

*nawierzchnie jasne, nawierzchnie rozjaśniane,
kruszywa jasne, luminancja*

Michał FILIPCZYK, Danuta KUKIELSKA¹

NAWIERZCHNIE JASNE I ROZJAŚNIANE. TEORIA I PRAKTYKA

Prezentowano podstawowe informacje na temat nawierzchni jasnych i rozjaśnianych oraz stosowanych kruszyw. Rozważono również wady i zalety poszczególnych rozwiązań. Artykuł ma charakter poglądowy.

1. WSTĘP

Kruszywa do warstw ścieralnych powinny mieć kilka charakterystycznych właściwości wynikających z zastosowania. Podstawowe wymagania dotyczą odporności na rozdrabnianie (*LA*), trwałości (mrozoodporność), przyczepności do bitumów, odporności na polerowanie (*PSV*), a dodatkowo jasność (wskaźnik luminancji) gwarantującą bezpieczeństwo w warunkach ograniczonego oświetlenia i na mokrej nawierzchni. Warunek ten dotyczy kruszyw stosowanych w nawierzchniach jasnych lub rozjaśnianych. Zgodnie z wytycznymi kruszywa należy stosować w miejscach niebezpiecznych (przejścia dla pieszych, skrzyżowania, tunele). Spełnienie wszystkich wymagań przez kruszywa dostępne na rynku jest bardzo trudne.

W latach ubiegłych najczęściej do ścieranych warstw stosowane było kruszywo bazaltowe. Ma ono dobre parametry wytrzymałościowe, dość powszechnie występuje w Polsce, a technologie wbudowywania w wierzchnie warstwy są od wielu lat znane.

¹ Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, Warszawa, m.filipczyk@imbigs.pl,
d.kukielska@imbigs.pl

Jednak zgodnie z pojawiającymi się trendami przyzwyczajania krajowych drogowców zaczynają się zmieniać, pojawia się nowy wskaźnik oceny, tzw. jasność nawierzchni.

2. INFORMACJE PODSTAWOWE

Zgodnie z nomenklaturą stosowaną w krajach zachodnich *nawierzchnie jasne* to takie, w których zastosowano jasne kruszywa oraz lepiszcze syntetyczne bezbarwne lub w jasnych kolorach, wywołanych obecnością odpowiedniego pigmentu, a *nawierzchnie rozjaśniane* to takie, w których lepiszcze jest tradycyjne bitumiczne, natomiast kruszywa są jasne. W Polsce nawierzchnie jasne definiowane są jako nawierzchnie, których warstwa ścieralna wizualnie sprawia wrażenie nawierzchni jasnej (Michalski 2014). Niezmiennie w tego typu rozwiązaniach ważnym elementem jest samo kruszywo.

Kruszywa jasne stosowane w różnych krajach do wierzchnich warstw ścieralnych produkowane są z naturalnych jasnych skał: granit, gabra, kwarcyt, migmatyt, amfibolit. Większość z nich ma odczyn kwaśny. Oznacza to, że kruszywa wykonane z tych skał prawdopodobnie nie będą uzyskiwały odpowiednich wyników w badaniu powinowactwa asfaltu i kruszywa (tzw. przyczepność kruszywa do spoiw bitumicznych). Rozwiązaniem jest zastosowanie odpowiednich dodatków adhezyjnych.

Podstawowa oferta rynkowa to sztuczne kruszywo, powstające poprzez spiekanie krzemieni (bardzo jasne, $PSV = 57$, wskaźnik luminacji powyżej $0,40 \text{ (cd/m}^2\text{)/lx}$, który nieznacznie zmniejsza się w stanie wilgotnym. Przykładem może być *Luxovit*, produkowany ze spiekanych krzemieni, stosowany w Danii i w Niemczech. Przeszkodą w jego zastosowaniu jest cena (od 57–80 €/Mg).

3. ZALETY I WADY KRUSZYW JASNYCH

Niewątpliwymi walorami naturalnych i sztucznych kruszyw jasnych są ich parametry świadczące o barwie. Natomiast zagłębiając się w poszczególne rodzaje proponowanych kruszyw należy je zróżnicować, bo przy zastosowaniu do warstw ścieralnych dróg mają różne zalety i wady.

