



WITOLD ZAPAŚNIK

Generalna Dyrekcja Dróg
Krajowych i Autostrad
wzapasnik@gddkia.gov.pl

Nowa generacja nawierzchni betonowych (NGCS) – część III

Doświadczenia niemieckie i amerykańskie z zastosowania technologii frezowania (szlifowania) i rowkowania (nacinania) nawierzchni betonowych – przykłady niemieckie

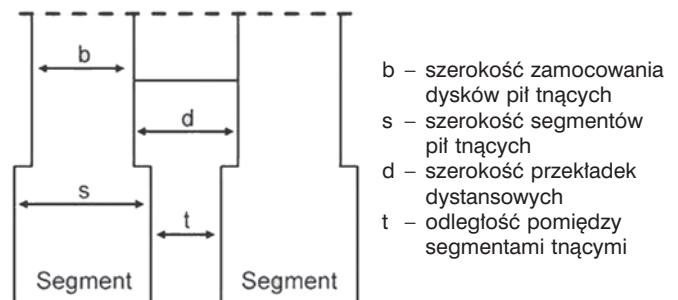
Pojęcie *grinding* obejmuje sposób nadawania tekstury poprzez frezowanie nawierzchni drogowej przy użyciu tarcz diamentowych, które zamocowane są gęsto obok siebie na obracającym się wale urządzenia (specjalnej frezarki drogowej). W Niemczech *grinding* jest stosowany przede wszystkim do poprawy współczynnika tarcia oraz równości nawierzchni. Stwierdzono przy tym, że wykonanie właściwego teksturowania nawierzchni może obniżyć poziom hałasu na drodze. W czasie prób laboratoryjnych oraz badań symulacyjnych wykazano, że małe oddalenie tarcz diamentowych od siebie pozwala na uzyskanie jednolitych i gładkich tekstur na nawierzchniach betonowych. W porównaniu z teksturami uzyskiwanymi w wyniku konwencjonalnego frezowania, obniżają one skuteczniej poziom hałasu. W ramach projektu badawczego przeprowadzonego na kilku odcinkach doświadczalnych oraz na podstawie badań laboratoryjnych, określono wpływ różnych parametrów technologii typu *grinding* na geometrię tekstury nawierzchni oraz na jej właściwości przeciwpoślizgowe i poziom obniżenia hałasu drogowego.

Sprawdzone parametry dotyczyły określonych składów mieszanek betonowych, zastosowanych do budowy odcinków nawierzchni oraz odległości poszczególnych tarcz diamentowych pomiędzy sobą, zamocowanych na wale frezującym. Badania wykazały, że wszystkie tekstury nawierzchni otrzymane metodą *grinding*, cechują się wysokim współczynnikiem tarcia oraz umożliwiają obniżenie poziomu hałasu na drodze o wartość nawet do 4dBA.

Wykonywanie tekstury na odcinkach nawierzchni betonowych metodą frezowania (szlifowania) podłużnego (*grinding*) oraz rowkowania podłużnego (*grooving*)

W przypadku metody typu *grinding*, tarcze piły zamocowane na obracającym się wałku frezarki zostają ustawione ponad betonową nawierzchnią. Na obwodzie tarcz znajdują się segmenty wyposażone w elementy diamentowe. Segmenty mogą mieć różne szerokości. Odległość pomiędzy tarczami regulowana jest za pomocą przekładek dystansowych (rys. 1). W celu osiągnięcia trwałej tekstury, głębokość cięcia nawierzchni betonowej należy ustalić

w taki sposób, aby nacięte zostały grube ziarna kruszywa. Z reguły osiąga się to w przypadku głębokości nacięcia wynoszącej 3 do 5 mm. Tekstura uzyskana metodą *grinding* składa się z rowków oraz tzw. mostków. Kształt rowków wynika z formy segmentów. W przypadku metody *grinding*, mostki powstają poprzez niejednorodne z reguły odłamywanie się fragmentów betonu pomiędzy poszczególnymi segmentami.

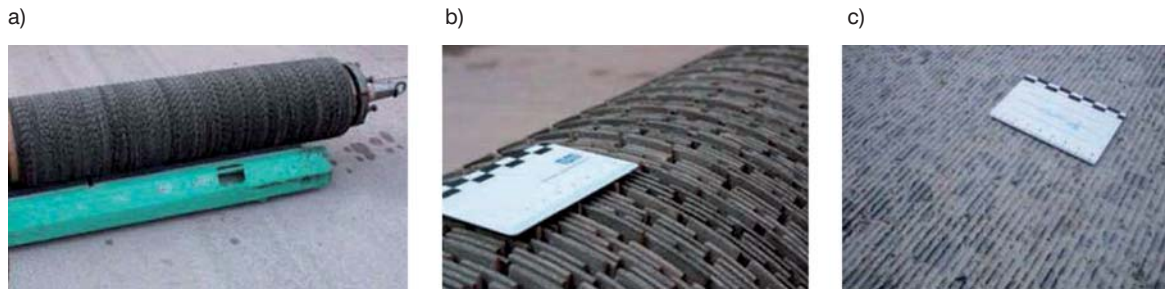


Rys. 1. Rozmieszczenie tarcz piły oraz przekładek dystansowych do wykonania zabiegu typu *grinding*

Szerokość mostków jest określana przez odległość (t) pomiędzy segmentami. Wysokość oraz kształt mostków zależne są od twardości betonu (wytrzymałość, rodzaj grubego kruszywa) oraz od odległości pomiędzy segmentami. W celu poprawy parametru współczynnika tarcia nawierzchni, w praktyce używa się tarcz o szerokości segmentu tnącego 3,2 lub 2,8 mm przy odległości pomiędzy nimi wynoszącej 2,2 mm. Na fotografii nr 1 przedstawiono typowy wałek do wykonania zabiegu typu *grinding* oraz teksturę nawierzchni uzyskaną opisaną metodą.

