

Marta WASILEWSKA*
Politechnika Białostocka

WPŁYW UZIARNIENIA KRUSZYWA NA ODPORNOŚĆ NA POLEROWANIE

Streszczenie. Metodą laboratoryjną, która pozwala na ocenę kruszywa w relacji właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni drogowych, jest odporność na polerowanie PSV (Polished Stone Value). Zgodnie z procedurą normową wskaźnik PSV odnosi się jedynie do kruszywa frakcji 8/10. W praktyce w skład mieszanek mineralno-asfaltowych i cementowych wchodzi różne frakcje kruszywa. W związku z tym podjęto próbę przeprowadzenia oceny odporności na polerowanie kruszywa o uziarnieniu 4/6,3; 8/10; 10/12,8 i 12,8/16. Dodatkowo dokonano oceny stopnia polerowania się w poszczególnych fazach tego procesu. Badania przeprowadzono na kruszycach ze skał o różnej charakterystyce petrograficznej.

THE INFLUENCE OF AGGREGATE GRAINING ON POLISHING RESISTANCE

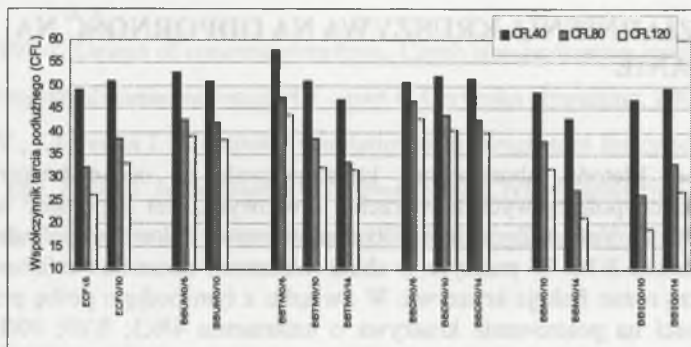
Summary. Aggregate polishing resistance – Polished Stone Value test can be used to road pavements' skid resistance. Valid standard procedure considers PSV index only for aggregate of one fraction 8/10. In practice a composition of cement concrete and mineral-asphalt mix include different mineral aggregate fractions hence in this paper the aggregates of the following fractions were subjected to tests in order to estimate their polished resistance: 4/6,3; 8/10; 10/12,8 and 12,8/16. Additionally a polishing rate of this process in successive phases was conducted. Tests were carried out on aggregates obtained from rocks of different petrographical characterization.

1. Wprowadzenie

Właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni drogowej są charakteryzowane przez współczynnik tarcia lub wskaźnik szorstkości. Wartości tych parametrów są ściśle związane z charakterystyką warstwy ścieralnej (technologia wykonania, makro-, mikrotekstura, okres eksploatacji) oraz ulegają obniżeniu wraz ze wzrostem prędkości pojazdu. Na rysunku 1

* Opiekun naukowy: Dr hab. inż. Władysław Gardziejczyk.

przedstawiono wartości współczynników tarcia podłużnego ustalone przy różnych prędkościach pomiarowych, w zależności od technologii wykonania warstwy ścieralnej (ECF – enrobés coulés à froid, BBUM – béton bitumineux ultra mince, BBTM – béton bitumineux très mince, BBDr – béton bitumineux drainant, BBM – béton bitumineux mince, BBSG – béton bitumineux semi – grenu). Szczegółowa analiza problemu została przedstawiona między innymi w pracach [1, 2, 3].



Rys. 1. Współczynnik tarcia w zależności od technologii wykonania warstwy ścieralnej i prędkości
Fig. 1. Skid resistance depending on speed and wearing course technology

Zarówno przy wyższych, jak i przy niższych prędkościach pomiarowych najkorzystniejsze wyniki badań otrzymano dla warstw ścieralnych wykonanych jako cienkie dywaniki o uziarnieniu 0/6. Oznacza to, że nie mieszanki gruboziarniste, a drobnoziarniste (ultra cienkie i cienkie dywaniki bitumiczne), wykonane na bazie kruszyw o nieciągniętym uziarnieniu, pozwalają na poprawę właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni, a tym samym bezpieczeństwa ruchu samochodowego [2, 3].