3.1. KRUSZYWA NATURALNE

Jasne kruszywa naturalne występują dość powszechnie, jednak z bazaltami najpowszechniej wykorzystywanymi do warstw wierzchnich nie mogą być porównywalne. Najpowszechniej oprócz bazaltów występują granity; gabra i kwarcyty są już mniej powszechne, podobnie jak amfibolity i migmatyty. Bardzo często dostępność kruszyw jasnych jest dużym problemem. Zmagają się z nim np. Niemcy czy Francja. W Polsce sytuacja jest dużo korzystniejsza, złoża skał jasnych występują w kraju

w wielu miejscach. Tekstura kruszyw jasnych (w nomenklaturze drogowej nazywana „makrostrukturą”) w większości przypadków sprawia, że światło odbija się od powierzchni ziaren w sposób rozproszony, a nie w sposób „kierunkowy”, tzw. odbiciem lustrzanym. Ten rodzaj odbicia na nawierzchniach drogowych nie jest pożądanym, ponieważ spowodować może oślepienie kierowcy. Ponadto kruszywa jasne w małym stopniu są podatne na działanie deszczu. Dzięki swojej makrostrukturze korzystne parametry jasności kruszyw jasnych po zwilżeniu przez opady atmosferyczne mogą ulec zmianie tylko w nieznacznym stopniu (Otto 2014).

Kolejnym atutem kruszyw jasnych jest większa szorstkość powierzchni ziaren w porównaniu z bazaltem. Bazalt jest skałą bardzo drobnokrystaliczną lub skrytokrystaliczną (tekstura afanitowa). Pozostałe kruszywa jasne mają tekstury zbudowane z grubszych ziaren/kryształów, co w przypadku ciągłego „polerowania” powierzchni oponami samochodów powoduje po pewnym czasie różne efekty.

Kruszywa jasne mają również i wady. Do najważniejszych można zaliczyć małą podaż. Kolejną wadą są właściwości fizyko-mechaniczne tych kruszyw (tab. 1).

Tab. 1. Wybrane właściwości kruszyw
Tab. 1. Aggregates test results

Właściwości	Rodzaje kruszyw						
	bazalt	gabro	granit	kwarcyt	migmatyt	amfibolit	IMBiGS*
odporność na rozdrabnianie, <i>LA</i>	6–13	13–15	21–43	21–32	17	7–19	32–35
odporność na polerowanie, <i>PSV</i>	44–52	49–53	~ 50	51–56	~ 55	49–54	60–69
mrozoodporność, <i>F</i>	0,1–2,5	0,2–0,3	0,2–0,5	0,5–1,0	1,0	0,8	0,0

* kruszywo sztuczne (Patent RP, P–384611)

W odporności na rozdrabnianie bazalt jest najkorzystniejszy. Podobnie jest z mrozoodpornością. Pomimo, że zdarzają się bazalty, które mają mrozoodporność na poziomie 2,0 czy 2,5 jednostek, ale najczęściej wynosi ona znacznie mniej, tzn. 0,1 lub 0,2 (PN-EN 1367-1:2007). Nieco gorsze wyniki uzyskują bazalty w badaniu odporności na polerowanie (*PSV*). Wśród skał naturalnych lepsze wyniki uzyskują kwarcyty i migmatyty (tab. 2).

Tab. 2. Wymagania dla kruszywa grubego do warstwy ścieralnej z betonu asfaltowego, mieszanki sma i bbtm oraz warstwy wiążącej i ścieralnej z asfaltu lanego

Tab. 2. Requirements according for the coarse aggregate for a wearing course from asphaltic concrete, sma mix and bbtm mix and a base and wearing course from mastic asphalt

Właściwości	wymagania wg WT-2:2014		
	KR1–KR2	KR3–KR4	KR5–KR6
odporność na rozdrabnianie, <i>LA</i>	≤ 30	≤ 30	≤ 25
odporność na polerowanie, <i>PSV</i>	≥ 44	≥ 48	≥ 50
mrozoodporność, <i>F</i>	≤ 7	≤ 7	≤ 7

Koszt naturalnych kruszyw jasnych zależy od bieżącej koniunktury rynkowej, jest porównywalny lub nieco wyższy niż kruszyw bazaltowych; jest relatywnie niski w porównaniu do kruszyw sztucznych. Wadą w aspekcie ekonomicznym – duża gęstość właściwa kruszyw naturalnych, co wiąże się z wyższymi kosztami transportu. W tym kontekście stwierdzić można, że naturalne jasne surowce można jedynie uznać za substytut jasnych kruszyw sztucznych, lecz znacznie odbiegających jakością od bazaltów.