W przypadku metody *grooving*, stosuje się tarcze umieszczone na obracającym się wałku, które są wprowadzane nad nawierzchnię jezdni. W odróżnieniu od zabiegu typu *grinding*, odległość tarcz jest powyżej 10 mm, dzięki czemu nie dochodzi do przypadków łamania się betonu pomiędzy segmentami tnącymi. Tekstura po zabiegu typu *grooving* charakteryzuje się rowkami wyciętymi w betonie. Metodę tę stosuje się głównie w celu poprawy odpływu wody z nawierzchni jezdni (fot. 2).

Fot. 1. Od lewej do prawej: a) wałek do zabiegu typu grinding (długość: 1,40 m); b) zdjęcie wałka w powiększeniu; c) tekstura uzyskana metodą typu grinding [2]



Fot. 2. Tekstura na odcinku nawierzchni uzyskana metodą typu grooving [2]

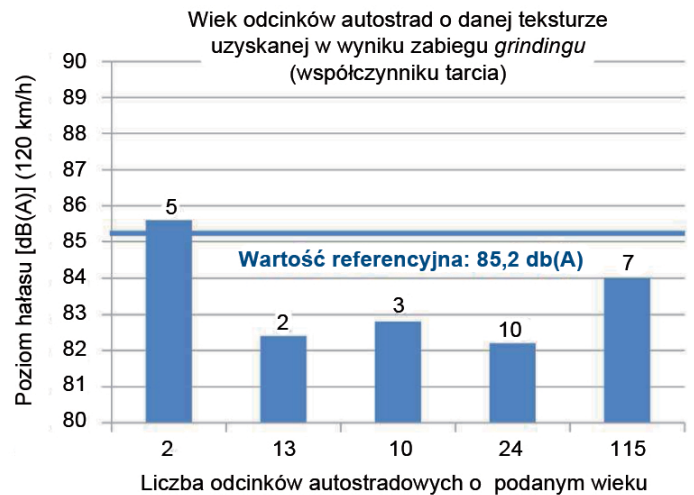
Tekstura nawierzchni betonowej uzyskana za pomocą frezowania i nacinania (metodą typu *grinding* i *grooving*)

W celu oceny właściwości tekstury oraz jej trwałości zbadano współczynnik tarcia oraz właściwości w zakresie redukcji hałasu [3]. Na rysunku nr 2 przedstawiono wyniki pomiarów współczynnika tarcia dotyczące siedmiu odcinków dróg zlokalizowanych na terenie Niemiec, na których został wykonany zabieg metodą *grinding*.



Rys. 2. Wyniki pomiarów współczynnika tarcia uzyskane na badanych odcinkach nawierzchni poddanej zabiegowi typu *grinding* (współczynnik tarcia pomierzony metodą pomiaru siły bocznej)

Analiza uzyskanych wyników pomiarów wykazała, że przyczepność wszystkich odcinków poddanych zabiegom wyraźnie przewyższa – niezależnie od ich wieku – wartość zalecaną w Niemczech wynoszącą min 0,46 (przy prędkości 80 km/h) i wymaganą również w przypadku odcinków nowo wybudowanych. Właściwości ocenianych odcinków w zakresie redukcji hałasu zostały przedstawione na rysunku 3.



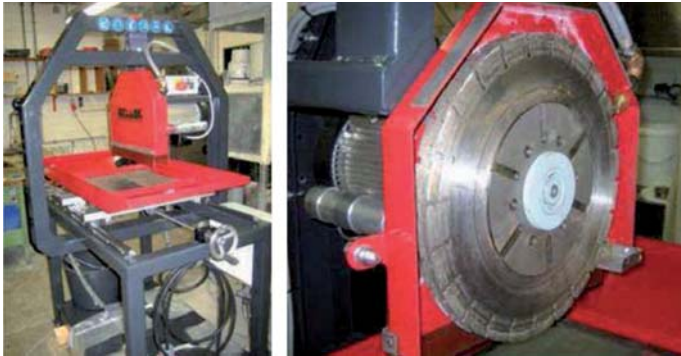
Rys. 3. Właściwości ocenianych odcinków w zakresie redukcji hałasu (metoda statystycznego przejazdu)

Za nawierzchnie o obniżonym poziomie hałasu uznaje się takie, w przypadku których wartość emisji hałasu, stwierdzona podczas pomiaru metodą statystycznego przejazdu z prędkością pomiarową 120 km/h, nie przekracza wartości granicznej wynoszącej 85,2 dB(a). Z analizy danych zaprezentowanych na rysunku 3 wynika, że cztery spośród pięciu badanych grup odcinków wykazują rezultaty poniżej tej wartości. Najniższy poziom hałasu (wynoszący 82,2 dB(a)) stwierdzono w przypadku tekstury uzyskanej metodą typu *grinding*. W chwili wykonywania pomiaru nawierzchnia miała 10 lat i była najstarsza ze wszystkich kontrolowanych odcinków.

Badania odcinków dróg wykazały, że konwencjonalna tekstura nawierzchni uzyskana metodą *grinding* może wykazywać trwałe właściwości przeciwpoślizgowe a równocześnie redukować poziom hałasu. Dotychczas nie było wiadomo, jaka geometria tekstury może przyczynić się do trwałej redukcji poziomu hałasu przy jednoczesnym zapewnieniu jej dobrych właściwości przeciwpoślizgowych.

