpilek I-62, maszynę do czyszczenia szwów spawania I-82 oraz I-63, nożyce elektryczne do cięcia płaskowników stalowych I-64 i I-65.
- 76\* C12 621.314.5 B3 9—51  
Barmasz W. N. **Przetwornica częstotliwości prądu I-88**. „Priobrazowatel czastoty toka I-88“. *Mechanizacja Stroitelstwa*, Moskwa, mies., t. 8, nr 3, marz. 51, s. 21, A4, 1,5 str., 1 fot., 2 rys. — Zakłady „Elektroinstrumient“ Ministerstwa Budowy Maszyn Budowlanych i Drogowych rozpoczęły produkcję przetwornic prototypu I-88, o mocy 1,5 KW. Przetwarzają one prąd trójfazowy normalnej częstotliwości (50 obr/sek), o napięciu 220 lub 380 V, na prąd o częstotliwości 20 obr/sek przy napięciu 36 V. Przetworzony prąd służy do napędu ręcznych przyrządów elektrycznych z silnikami o wysokiej częstotliwości. Przetwornica składa się z silnika asynchronicznego, krótkozwartego, o mocy 17 KW i generatora sześciobiegunowego, asynchronicznego, osadzonych na wspólnym wale. Ciężar agregatu, o wymiarach 300×330×550 mm, wynosi 40 kg.
- 77\* C12 621.512:621.97 B3 9—51  
Guriewicz A. Ja. **Młot do rozbijania betonu D-198**. „Bietonołom D-198“. *Mechanizacja Stroitelstwa*, Moskwa, mies., t. 7, nr 6, czerw. 50, s. 21, A4, 1,5 str., 1 fot., 1 rys. — Opis prototypu młota do rozbijania nawierzchni betonowych, D-198, działającego pod wpływem sprężonego powietrza. Młot zmontowany na ramie obrotowej, przymocowanej do samochodu ciężarowego typu IaAZ-200, jest obsługiwany z budki kierowcy. W czasie jednej roboczo-zmiany młot rozbija 150 m<sup>2</sup> nawierzchni o 30 cm grubości. Badania wykazały wysoką wydajność młota.

## OŚRODEK DOKUMENTACJI TECHNIKI CIEPLNEJ

## A — SILNIKI

- 207 A01z 631.37 B4 9—51  
 Franke R. **Obecny stan rozwojowy niemieckich ciągników rolniczych.** „Der Gegenwärtige Entwicklungsstand des deutschen Ackerschlepperbaues“. Z. VDI, Düsseldorf, 2 tyg., t. 93, nr 8, 11 marz. 51, s. 193, A4, 6,5 str., 12 fot., 1 wykr., 1 tab., 38 poz. bibl. — Przegląd produkowanych obecnie w Niemczech Zachodnich ciągników rolniczych i porównanie ich danych technicznych. Omówiono główne nowości konstrukcyjne, jak chłodzenie powietrzne, przekładnia wielobrzegowa, napęd a cztery koła. Podano ulepszenia, które przewiduje się w przyszłości.
- 208 A01/02z:C05z 534.6:621.43 B4 9—51  
 Kneule F. **Elektroakustyczna metoda badania zjawiska stuku.** „Das elektroakustische Klopfensverfahren“. MTZ — Motor-technische Zeitschrift, Stuttgart, t. 11, nr 2, marz.-kw. 50, s. 29, A4, 6,2 str., 3 fot., 6 rys., 4 wykr., 28 poz. bibl. — Metoda badania zjawiska stuku w silnikach spalinowych, oparta na mierzeniu dźwięku tworzącego się w sprężanej mieszance. Opis budowy i działania czujników oraz systemu wzmacniania przetwarzania impulsu dźwiękowego metodą elektryczną. Przykłady pomiarów w różnych silnikach (jedno i wielocylindrowych) oraz granice stosowalności opisanej metody.