Z uwagi na fakt, że powierzchnia styku ziaren kruszywa z oponą samochodową, w zależności od technologii wykonania warstwy ścieralnej, wynosi od 100% do 50%, uziarnienie i charakterystyka zastosowanego kruszywa decyduje o właściwościach przeciwpoślizgowych nawierzchni. Metodą laboratoryjną, która pozwala na ocenę kruszywa w relacji właściwości przeciwpoślizgowych powierzchni jezdni, jest odporność na polerowanie PSV (Polished Stone Value). Zgodnie z procedurą normową PN-EN 1097-8:2000, wskaźnik PSV odnosi się jedynie do kruszywa frakcji 8/10. W praktyce w skład mieszanek mineralno-bitumicznych i cementowych wchodzi różne rodzaje frakcji. W związku z tym podjęto próbę przeprowadzenia oceny odporności na polerowanie kruszywa o uziarnieniu 4/6,3; 8/10; 10/12,8; 12,8/16.

Jednocześnie sprawdzenia wymaga postępowanie procesu polerowania w zależności od uziarnienia kruszywa. W badaniach założono sprawdzenie zmian wskaźnika szorstkości po każdej godzinie polerowania kruszyw.

2. Metodyka badań

Na podstawie wcześniejszych badań odporności na polerowanie PSV wytypowano kruszywa różniące się nie tylko charakterystyką petrograficzną, ale i odpornością na czynniki polerujące. Wybrano kruszywa ze skał magmowych (granitowo-diorytowe PSV = 47÷48 i gabrowe PSV = 52÷56) oraz osadowych (piaskowce kwarcytowe PSV = 58, dolomity PSV = 43 i polodowcowe PSV = 51÷55). Dodatkowo do badań włączono żużel stalowniczy PSV = 61, jako przedstawiciel kruszywa sztucznego.

Badanie odporności na polerowanie kruszyw drogowych zostało wykonane zgodnie z normą PN-EN 1097-8:2001 „Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 8: Oznaczenie polerowalności”. W pierwszym etapie próbki z kruszywa poddawano działaniu czynników polerujących (woda, ścierniwo, opona pneumatyczna) w maszynie do przyspieszonego polerowania. Cykl polerowania trwał 6 godzin i składał się z dwóch faz liczących po 3 godziny. W I fazie (0-3h) na koło dozowano ścierniwo grube – 300/600 μ m, natomiast w II fazie (3-6h) – proszek korundowy frakcji mniejszej od 53 μ m. W drugim etapie stan wypolerowania każdej próbki mierzono przy wykorzystaniu wahadła angielskiego.

Wartość PSV oblicza się po przeprowadzeniu dwóch oznaczeń, według wzoru:

$$PSV = S + 52,5 - C \quad (1)$$

gdzie:

S – średnia arytmetyczna wskaźnika szorstkości z 4 próbek danego materiału kamiennego,

C – średnia arytmetyczna wskaźnika szorstkości 4 próbek kruszywa kontrolnego.

W celu ustalenia zmian stopnia poddawania się czynnikom polerującym dla kruszyw z różnych skały postanowiono sprawdzić ich stan wypolerowania po każdej godzinie, przeprowadzając pomiar wahadłem angielskim.

Z uwagi na fakt, że badania były przeprowadzone na próbkach o uziarnieniu, którego nie przewiduje procedura normowa, w dalszych analizach posługiwano się wskaźnikiem szorstkości S, który jest średnią arytmetyczną wskaźnika szorstkości z czterech próbek danego materiału kamiennego, uzyskanym w dwóch niezależnych cyklach polerowania.

3. Analiza wyników badań

W tabeli 1 zestawiono średnie wyniki pomiarów wskaźnika szorstkości S w poszczególnych godzinach polerowania.