Badania laboratoryjne

W trakcie prób laboratoryjnych, w pierwszym etapie studium, przeprowadzono badania parametrów, w celu stwierdzenia ich wpływu na redukcję hałasu. W związku z tym opracowano urządzenie o nazwie szlifierka laboratoryjna, w przypadku której można użyć tarcz tnących, stosowanych w praktyce na nawierzchni łącznie z podkładkami dystansowymi (fot. 3).



Fot. 3. Szlifierka laboratoryjna [4]

Na wałku urządzenia można umieścić maksymalnie siedem tarcz. Średnica każdej z nich wynosi 350 mm, zaś średnice podkładek dystansowych – 200 mm. Głowica tnąca jest napędzana silnikiem elektrycznym o mocy 2200 W. Przy liczbie obrotów 2800/min¹ uzyskuje się głębokość cięcia do 10 mm. Na ruchomym stoliku poniżej głowicy tnącej umieszcza się betonową próbkę do badań wytrzymałościowych. Maksymalne wymiary próbki wynoszą 400 × 400 × 90 mm (długość, szerokość, wysokość). W celu przeprowadzenia teksturowania próbki, opuszcza się głowicę do żądanej głębokości cięcia. Dzięki wskaźnikowi położenia możliwe jest ustawienie głębokości z dokładnością do dziesiątych części milimetra. Następnie stolik z próbką przeprowadza się ręcznie przez trzpień na głowicy tnącej i w ten sposób następuje teksturowanie pierwszego toru o grubości około 3 cm. Dzięki możliwości bocznego przesuwania stolika również z dokładnością do dziesiątych części milimetra, próbka jest przenoszona o szerokość wycinanego rowka. Proces powtarza się tak długo, aż cała powierzchnia zostanie poddana teksturowaniu.

W pierwszej serii testy laboratoryjne przeprowadzono na próbkach wykonanych z zaprawy. Poprzez zastosowanie

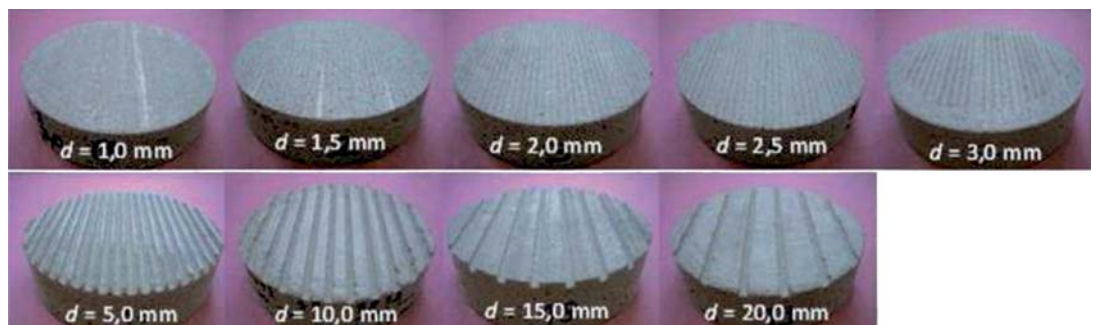
zaprawy wykluczono wpływ grubego kruszywa na geometrię tekstury. W pierwszej części badań zmieniono grubość przekładek dystansowych w celu sprawdzenia ich wpływu na geometrię tekstury, a tym samym na spodziewaną emisję hałasu. Grubość przekładek dystansowych wynosiła od 1,0 mm do 20,0 mm. Szerokość zastosowanych segmentów była jednakowa i wynosiła 3,2 mm, natomiast głębokość nacięcia 3,0 mm. Na fotografii 4 przedstawiono widok naciętych próbek wykonanych z zaprawy.

Z uwagi na niewielką odległość pomiędzy segmentami, mostki przy szerokości podkładek dystansowych wynoszącej od 1,0 do 2,0 mm są bardzo wąskie i posiadają bardzo równomierny kształt oraz nieznaczną wysokość. Wraz ze wzrostem szerokości podkładek dystansowych mostki ulegają pęknięciom w niekontrolowany sposób. Zwiększa się również ich wysokość, czego następstwem jest większa głębokość tekstury. W przypadku podkładek dystansowych o szerokości 3,0 mm wzorec pęknięć mostków jest niejednorodny. Wysokość mostków odpowiada miejscami głębokości cięcia wynoszącej 3,0 mm. Przy szerokości podkładek dystansowych 5,0 mm i więcej nie dochodzi już do pęknięć mostków. Wysokość jest zatem zgodna z głębokością cięcia. Przy maksymalnej szerokości podkładek dystansowych tekstura nawierzchni jest zgodna z teksturą uzyskaną metodą *grooving* (nacinania).

Zgodnie z normą EN ISO 13473-1, głębokości tekstury określono przy pomocy specjalnego przyrządu pomiarowego (ELA *textur* [2]), tj. wartość głębokości tekstury ETD. Jest ona porównywalna z głębokością tekstury ustaloną metodą objętościową – z użyciem piasku kalibrowanego. Wyniki uzyskanych wartości głębokości tekstury przedstawiono na fotografii 5. Głębokość tekstury zwiększa się wraz ze wzrostem szerokości przekładek dystansowych, ponieważ wzrasta także wysokość mostków. W przypadku, gdy szerokość przekładek dystansowych wynosi 5,0 mm, wartości ETD są wyższe, ponieważ nie dochodzi do pęknięcia mostków, a ich wysokość przyjmuje wartość maksymalną tzn. odpowiada głębokości cięcia. W przypadku szerszych podkładek dystansowych (> 5,0 mm), wartości głębokości tekstury ETD ponownie zmniejszają się, ponieważ wzrasta odległość pomiędzy rowkami.