- 209 A010zg 621.43 B4 9—51  
**Silniki przemysłowe Triumph.** „Triumph-Gemo-Motoren“. Auto, Freiburg/Brsgr, nr 2, stycz. 50, s. 44, A4, 2 str., 6 fot., 3 rys., 3 wykr., 1 tab. — Omówienie serii dwusuwowych silników benzynowych f-my Triumph do napędu maszyn budowlanych, tartacznych, rolniczych, drogowych itp. Zalety techniczne i eksploatacyjne. Uzasadnienie wyboru typu dwusuwu z tłokiem noskowym, mimo dużego doświadczenia i sukcesów firmy z silnikami o tłokach bliźniaczych i z płaskimi denkami. Wykresy mocy i zużycia paliwa w funkcji obrotów.
- 210 A01/03z 621.43:662.61 B4 9—51  
**Silnik spalinowy. (Instalacja wydechowa z dyszą ssącą systemu Chaudoir).** „Verbrennungsmotor (Chaudoir — Auspuffanlage mit Abgasstrahler)“. Österreichische Motorschau, Wien, mies., nr 9, 1950, s. 15, A4, 0,3 str., 1 rys. — Urządzenie zapewniające lepsze usuwanie spalin z cylindrów i przewodów wydechowych, oparte na wykorzystaniu ssania wytworzonego przez spaliny wychodzące z innych cylindrów.
- 211 A02pz:P 621.436:662.75 B4 9—51  
 Seifert A. **Badania na stoisku z jednocylindrowym, dwutaktowym silnikiem Diesela, chłodzonym wodą.** „Prüfstandsuntersuchungen an einem wassergekühlten Einzylinder - Zweitakt - Dieselmotor. MTZ Motor-technische Zeitschrift, Stuttgart, t. 11, nr 2, marz.-kw. 50, s. 45, A4, 2 str., 2 fot., 2 wykr. — Podano szczegółowe dane odnośnie spożycia paliwa przez dwutakt Diesela firmy Zanker Tübingen, metody pomiarów oraz ich wyniki, ujęte w formie wykresów.
- 212 A02z 629.114.2 B4 9—51  
**Ciągnik popularny.** „Der Volksschlepper von Porsche“. VDI Nachrichten, Düsseldorf, t. 4, nr 13, 7 lip. 50, s. 2, B3, 0,1 str. — Ogólny opis i zalety nowego, uniwersalnego ciągnika popularnego, konstrukcji dr Porsche, produkcji „Allgaier Werkzeug Gmbtt“, mocy 18 KM, ze sprzęgiem hydraulicznym.
- 213 A02z 621.436:629.123 B4 9—51  
**Nowy czterosuw Diesela z wysokim sprężem.** „Ein neuer Viertakt-Dieselmotor mit Hochaufladung“. VDI Nachrichten, Düsseldorf, t. 5, nr 3, 10 luty 51, s. 2, B3, 0,1 str. — Opis nowoskonstruowanego silnika Diesela, dostosowanego głównie do napędu statków, o mocy ok. 2000 KM, produkcji MAN AG. Augsburg, z urządzeniem doładującym w postaci turbiny na gazy odlotowe ze sprężarką. Podano główne dane techniczne, uzyskane na stoisku próbnym.
- 214 A02z 621.136 B4 9—51  
**Stan rozwoju silników stałych Diesela.** „Der Entwicklungsstand der ortsfesten Dieselmotoren“. Österreichische Motorbau, Wien, mies., nr 9, 1950, s. 3, A4, 2 str., 3 fot., 1 rys. — Sprawozdanie z 4. konferencji energetycznej w Londynie 1950 r., na której omówiono: 1) korzyści stosowania doładowania, głównie ze względu na obniżenie kosztów koniogodziny; 2) zagadnienie wyboru dwusuwu lub czterosuwu; 3) materiały stosowane obecnie w budowie silników; 4) smarowanie, chłodzenie, temperatury itp.
- 215\* A02z 621.4:625.23 B4 9—51  
**Wagon motorowy AEC z silnikiem poziomym.** „A.E.C. Railcar with Horizontal Engine“. Gas and Oil Power, London, mies., t. 45, nr 542, list. 50, s. 311, A4, 1,6 str., 1 fot., 2 rys. — Opis poziomego, 6-cylindrowego silnika spalinowego dla napędu wagonu motorowego na 32—46 pasażerów. Wagon prowadzi kilka lekkich przyczep. Silnik o mocy 125 KM i obr. max. 1800/min.