3.2. KRUSZYWA SZTUCZNE

Kruszywa sztuczne w porównaniu z kruszywami naturalnymi, nawet jasnymi, mają bardzo wysokie współczynniki luminancji – są praktycznie białe. Ich atutem jest również mniejsza gęstość właściwa, co powoduje, że ich transport jest mniej kosztowny niż kruszyw naturalnych. Ponadto najczęściej kruszywa sztuczne mają bardzo niską ścieralność (wysoki współczynnik *PSI*) oraz bardzo dobrą mrozoodporność (tab. 1).

Wśród niewątpliwych wad tego rozwiązania należy wskazać cenę, która np. dla Luxovitu wynosi około 300 zł/Mg. Ponadto kruszywa sztuczne zazwyczaj mają niską odporność na rozdrabnianie (Los Angeles). Pewnego rodzaju problemem może być również ich dostępność na rynkach europejskich. A koszty, pomimo że niższe od kruszyw naturalnych, mogą w znacznym stopniu wpłynąć na koszt ostateczny.

Rozwiązaniem problemu mogą być kruszywa sztuczne, produkowane z odpadów. Technologie opatentowane przez IMBiGS; patent RP, P-384611 (rys. 1) pozwalają na sterowanie właściwościami kruszyw (Stankiewicz 2014). Zaletą tej metody jest możliwość zmiany właściwości kruszyw w szerokim zakresie, poprzez różnicowanie proporcji składników, zastosowanie dodatków modyfikujących oraz charakterystykę zmian procesu termicznego. Pozwala to na uzyskanie kruszywa dostosowanego do zaplanowanego zastosowania. Modyfikacje mogą być poprowadzone w kierunku otrzymania kruszywa dla drogownictwa.



Rys. 1. Jasne kruszywo sztuczne produkowane wyłącznie z produktów odpadowych; patent IMBiGS

Fig. 1. Bright artificial aggregate produced only from waste according to IMBiGS patent

4. NAWIERZCHNIE JASNE I ROZJAŚNIANE

W krajach zachodnich nawierzchnie jasne i rozjaśniane są wykonywane dość powszechnie. Natomiast podobnie jak kruszywa, nawierzchnie te mają szereg zalet i wad.

Niewątpliwą zaletą nawierzchni jasnych i rozjaśnianych, ważną zarówno dla osób odpowiedzialnych za infrastrukturę, jak i dla użytkowników dróg, są ich parametry wizualne. Zalicza się do nich mniejszy kontrast w porównaniu z otoczeniem, wpływający korzystnie na mniejsze zmęczenie wzroku kierowców, a także lepszą widoczność obiektów znajdujących się w obrębie drogi lub w jej pobliżu, zwłaszcza po zapadnięciu zmierzchu oraz w warunkach pogorszonej widoczności. Korzystniej wypadają również obserwacje i pomiary takich nawierzchni podczas opadów. Ogranicza to również oślepianie kierowców światłami samochodów jadących z naprzeciwka.

Nawierzchnie takie mają mniejsze wymagania odnośnie doświetlania po zmroku i w nocy dla uzyskania porównywalnych warunków widoczności z nawierzchniami ciemnymi. Jest to ważny argument, ponieważ oznacza bardzo duże oszczędności w kosztach utrzymania takich dróg. Ma to znaczenie dla gmin i powiatów, w gestii których leży utrzymanie takich dróg. Środki przeznaczone na ten cel nierzadko stanowią znaczną część budżetu tych jednostek samorządowych. Oczywiście przy tym argumentcie zakładamy racjonalne zaprojektowanie systemu oświetleniowego z uwzględnieniem odpowiednich wymagań krajowych.

Kolejną zaletą jasnych i rozjaśnianych nawierzchni jest mniejsza ilość wchłanianego promieniowania słonecznego. Oznacza to mniejsze nagrzewanie asfaltu oraz mniejsze problemy np. z okleinowaniem nawierzchni oraz odkształcaniem nawierzchni. Z drugiej strony możliwe jest również zastosowanie lepszego lepiska o większej miękkości, co może korzystnie wpłynąć na ograniczenie działania mrozu i powstawania spękań zimą.

Ważnym argumentem środowiskowym jest też niewystępowanie tzw. wysp gorąca, tzn. rejonów np. w aglomeracyjnych, w których w okresach dużego nasłonecznienia występują temperatury podwyższone nawet o kilka stopni w stosunku do pozostałych terenów. Spowodowane to jest nie tylko nagrzewaniem ciemnych powierzchni, jak drogi, ale również ze stopniowym uwalnianiem nagromadzonego wcześniej ciepła. Oczywiście rozwiązania takie mają również i wady. Należy do nich większa szorstkość, powodująca szybsze zużywanie opon pojazdów, łatwiejsze brudzenie nawierzchni, co może oznaczać nieco większe nakłady związane z eksploatacją dróg przeznaczonych na ich czyszczenie.