W celu oceny właściwości nawierzchni w zakresie redukcji hałasu, określono kolejne cechy tekstury mające istotne znaczenie dla jej redukcji. Dokonano tego przy zastosowaniu profilometru laserowego. Określono również indukowany poprzez teksturę opór przepływu powietrza na nawierzchni (fot. 6).

Fot. 4. Rdzenie próbek wykonanych z zaprawy – widoczna zmiana grubości zastosowanych podkładek dystansowych (*d*) od 1,0 mm do 20,0 mm [4]





Fot. 5. Przyrząd pomiarowy ELA textur oraz wyniki pomiarów wartości ETD [2]

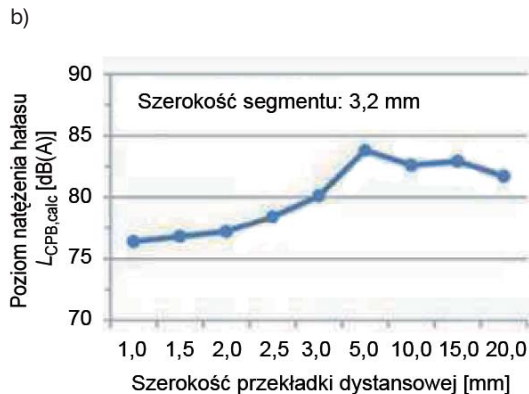
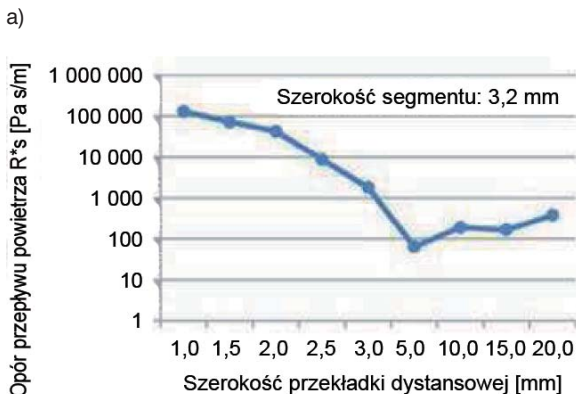


Fot. 6. Pomiary tekstury: a) (z lewej) z zastosowaniem profilometru laserowego, b) (z prawej) indukowanego poprzez teksturę oporu przepływu powietrza na nawierzchni [2]

Określenie oporu przepływu powietrza na podstawie normy DIN EN 29053

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów z wykorzystaniem programu symulacyjnego SPERoN obliczony został spodziewany poziom natężenia hałasu przejeżdżających pojazdów. Określony tym akronimem model obliczeniowy opracowany został przez firmę Müller – BBM (we współpracy z Katedrą Akustyki Stosowanej Uniwersytetu Technologicznego Chalmers w Goeteborgu/Szwecja) w ramach projektów badawczych „Cichy ruch drogowy – Redukcja hałasu na jezdni, spowodowanego przez opony pojazdów” (Federalne Ministerstwo Edukacji i Badań Naukowych, od roku 2002) oraz „ITARI – Integrated Tyre and Road Interaction” (UE, 2005 – 2007). Przy zastosowaniu tego modelu możliwe było prognozowanie poziomu ciśnie-

wpływ szerokości przekładek dystansowych występuje również w odniesieniu do poziomu natężenia hałasu ruchu. Obliczone wartości tego poziomu korelują ze zmierzonymi wartościami oporu przepływu powietrza lub głębokością tekstury. Tekstura nawierzchni, która powstała przy zastosowaniu przekładki dystansowej o szerokości 1,0 mm, jest najkorzystniejsza z punktu widzenia akustyki. Wraz ze zwiększającą się szerokością przekładek wyraźnie wzrasta poziom przepływu powietrza, ponieważ zwiększają się szумы aerodynamiczne. Im większa jest głębokość tekstury, tym mniejszy jest opór przepływu powietrza lub tym większe są szумы aerodynamiczne. Gdy szerokość podkładki dystansowej wynosi 5 mm i więcej, poziom ponownie spada, ponieważ wzrasta opór przepływu powietrza, a zatem następuje spadek szumów aerodynamicznych.



Rys. 4. Wyniki pomiarów: a) opór przepływu powietrza, b) obliczony poziom natężenia hałasu

Odcinki doświadczalne

Na podstawie wyników prób laboratoryjnych, zastosowano teksturowanie nawierzchni na wielu odcinkach doświadczalnych przy różnym składzie betonu, wykonanych z zastosowaniem różnych kombinacji metody *grinding*. Na autostradzie A13 w okolicach miejscowości Mittenwalde (odcinek od km 7,800 do km 16,000) – w związku z niskimi wynikami współczynnika tarcia na 12-letniej nawierzchni betonowej – wykonano teksturowanie na obu kierunkach ruchu, stosując metodę typu *grinding* względnie *grooving*. Wyniki badań zostały przedstawione w tabeli 1. W celu sprawdzenia wpływu dodatkowych rowków uzyskanych metodą *grooving*, zastosowano zmienną odległość tych rowków (odległość segmentów – tabela 1).