- 216\* A02z:P 621.436 B4 9—51  
 (British Internal-Combustion Engine Research Assoc.). **Silniki tłokowe na paliwo ciężkie.** „Piston-type oil engines“. Journal of the Institute of Fuel, London, mies., t. 23, nr 133, wrzes. 50, s. 263, A4, 4,5 str. — Omówiono problemy, na których skupia się uwaga konstruktorów i wytwórców silników na paliwo ciężkie oraz próby rozwiązania tych problemów w ostatnich czasach. Wspomniano o trzech typach silników, które prawie nie wyszły jeszcze poza ramy doświadczeń: silniku z obiegiem Rieselera, układzie silnik tłokowy — turbina gazowa oraz o silniku z tłokiem swobodnym.
- 217 A02z:P 621.436:662.6 B4 9—51  
 Zinner K. **Doładowywanie czterotaktów Diesela.** „Die Aufladung von Viertakt-Dieselmotoren“. Z. VDI, Düsseldorf, 2-tyg., t. 93, nr 3, 21 stycz. 51, s. 66, A4, 1,5 str., 4 wykr., 2 poz. zibl. — Omówiono sposoby doładowywania silników Diesela i podano wyniki ostatnich badań przy doładowywaniu metodą Büchi w porównaniu z innymi rodzajami doładowania. Poruszono zagadnienie współpracy doładowarki z silnikiem w zmiennych warunkach pracy.
- 218\* A02z:Z02:P0 621.436:662.76:621.187.1 B4 9—51  
 Williams A. E. **Wykorzystanie ciepła odlotowego z silników Diesela.** „Diesel Engine Waste-Heat Recovery“. Gas and Oil Power, London, mies., t. 45, nr 541, paźdz. 50, s. 247, A4, 3 str., 1 fot., 2 wykr., 2 tab. — Rozważania na temat możliwości wykorzystania ciepła gazów odlotowych z silników o spalaniu wewnętrznym do wytwarzania pary wodnej lub podgrzewania wody. Podano dane liczbowe, będące wynikiem badań przeprowadzonych nad silnikiem czterosuwowym i dwusuwowym.
- 219 A02/03z 621.43 B4 9—51  
**Dwutaktowy silnik spalinowy stały w układzie gwiazdzistym.** „Ortsfester Zweitakt-Sternmotor“. MTZ Motor-technische Zeitschrift, Stuttgart, t. 11, nr 2, marz.-kw. 50, s. 29, A4, 2,5 str., 7 fot., 1 rys. — Ogólne dane i zalety nowego silnika gwiazdzistego z wałem pionowym, produkcji firmy „Nordberg Manufacturing CO“, przeznaczonego dla siłowni, o możliwości stosowania w postaci silnika Diesla lub ewentualnie jako silnika gazowego.
- 220 A03z 629.114.2 B4 9—51  
**Ciągnik Lanz-Bulldog.** „Der Lanz-Bulldog“. VDI Nachrichten, Düsseldorf, t. 5, nr 3, 10 luty 51, s. 1, B3, 1,1 str., 3 fot., 1 rys. — Dane historyczne, opis działania i konstrukcji, zalety i niektóre cechy techniczne ciągnika z głowicą żarową. Obecny stan produkcji maszyn tego typu.

A — SILNIKI c. d.

221. A03z 621.431.75 B4 9—51  
 Pleines E. W. **50 lat silników lotniczych**. „50 Jahre Flugmotoren“. VDI-Nachrichten, Düsseldorf, t. 5, nr 3, 10 lutego 51, s. 3, B3, s. str., 4 fot. — Rys historyczny rozwoju silników lotniczych o mocy od 12 do 3500 KM oraz opis dążeń konstruktorów do osiągnięcia maksymalnej mocy przy najmniejszej wadze, wymiarach i największej niezawodności ruchu.