5. PODSUMOWANIE

Nawierzchnie jasne i rozjaśniane mają swoje zalety i wady. Tradycyjnie w takich przypadkach znajdują się osoby i firmy, które bezwzględnie wskażą rozwiązania lepsze. Ale prawda jest taka, że wszystko zależy od konkretnej sytuacji. Dobrym rozwiązaniem mogą być mieszanki wykonane z różnych rodzajów kruszyw połączonych ze sobą, których właściwości pozwolą uzyskać materiał o parametrach dokładnie odpowiadających wymaganiom stawianym przez projektanta lub inwestora konkretnej inwestycji.

Uzupełnieniem takiego podejścia mogą być kruszywa sztuczne produkowane z odpadów, np. sodów ściekowych wg technologii IMBiGS, które mogą być stosowane jako pełny zamiennik kruszyw naturalnych lub też w mieszankach razem z nimi. Taki wariant pozwoli na uzyskanie pożądanego poziomu właściwości przy zastosowaniu materiałów z lokalnych lub bliskich surowców. Ponadto z uwagi na to, że kruszywo produkowane jest z odpadów, w tym również niebezpiecznych, cena kruszywa nie jest wygórowana.

LITERATURA

- BŁAŻEJOWSKI K., FILIPCZYK E., 2014, *Wpływ jasnych nawierzchni na trwałość nawierzchni, bezpieczeństwo i komfort uczestników ruchu*, Konferencja *Jasne nawierzchnie jako istotny czynnik znacznego zwiększenia bezpieczeństwa kierowców i trwałości nawierzchni oraz zmniejszenia kosztów oświetlenia dróg. Doświadczenia w Europie i w Polsce*, 16–17.09.2014, Chorzów, niepubl.
- FILIPCZYK E., 2014, *Możliwość stosowania jasnych nawierzchni w Polsce, ograniczenia i uwarunkowania. Dostępność jasnych kruszyw w Polsce*. Konferencja *Jasne nawierzchnie jako istotny czynnik znacznego zwiększenia bezpieczeństwa kierowców i trwałości nawierzchni oraz zmniejszenia kosztów oświetlenia dróg. Doświadczenia w Europie i w Polsce*, 16–17.09.2014, Chorzów, niepubl.
- GÓRALCZYK S., KUKIELSKA D., 2010, *Jakość krajowych kruszyw*, Geologia i Geoinżynieria, nr 4, 211–224
- GÓRALCZYK S., KUKIELSKA D., 2011, *Jakość kruszyw*, Górnictwo i Geologia, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa PWr., nr 132, Studia i Materiały nr 39, 79–89.
- MICHAŁSKI W., 2014, *Jasne nawierzchnie. Technologia zrównoważonego rozwoju*, Konferencja *Jasne nawierzchnie jako istotny czynnik znacznego zwiększenia bezpieczeństwa kierowców i trwałości nawierzchni oraz zmniejszenia kosztów oświetlenia dróg. Doświadczenia w Europie i w Polsce*, 16–17.09.2014, Chorzów, niepubl.
- OTTO A., 2014, *Właściwości fotometryczne kruszywa i masy mineralno-asfaltowej*, Konferencja *Jasne nawierzchnie jako istotny czynnik znacznego zwiększenia bezpieczeństwa kierowców i trwałości nawierzchni oraz zmniejszenia kosztów oświetlenia dróg. Doświadczenia w Europie i w Polsce*, 16–17.09.2014, Chorzów, niepubl.
- Patent RP, P-384611 *Sposób otrzymywania kruszywa lekkiego z odpadów komunalnych i przemysłowych*, IMBiGS, 2010.
- PN-EN 1367-1:2007 *Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych – Część 1: Oznaczanie mrozoodporności*.
- STANKIEWICZ J., 2015, *Możliwość zastosowania kruszyw lekkich w budowie jasnych nawierzchni*, Mining Science – Mineral Aggregates, vol. 22(1), 141–148.
- WT-2:2014, *Mieszanki mineralno-asfaltowe. Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych*, Wymagania Techniczne, GDDKiA, Warszawa.

BRIGHT AND BLEACHED SURFACES. THEORY AND PRACTICE

Provides basic information on the bright and bleached surfaces and used aggregates. It was also considered the advantages and disadvantages of each solution. The article is illustrative.

Keywords: *bright surfaces, bleached surfaces, bright aggregates, luminance*