Tabela 1. Parametry tekstury na autostradzie A13

Tekstura	Grinding		Grooving	
	szerokość segmentów	odległość segmentów	szerokość segmentów	odległość segmentów
1	2,8 mm	1,8 mm	2,8 mm	10 mm
2				15 mm
3				20 mm

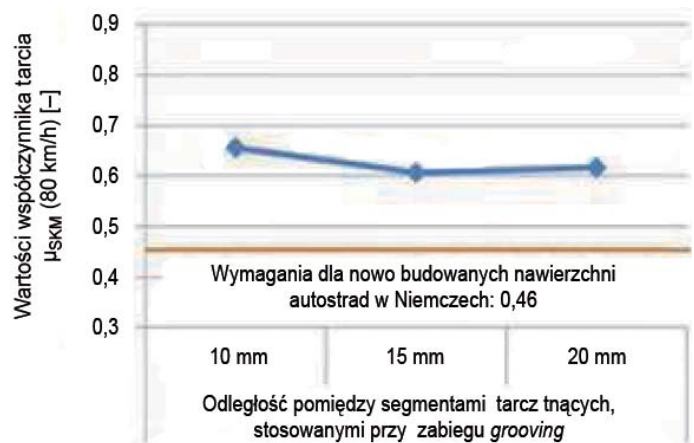
Na fotografii 7 przedstawiono teksturę nawierzchni, uzyskaną metodą kombinowaną (*grinding* i *grooving*) wraz z zastosowaniem 20 mm odległości (odległość segmentów przekładek dystansowych) pomiędzy tarczami nacinającymi.



Fot. 7. Kombinacja metody *grinding* i *grooving* na nawierzchni: widoczne jej sfrezowanie (*grinding*) oraz rowki na nawierzchni w odległości co 20 mm (*grooving*) [5, 6]

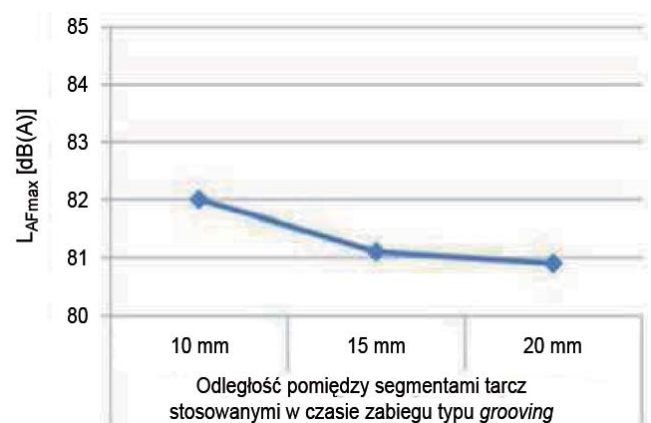
Niezależnie od odległości pomiędzy rowkami uzyskanymi metodą typu *grooving*, współczynnik tarcia wynikowej tekstury nawierzchni przekracza wyraźnie wartość 0,46, wymaganą dla nowo budowanych nawierzchni autostrad w Niemczech (rys. 5).

Najwyższą wartość wykazuje tekstura, w przypadku gdy odległość pomiędzy segmentami tarcz wynosi 10 mm.



Rys. 5. Przyczepność nawierzchni badanych odcinków wybudowanych przy zastosowaniu zabiegu typu *grinding* (metoda pomiaru siły bocznej) na autostradzie A13

W celu oceny właściwości dotyczących redukcji hałasu, przeprowadzono najpierw tzw. pomiary CPB (*controlled pass-by*). Kontrolowane pomiary dla przejazdu wykonuje się zgodnie z metodą pomiaru przejazdu statystycznego. Pomiary CPB są przeprowadzane z wykorzystaniem określonego typu pojazdu i przy ustalonych prędkościach. Pojazd został wyposażony w opony, których trójwymiarowa tekstura (profil) oraz właściwości z zakresu dynamiki zostały opracowane przy użyciu metrologii i są stosowane do pomiaru przejazdu pojazdów o określonym ciśnieniu w oponach. Z tego względu pomiarów CPB nie można przenieść bezpośrednio na pomiary przejazdu statystycznego. Obrazują one jednak, jaki rząd wielkości mogą dać wyniki pomiaru przejazdu statystycznego. Rezultaty pomiaru przejazdu kontrolowanego CPB przedstawione są na rysunku 6.



Rys. 6. Właściwości w zakresie redukcji hałasu dotyczące badanych odcinków drogi A13 (wykonanych metodą typu *grinding*) – kontrolowany przejazd CPB przy prędkości 120 km/h, typ opon: Continental Premium Contact 2

Podobnie jak podczas badań laboratoryjnych, przy zwiększeniu odległości pomiędzy rowkami uzyskanymi metodą typu *grooving*, widoczna jest poprawa redukcji hałasu. Najniższy poziom o wartości 80,9 dB(A) obserwuje się przy odległości pomiędzy rowkami wynoszącej 20 mm. Większe

Tabela 2. Podział odcinka próbnego na 9 pododcinków

Beton 1			Beton 2			Beton 3		
100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m
tekstura 1	tekstura 2	tekstura 3	tekstura 3	tekstura 2	tekstura 1	tekstura 1	tekstura 2	tekstura 3

odległości powodują, że powietrze przepływa przez mniejszą liczbę kanałów, a zatem spada jego hałas aerodynamiczny. W odniesieniu do wartości porównawczej wynoszącej 85,2 dB(A) (w przypadku pomiaru przejazdu statystycznego CPD) redukcja poziomu hałasu wygląda następująco: 85,2 dB(A) – 80,9 dB(A) = 4,3 dB(A).