- 222\* A03z:Z02 662.99:621.43(084) B4 9—51  
 Walker W. J., Rogers C. **Nowsze przedstawienie wykresów zasadniczych i pomocniczych dla zmiennego ciepła właściwego i ich zastosowanie do zagadnień silników spalinowych**. „The Development of Variable Specific Heat Charts and Graphs, and their Application to Internal Combustion Motor Problems“. Institution of Mechanical Engineers Proc., London, t. 159, 1948, s. 301, A4, 12 str., 3 rys. 17 wyk., 3 tab., 5 poz. bibl. — W czasie cyklu pracy silnika spalinowego zachodzą duże zmiany ciepła właściwego mieszanki. Autorzy przedstawiają wykresy, przy pomocy których mogą być sporządzane teoretyczne wykresy indykatorowe dla zmiennego ciepła właściwego, mogące również służyć do studiów nad wykresami otrzymanymi doświadczalnie. Dla ilustracji przytoczono kilka przykładów liczbowych przeliczeń. Na końcu załączono dyskusję.
- 223\* A04kz 621.438 B4 9—51  
 Taddei M. **Samochodowe turbiny gazowe**. „Turbine a gas per autoveicoli“. Ingegneri, Milano, mies., nr 7, lip. 50, s. 761, A4, 8 str., 3 rys., 6 wyk. — Opis dwóch układów silnika turbinowego, zapewniających wzrost momentu obrotowego ze spadkiem prędkości, co jest konieczne w silnikach trakcyjnych. Omówiono wielkości charakterystyczne: sprawność, moc, moment obrotowy, stopień sprężenia, zużycie paliwa czyniąc porównania z silnikiem spalinowym tłokowym. Rozpatrzone pewne problemy konstrukcyjne. Dołączono dane charakterystyczne 4 spośród wykonanych turbin samochodowych (2 angielskich, 1 amerykańskiej, 1 francuskiej).
- 227\* A04z 621.438 B4 9—51  
 Bowden A. T. dr. **Turbiny gazowe dla celów przemysłowych**. „Gas Turbines for Industrial Purposes“. Engineering, London, tyg., t. 170, nr 4415, 8 wrzes. 50, s. 214, B4, 3 str., 3 wyk. — Autor w referacie swym, odczytanym przed Engineering British Association w Birmingham, w dn. 1. X. 50 r., przeprowadza podział typów turbin gazowych w zależności od mocy na małe — 50 do 350 KM, średnie do 5000 KM oraz duże — do 100 KW i rozważa ich przemysłowe możliwości rozwojowe. Posługując się wykresami analizuje obiegi termodynamiczne turbin gazowych z wymiennikiem i bez, z jedno i wielostopniowym sprężaniem i rozprężaniem przyrównując je do idealnego obiegu Carnota i obiegu turbiny parowej.
- 225\* A04z 621.13:621.438 B4 9—51  
**Normalny kurs lokomotywy gazoturbinowej nr 18000**. „A Routine Journey on No. 18000“. Oil Engine and Gas Turbine, London, mies., t. 18, nr 20, grudz. 50, s. 227, A4, 2 str., 2 fot. — Sprawozdanie z jazdy lokomotywą gazoturbinową nr 18000, kursującą w zachodnim okręgu kolei brytyjskich. Podczas opisywanej jazdy lokomotywa przebyła odcinek 190 km w czasie 2 godz. 17 min. z jednym przystankiem, ciągnąc 11 wagonów osobowych o łącznym ciężarze 367 t. Zużycie paliwa (oleje odpadkowe) 394 g/KMh; moc 2500 KM. W przeciwieństwie do parowozu można tu zanotować
- brak hałasu, zanieczyszczeń i większych drgań oraz potrzeby pracy fizycznej palacza. Produkcja — Brown Boveri (Szwajcaria).
- 226 A04z+A09+A07z 621.438+621.61+621.165 B4 9—51  
 Schäff K. **Obiegi turbin gazowych, powietrznych i parowych w niemieckim budownictwie energetycznym**. „Brenngasturbinen — Luftturbinen- und Dampfturbinen — Prozesse im deutschen Kraftwerkbau“. Z. VDI, Düsseldorf, 2 tyg., t. 93, nr 8, 11 marz. 51, s. 131, A4, 6 str., 1 fot., 11 rys., 7 wyk., 2 tab. — Podano równanie termodynamiczne obiegów turbin wyżej wymienionych typów na podstawie wykonanych instalacji, dające możliwości określenia zakresu ekonomicznej stosowalności poszczególnych typów. Zwrócono szczególną uwagę na spotykane obszary temperatur, ciśnień i mocy, jako główne czynniki wpływające na zużycie ciepła kal/kWh. Omówiono także możliwości i kierunki rozwojowe.