Tabela 1

Wyniki pomiarów wskaźnika szorstkości S dla kruszyw frakcji 4/6,3; 8/10; 10/12,8 i wskaźnika szorstkości C dla kruszywa wzorcowego, w poszczególnych godzinach polerowania

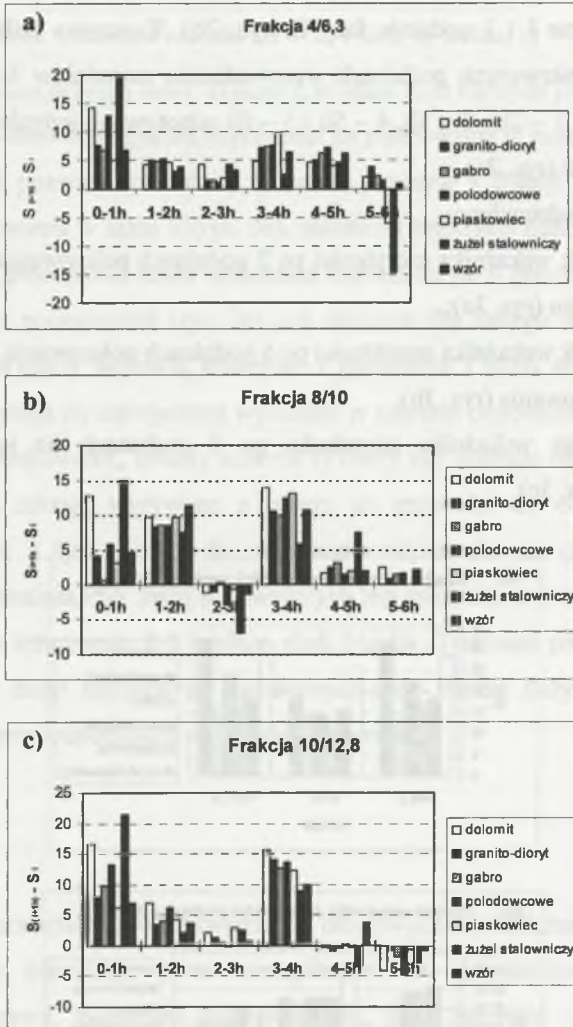
Rodzaj skały	frakcja	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h
		S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆
Dolomit	4/6,3	80,1	65,9	61,6	57,3	52,4	47,7	45,7
	8/10	82,8	70,1	60,4	61,7	47,8	46,2	43,7
	10/12,8	82,1	65,5	58,4	56,3	40,6	40,8	44,9
Granit- dioryt	4/6,3	76,8	69,2	64,2	62,8	55,5	50,5	46,6
	8/10	71,8	67,7	59,3	61,8	49,8	47,4	46,6
	10/12,8	73,5	65,6	62,1	60,7	46,7	47,5	48,4
Gabro	4/6,3	78,2	71,3	66,5	65,1	57,7	51,5	49,2
	8/10	73,2	72,5	63,9	65,4	53,7	50,6	49,1
	10/12,8	75,6	65,9	61,8	61,3	48,7	49,2	51
Polodowcowe	4/6,3	84,6	73	67,8	66,7	59,1	51,8	50,4
	8/10	79,3	73,5	64,9	67,8	55,3	53,9	52,2
	10/12,8	81,6	68,3	62	62,3	48,7	48,3	53
Piaszkowiec	4/6,3	87,6	72,5	77,8	76	66,2	62,2	58,3
	8/10	82,1	79	69,2	72,4	56,8	54,8	54,9
	10/12,8	80,2	76,5	72,3	69,3	57	57,2	57,8
Żużel stalowniczy	4/6,3	85,7	66,1	63	58,7	56,3	51,6	66,2
	8/10	83,1	68	60,5	67,4	61,5	54	51,9
	10/12,8	81,5	60,1	57,9	55,3	46,4	49,8	52,6
Wzór 8/10		C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
	przy 4/6,3	77,4	70,6	66,7	63,4	57	50,8	49,9
	przy 8/10	79,3	74,7	65,3	65,5	54	52	52
	przy 10/12,8	78,5	71,4	67,7	66,9	57	53,2	54

Próbki z kruszyw z frakcji 12,8/16 w trakcie polerowania uległy zniszczeniu. Jest to spowodowane małą ilością żywicy w stosunku do całości wypełnienia formy, w związku z czym próbka była sztywna i podatna na pęknięcia.