W ramach utrzymania nawierzchni komunikacyjnych przewidziano w obrębie drogi A12 (na lewej jezdni jednokierunkowej pomiędzy km 34,100 a km 36,500), całkowitą odnowę nawierzchni na długości 2,400 km. Prace obejmowały ułożenie betonowej warstwy wierzchniej. W trakcie robót odcinek pomiędzy km 34,100 a 35,000 wybudowano jako odcinek próbny. Zastosowano na nim trzy wierzchnie warstwy betonu (o trzech różnych składach) oraz trzy różne tekstury (tab. 2).

Kruszywo zastosowane do górnej warstwy betonowej było tego samego pochodzenia, natomiast różnice dotyczyły największych ziaren. Do warstw wierzchnich zastosowano konwencjonalny beton nawierzchniowy o uziarnieniu do 22 mm (Beton 1) oraz mieszankę dwóch betonów płukanych (o uziarnieniu do 8 mm). W przypadku drugiej mieszanki wykorzystano kruszywo o uziarnieniu nieciągłym (Beton 2), zaś w przypadku trzeciej – mieszankę o uziarnieniu ciągłym (Beton 3). Na nawierzchni betonowej, która miała 5 dni, dokonano zabiegu sfrezowania nawierzchni (*grinding*), natomiast gdy miała 7 dni, wykonano zabiegi typu *grooving* według opisu zamieszczonego w tabeli 3.

Tabela 3. Sposoby wykonania tekstury na 9 pododcinków odcinka próbnego

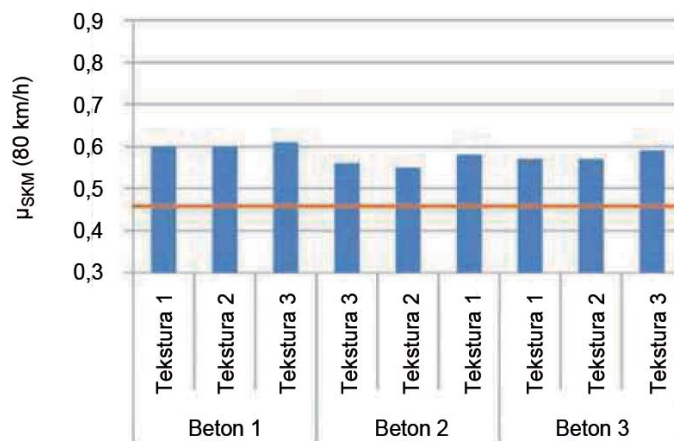
Tekstura	Grinding		Grooving	
	szerokość segmentu	odległość segmentu	szerokość segmentu	odległość segmentu
1	2,4 mm	1,8 mm	2,8 mm	22,8 mm
2	2,4 mm	1,8 mm	–	–
3	2,4 mm	1,8 mm	2,8 mm	2,0 mm



Fot. 8. Odcinek próbny na drodze A12 – zdjęcia trzech typów tekstury nawierzchni na przykładzie Betonu nr 3: z lewej – tekstura nr 1, w środku – tekstura nr 2, z prawej – tekstura nr 3 [5 i 6]

Na fotografii 8 przedstawiono różne rodzaje tekstury nawierzchni, wykonane dla Betonu 3.

Wyniki współczynników tarcia nawierzchni na poszczególnych odcinkach zilustrowano na rysunku 7.



Rys. 7. Współczynnik tarcia nawierzchni na odcinku próbnym drogi A12 (pomiar wg metody pomiaru siły bocznej)

W przypadku wszystkich odcinków wyniki współczynników tarcia wyraźnie przekraczają wartości wymagane w Niemczech dla nowo budowanych autostrad (0,46). W celu oceny właściwości tekstury uzyskanej metodą typu *grinding* w zakresie jej trwałości, z odcinków odwiercono próbki do badań laboratoryjnych. Na odwiertach badano wytrzymałość na działanie mrozu i soli drogowej (wg próby CDF) oraz odporność na ścieranie i polerowanie. Przeprowadzono również pomiary hałasu metodą przejazdu statystycznego, które będą powtarzane w regularnych okresach, aby umożliwić ocenę trwałości właściwości akustycznych.

W październiku 2015 w ramach projektu badawczego prowadzonego podczas robót remontowych powstał odcinek testowy na autostradzie A5 pomiędzy miejscowością Bruchsal a Karlsruhe (km 609,400 a km 610,280). Analogicznie jak w przypadku autostrady A12, również tutaj sprawdzono trzy różne górne warstwy betonowe z trzema różnymi teksturami. Inaczej niż w przypadku drogi A12,



Fot. 9. Odcinek doświadczalny drogi A5 – zdjęcia tekstury na przykładzie betonu nr 2; z lewej tekstura nr 1, w środku tekstura nr 2, z prawej tekstura nr 3 [5 i 6]

na drodze A5 do warstwy górnej zastosowano kruszywo żwirowe. W przypadku dwóch wybranych wierzchnich warstw betonowych kruszywo grube składało się w 100% z materiału niełamanego (beton żwirowy). Ponieważ górne warstwy z tego rodzaju kruszywem grubym zostały nacięte i poddane teksturowaniu metodą typu *grinding*, również w przypadku innych warstw nawierzchni teksturowanych tą metodą, zastosowano mieszankę betonową zawierającą wyłącznie kruszywo niełamane. Kruszywo zastosowane do warstw wierzchnich było tego samego pochodzenia, natomiast różniło się wyłącznie maksymalną wielkością ziaren lub krzywą przesiewu. Jako warstwę górną zastosowano typową mieszankę betonową o uziarnieniu do 32 mm (Beton 1) oraz beton żwirowy o maksymalnej wielkości ziaren wynoszącej 16 mm (Beton 2). Trzecią warstwę stanowił typowy beton o uziarnieniu do 22 mm. Został on zastosowany do ułożenia nawierzchni o teksturze wykonanej z użyciem sztucznej trawy. W skład tego betonu wchodziło również kruszywo łamane.