- 227\* A04z:B021z 621.438:629.123 B4 9—51  
**Statek motorowy długości 18 m z dwiema turbinami gazowymi**. „Two Gas Turbine in a 60-ft Launch“. Oil Engine and Gas Turbine, London, t. 18, nr 209, wrzes.-list. 50, s. 170, A4, 1,7 str., 5 fot. — W czerwcu 1950 r. spuszczone w Anglii na wodę drugi na świecie statek napędzany turbinami gazowymi. Środkowa śruba statku napędzana jest Dieselem o mocy 31 KM i 1500 obr/min, a dwie pozostałe śruby — dwiema turbinami gazowymi Rover T8 o mocy 120 KM. Każda jednostka turbinowa składa się ze sprężarki odśrodkowej, napędzanej turbiną jednostopniową i turbiny roboczej o 30000 obr/min dostarczającej moc użyteczną. Brak wymiennika ciepła. Zużycie paliwa 725 g/KMh. Wirniki są okute i obrobione z jednego kawałka ze stopu chromoniklowego Nimonic 90.
- 228\* A04z:B021z:D02z 629.113:621.438 B4 9—51  
**Samochód „Rover“ z turbiną gazową**. „The „Rover“ Gas-Turbine Motor-car“. Engineering, London, tyg., t. 169, nr 4390, 17 marz. 50, s. 305, B4, 0,5 str. — Podano fotografię samochodu napędzanego turbiną gazową wykonanego przez firmę „Rover“ Ltd.-Birmingham, oraz dane charakterystyczne tej turbiny, a mianowicie, że ma sprężarkę promieniową, dwie komory spalania, że pracuje na 35000 obr/min itp. Przytoczono również dane eksploatacyjne.
- 229 A04z:D02z 629.113:621.438 B4 9—51  
**Rover — pierwszy turbo-samochód świata**. „Rover — la prima turboautomobile del mondo“. Inter Auto, Milano, mies., t. 8, nr 3, marz. 50, s. 54, A4, 1 str., 1 fot., 1 wyk. — 9-go marca 50 r. angielska firma „Rover“ zaprezentowała w Silvestrone samochód napędzany turbiną gazową. Studia nad projektem rozpoczęto w 1943 r. Silnik wyposażony jest w 2 komory spalania i podwójną turbinę o 35000—40000 obr/min i mocy ok. 200 KM. Szybkość max. 145 km/godz. Szybkość 100 km/godz. osiągalna w 15 sek. Brak wymiennika ciepła zmniejsza sprawność turbiny. Jak podaje firma „Rover“, potrzeba jeszcze 3 do 4 lat czasu do uruchomienia produkcji seryjnej.
- 230\* A04z:D02z:B022z 621.438:621.51 B4 9—51  
**Rozwój turbiny gazowej firmy Ruston**. „Ruston Gas Turbine Developments“. Gas and Oil Power, London, mies., t. 46, nr 544, stycz. 51, s. 17, A4, 1,8 str., 3 fot. — Opis rozwojowych osiągnięć wykonanej przez firmę Linkola 750 KW turbiny gazowej, której moc efektywną, po roku prób i po zastosowaniu wymiennika ciepła zwiększono do 900 KW. Fotografie komory spalania oraz 13-stopniowej sprężarki osiowej z rotorem wielostopniowym pozwalają zorientować się w konstrukcji tej turbiny.

Gwiazdkami obok porządkowych liczb artykułów oznaczone są publikacje znajdujące się w bibliotekach poszczególnych ośrodków.

Przeгляд Bibliograficzny Mechaniki zawiera jedynie część analiz dokumentacyjnych publikacji z zakresu mechaniki. Pełna dokumentacja ukazuje się w postaci kart dokumentacyjnych wydawanych przez Główny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej, Warszawa, ul. Ligocka 8). Instytut ten przyjmuje prenumeratę kart dokumentacyjnych, która może obejmować całą dokumentację naukowo-techniczną lub jej oddzielne działy, zagadnienia i tematy techniczne. Cena karty dokumentacyjnej w prenumeracie wynosi 10 groszy.

Za zwrotem kosztów GIDNT wykonuje fotokopie i mikrofilmy publikacji objętych kartami dokumentacyjnymi.