Badania przeprowadzone na Politechnice Białostockiej pozwoliły stwierdzić, że odporność na polerowanie materiałów skalnych jest ściśle związana z ich charakterystyką petrograficzną [4].

Na rysunku 2 przedstawiono graficznie zmiany wartości wskaźnika szorstkości S w czasie pełnego cyklu w aparacie do przyspieszonego polerowania, dla wytypowanych kruszyw frakcji 4/6,3; 8/10; 10/12,8.

Wszystkie kruszywa przed poddaniem ich procesowi polerowania odznaczały się wysoką wartością wskaźnika szorstkości. Wskaźnik szorstkości powyżej 80 otrzymano dla kruszywa polodowcowego, dolomitowego, z piaskowca i żuźla stalowniczego. Najniższym spadkiem odporności na polerowanie charakteryzuje się kruszywo z piaskowca, a najwyższym z dolomitu.



Rys. 2. Różnica pomiędzy średnimi wynikami wskaźnika szorstkości S w poszczególnych okresach polerowania dla kruszyw o uziarnieniu a) 4/6,3, b) 8/10, c) 10/12,8

Fig. 2. Differences between average results of rough index in successive periods of polishing for aggregates of granulation a) 4/6,3, b) 8/10, c) 10/12,8

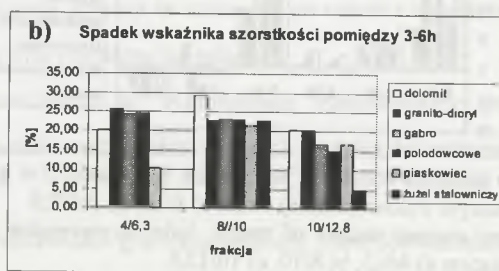
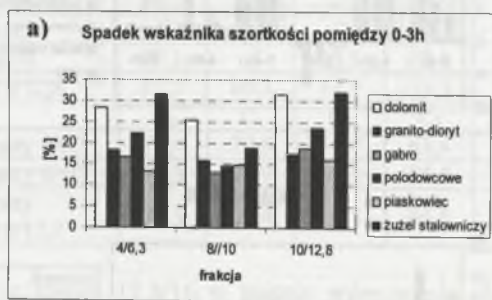
Wyniki wskaźnika szorstkości S dla kruszyw z tego samego rodzaju skały nie wykazują różnic po 6 godzinach polerowania dla próbek o uziarnieniu 4/6,3; 8/10; 10/12,8. Natomiast

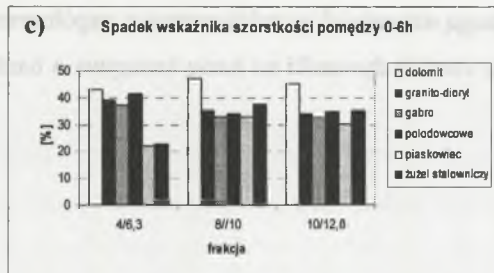
istotne zmiany odnotowano w poddawaniu się różnych frakcji kruszyw czynnikom polerującym w poszczególnych godzinach.

Kruszywa o uziarnieniu 4/6,3 poddawały się najwolniej procesowi polerowania. Mimo że po pierwszej godzinie wprowadzenia materiału ściernego spadek wskaźnika szorstkości był największy, to w kolejnych godzinach polerowania również rejestrowano znaczny spadek wskaźnika szorstkości (rys. 2a). Stan wypolerowania próbek z kruszyw frakcji 8/10 ustalił się po 2 godzinie w fazie I i 1 godzinie fazy II (rys. 2b). Kruszywa frakcji 10/12,8 ulegały wypolerowaniu po pierwszych godzinach wprowadzenia materiałów ściernych. Natomiast pomiędzy godzinami 1 – 2h, 2 – 3h, 4 – 5h i 5 – 6h odnotowano jedynie nieznaczny spadek wskaźnika szorstkości (rys. 2c).