Wybrane parametry teksturowania nawierzchni na drodze A5 zostały zamieszczone w tabeli nr 4.

Tabela 4. Tekstura nawierzchni na drodze A5

Tekstura	Grinding		Grooving	
	szerokość segmentu	odległość segmentu	szerokość segmentu	odległość segmentu
1	2,0 mm	1,0 mm	–	–
2	2,0 mm	1,0 mm	2,8 mm	21,0 mm
3	2,0 mm	1,4 mm	–	–

W porównaniu do tekstury na autostradzie A12, zastosowano niewielką odległość pomiędzy segmentami tnącymi, wynoszącą 2,0 mm. Dzięki wykorzystaniu węższych segmentów, wzrasta ilość mostków na teksturowanej nawierzchni, co pozytywnie wpływa na jej szorstkość. Szerokość segmentów tekstury uzyskanej metodą typu *grinding* była również mniejsza niż na drodze A12.

Próby laboratoryjne i obliczenia symulacyjne wskazały, iż mniejsza odległość między segmentami istotnie polepsza właściwości teksturowanej nawierzchni. Odstęp pomiędzy segmentami wynoszący 1,0 mm był najmniejszą odległością, jaką wykazała tekstura nr 1. Tekstura ta różni się od

tekstury nr 2 dodatkowym cięciem rowków uzyskanych metodą typu *grooving* (w przypadku tekstury nr 2). Z uwagi na spodziewaną niewielką głębokość tekstury przy minimalnej odległości pomiędzy segmentami (tekstura nr 1) oraz związanym z tym dotrzymaniem kryteriów szorstkości osiagającej wartości graniczne w przypadku tekstury nr 2, wycięto w nawierzchni dodatkowe rowki, stosując metodę typu *grooving*. Przy teksturze nr 3 w grę wchodzi czysty *grinding* z trochę większymi odległościami pomiędzy segmentami (niż w przypadku tekstury nr 1), a co się z tym wiąże, większą głębokością tekstury oraz przypuszczalnie większą szorstkością. *Grinding* zastosowano na drodze A5 dopiero po około 40 dniach, aby zagwarantować, że beton w obrębie nawierzchni stwardniał na tyle, że możliwe jest całkowite osiągnięcie żądanych parametrów tekstury. Uzyskane rodzaje tekstury przedstawiono na przykładzie betonu nr 2 na fotografii 9.

Wizyta techniczna delegacji polskich drogowców w Niemczech

W czerwcu br., na zaproszenie niemieckiego Ministerstwa Komunikacji oraz administracji drogowej Landu Brandenburgia, połączona delegacja przedstawicieli Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad oraz Zarządu Dróg Wojewódzkich w Katowicach odwiedziła Brandenburgię, w celu zapoznania się z doświadczeniami w zakresie wykorzystania technologii typu *grinding* i *grooving*, stosowanych na drogach o nawierzchniach betonowych. Niemiecka administracja drogowa stosuje ww. technologię już od kilku lat. Wynika to m.in. ze znacznej różnicy w liczbie kilometrów dróg o nawierzchni betonowej (w stosunku do długości sieci o nawierzchni betonowej w Polsce). W Polsce tego typu metoda jest obecnie na etapie rozpoznania i testowania na wybranych odcinkach próbnych (w tym jako programy naprawcze dla wcześniej wykonanych odcinków betonowych w technologii kruszywa odkrytego – tzw. *Waschbeton*).

Zabieg typu *grinding* polega na usunięciu warstwy nawierzchni w celu przywrócenia właściwości przeciwpoślizgowych. Natomiast zabieg typu *grooving* polega na wykonaniu w nawierzchni rowków, co ma na celu zmniejszenie niebezpieczeństwa aquaplaningu (poślizgu wodnego przez koła

pojazdów), poprawy właściwości przeciwoślizgowych oraz zmniejszenia emisji hałasu.

W trakcie wizyty technicznej w Niemczech, jej uczestnicy zapoznali się ze stanem dwóch odcinków doświadczalnych wykonanych w ostatnich latach oraz odbyli spotkania z przedstawicielami lokalnej administracji drogowej w terenie.

Pierwszy z wizytowanych odcinków znajdował się na autostradzie A12 w okolicach miejscowości Fürstenwalde. Na tym odcinku zabiegi w technologiach typu *grinding* i *grooving* zostały wykonane cztery lata temu (2014 rok). Na miejscu istniała możliwość zapoznania się z jakością wykonania prac oraz pozyskaniem informacji o ich kosztach, czasie trwania robót, itp. Po wizycie na odcinku autostrady uczestnicy spotkali się na rozmowach technicznych w siedzibie Obwodu Utrzymania AM Fürstenwalde.

Drugiego dnia wyjazdu wizytowano odcinek autostrady A14 pomiędzy Magdeburgiem a Lipskiem. Pierwszym punktem tego dnia było spotkanie techniczne w Obwodzie Utrzymania AuS Plotzkau. W trakcie prezentacji przedstawione zostały szczegółowe informacje na temat remontu, wykonanego metodą typu *grinding* w dwóch lokalizacjach na autostradzie A14 (jeden odcinek wykonano w 2016 roku, drugi w 2017 roku).

Obecnie w Niemczech trwają badania parametrów nawierzchni oraz analizy dotyczące funkcjonalności stosowanej technologii oraz jej wyników w porównaniu do nawierzchni betonowych bez zastosowania tej technologii. Na ich podstawie będą podejmowane dalsze decyzje dotyczące stosowania omawianych typów zabiegów na kolejnych odcinkach dróg.

Podsumowanie

Zabiegi typu *grinding* były dotychczas stosowane w Niemczech przede wszystkim w celu poprawy współczynnika tarcia nawierzchni oraz jej równości. Badania przeprowadzone na odcinkach testowych wykazały, że głębokość tekstury nawierzchni uzyskanej tą metodą jest bardzo trwała, a ponadto tego rodzaju tekstura może również wykazywać cechy powodujące redukcję emisji hałasu. W trakcie prowadzonych kilku projektów badawczych testowano, w przypadku jakich parametrów tekstury (w zależności od składu mieszanki betonowej) może zostać osiągnięta trwała redukcja hałasu, przy jednoczesnym zagwarantowaniu odpowiednich właściwości przeciwoślizgowych nawierzchni. W trakcie badań laboratoryjnych stwierdzono, że z akustycznego punktu widzenia najlepsza nawierzchnia powstaje przy zastosowaniu bardzo delikatnej tekstury o niewielkiej głębokości, którą uzyskuje się poprzez nieznaczne odległości pomiędzy segmentami tnącymi tarcz. W celu zapewnienia trwałych właściwości przeciwoślizgowych nawierzchni może okazać się konieczne wycięcie w betonie (z wykorzystaniem metody typu *grooving*) dodatkowych rowków w celu poprawy właściwości drenażowych oraz akustycznych. Pierwsze wyniki badań przeprowadzonych na odcinkach doświadczalnych wskazują, że możliwa jest redukcja hałasu nawet o 4 dB(A).

Obecnie trwają prace nad zmianami w wytycznych niemieckiego Federalnego Ministerstwa Komunikacji w zakresie budowy drogowych nawierzchni betonowych (ZTV Beton). Metodę typu *grinding* planuje się wprowadzić także podczas wykonywania tekstury w przypadku nowo budowanych odcinków autostrad. Rozważa się wprowadzenie dwóch wariantów technologii typu *grinding*:

- standardowy, mający na celu spełnienie wymagań w zakresie właściwości przeciwoślizgowych nawierzchni drogowych,
- zoptymalizowany, mający na celu spełnienie wymagań w zakresie właściwości przeciwoślizgowych nawierzchni przy jednoczesnej redukcji hałasu generowanego przez te nawierzchnie.

Na podstawie opisanej wizyty technicznej oraz po zapoznaniu się z doświadczeniami niemieckimi w utrzymaniu oraz trwałości wykonanych zabiegów nawierzchni betonowych, można obecnie stwierdzić, że technologia g&g jest bardzo przydatna i powinna być zastosowana na odcinkach nawierzchni betonowych w Polsce. Należy również zaznaczyć, że technologia g&g może być stosowana nie tylko w przypadku dróg o nawierzchniach betonowych, ale także i na nawierzchniach asfaltowych.

Bibliografia

- [1] Jens Skarabis, Christoph Gehlen: Larmoptimiertes Grinding – Erfahrungenaus bisherigen Erprobungsstrecken, Strasse und Autobahn 11.2016.
- [2] Schmidt: ELAtextur mający na celu określenie makrotekstury, <http://www.iwsmesstechnik.de/elatextur.htm>, 2014.
- [3] Villaret [2010]: Villaret S., Beckenbauer T., Schmidt J., Pichottka S., Alte-Teigeler R., Frohböse B., Alber S.: Sprawozdanie z badań naukowych dotyczące tematu FE 08.0210/2010/ORB: „Badanie właściwości nawierzchni betonowych w zakresie szumów z wykorzystaniem nawierzchni optymalizowanych metodą *grindingu*”; Federalne Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Rozwoju Miast reprezentowane przez Federalny Urząd ds. Drogownictwa; Hoppegarten, Niemcy listopad 2011.
- [4] Villaret [2011]: Villaret S., Altreuther. B., Beckenbauer T., Frohböse B., Skarabis J.: Sprawozdanie z badań naukowych dotyczące tematu FE 08.0211/2011/OGB: „Akustyczna optymalizacja nawierzchni betonowych poprzez teksturowanie betonu stwardniałego przy wykorzystaniu ulepszonej metody *grindingu*”; Federalne Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Rozwoju Miast reprezentowane przez Federalny Urząd ds. Drogownictwa; Hoppegarten, 2013 r.
- [5] Villaret [2015]: Villaret S., Beckenbauer T., Frohböse B., Skarabis J.: Czwarte sprawozdanie okresowe dotyczące realizacji tematu FE 08.0220/2012/ORB: „Trwałe nawierzchnie betonowe – optymalizacja nawierzchni jezdni poprzez teksturowanie z wykorzystaniem metody *grindingu*”; Federalne Ministerstwo Transportu i Infrastruktury Cyfrowej.
- [6] IGGA Guide Specification: NGCS Construction on Existing or Newly Constructed Roadways, 30.09.2014.
- [7] IGGA, Diamond Grinding – National Trends and Local Challenges, presentation for GDDKiA, Warsaw 17.01.2017.
- [8] Concrete Pavement Rehabilitation – Guide for Diamond Grinding, Federal Highway Administration Southern Resource Center 61 Forsyth St, SW, Suite 17T26 Atlanta, GA 30303, Technical Report 2001.
- [9] IGGA Best Management Practices, Diamond Grinding and Slurry Handling, 12573 Route 9W, West Consa.
- [10] Zapaśnik W., Nowa generacja nawierzchni betonowych (NGCS) – część I. Specyfikacje techniczne IGGA, Drogownictwo 1/2018.