Na rysunku 3 przedstawiono:

- procentowy spadek wskaźnika szorstkości po 3 godzinach polerowania do jego wskaźnika przed polerowaniem (rys. 3a);
- procentowy spadek wskaźnika szorstkości po 6 godzinach polerowania do jego wartości po 3 godzinach polerowania (rys. 3b);
- procentowy spadek wskaźnika szorstkości po 6 godzinach do jego wartości przed polerowaniem (rys. 3c).





Rys. 3. Procentowy spadek wskaźnika szorstkości w: a) I faza, b) II faza, c) w pełnym cyklu polerowania

Fig. 3. Percentage decrease of rough index: a) phase I, b) phase II, c) full cycle polishing

Porównanie procentowego spadku odporności na polerowanie w poszczególnych fazach:

I – 0-3h i II – 3-6h pozwala stwierdzić, że próbki kruszyw z frakcji 4/6,3 i 8/10 uległy większemu wypolerowaniu w fazie II (rys. 3b), natomiast kruszywa frakcji 10/12,8 w fazie I (rys. 3a). Generalnie procentowa strata wskaźnika szorstkości po 6 godzinach polerowania w stosunku do wartości początkowej (rys. 3c) jest zbliżona dla danego rodzaju kruszywa w różnych frakcjach. Wyjątek stanowią kruszywa z piaskowca i żużla stalowniczego frakcji 4/6,3 które charakteryzują się najlepszymi wynikami w zakresie odporności na polerowanie.

W przypadku piaskowców, twardej minerał (kwarc) lub skalenie osadzone w miękkim mastyksie (spoiwie) zostają wrywane z niego, co prowadzi do ciągłego odnawiania mikrotekstury ziaren, a tym samym do utrzymania odporności na czynniki polerujące. Natomiast wysoki wskaźnik PSV żużli stalowniczych jest związany z otwartą strukturą i dużą twardością materiału sztucznego 8-9 według skali Mosha. Traktując pory jako minerały o twardości równej 0, żużel stalowniczy charakteryzuje się bardzo dużym zróżnicowaniem twardości, a tym samym, odpornością na czynniki polerujące.

4. Wnioski

Właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni drogowych są uzależnione od technologii wykonania warstwy ścieralnej, a w szczególności od charakterystyki i uziarnienia zastosowanego kruszywa. Badaniem laboratoryjnym, które pozwala ocenić kruszywo w relacji właściwości przeciwpoślizgowych, jest odporność na polerowanie. Z przeprowadzonych badań wynika, że uziarnienie nie wpływa istotnie na stopień wypolerowania się kruszywa z danego rodzaju skały, a jedynie na szybkość poddawania się czynnikom polerującym w funkcji czasu. Nie mniej jednak, wyższe wartości wskaźnika szorstkości otrzymane dla kruszywa frakcji 4/6,3 z piaskowca i żużla stalowniczego, które odznaczają się

wysoką wartością PSV, mogą uzasadniać wysokie wartości współczynnika tarcia dla warstwy ścieralnej wykonanej jako cienkie dywaniki na bazie kruszywa o bardzo dobrej odpornością na polerowanie.

LITERATURA

1. Brosseaud Y., Delalande G.: Performances d'adhérence des revêtements des chaussées françaises. IV Symposium International SURF 2000 „Caractéristiques de surface des chaussées”, Nantes - France, 22-24 mai 2000, p. 259-269.
2. Gardziejczyk W.: Wpływ technologii wykonania i tekstury nawierzchni drogowych na hałas pojazdów samochodowych. Rozprawy Naukowe, nr 121, Wydawnictwa PB, Białystok 2005.
3. Gardziejczyk W., Wasilewska M.: Wpływ kruszywa na właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni drogowych. Drogownictwo, nr 11, 2003, s. 347-353.
4. Gardziejczyk W. Wasilewska M.: Kruszywa drogowe do warstw ścieralnych w świetle ich odporności na polerowanie. Drogownictwo, nr 11, 2005, s. 335-341.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Wojciech Radomski