



WITOLD ZAPAŚNIK

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

Nowa generacja nawierzchni betonowych (NGCS) – część I Specyfikacje techniczne IGGA

Specyfikacje techniczne, dotyczące nowej metody uszorstnienia nawierzchni, zostały opracowane przez Międzynarodowe Stowarzyszenie ds. Nacinania i Frezowania Nawierzchni Betonowych (IGGA). Zasady opisane w specyfikacji dotyczą wykonania odcinków określanych jako nawierzchnie betonowe nowej generacji (NGCS). Metoda może być stosowana zarówno na nawierzchniach istniejących, jak i nowo budowanych. Istotą metody jest użycie specjalnego rodzaju frezowania z użyciem tarcz diamentowych (ang. *grinding*) łącznie z nacinaniem (*grooving*) nawierzchni betonowych. W opracowanych specyfikacjach zostały podane zalecenia dotyczące kryteriów akceptacji zalecanych cech powierzchniowych odcinków, uzyskanych w wyniku zastosowania ww. technologii.

W przypadku istniejących nawierzchni betonowych, na których występuje klawiszowanie płyt lub nierówności powyżej 0,6 cm, koniecznym może być wykonanie wstępnego frezowania nawierzchni. Stosuje się wtedy konwencjonalne frezowanie, w celu przywrócenia wymaganego profilu przed wykonaniem nawierzchni w technologii NGCS. Termin ten stosowany jest w celu opisu kategorii tekstury, która powstała lub powstanie w wyniku zastosowania omawianej technologii. Termin może dotyczyć szeregu tekstur, które uzyskuje się zarówno przy budowie nowych, jak i remontach (odnowach) nawierzchni istniejących. Przy właściwym wykonaniu, uzyskane tekstury spowodują profil jezdni o odpowiedniej równości, połączony z dobrą mikroteksturą oraz doskonałą makroteksturą.

Zakres stosowania specyfikacji IGGA

Specyfikacje IGGA zawierają procedury wykonania nawierzchni NGCS na etapie projektu, na jezdniach istniejących lub nowo budowanych, stosując technologie diamentowego frezowania i nacinania nawierzchni. Przedmiotowe specyfikacje podają także kryteria akceptacji pożądanych wielkości cech powierzchniowych odcinków, uzyskanych w wyniku zastosowania ww. technologii. Użytkownik specyfikacji będzie równocześnie odpowiedzialny za zapewnienie, że będą również spełnione lokalne normy dotyczące bezpieczeństwa, ochrony zdrowia i ochrony środowiska.

Sprzęt

Frezowanie nawierzchni zgodnie ze specyfikacją wykonuje się diamentowymi dyskami, zamocowanymi na wale

samojezdnej maszyny, zaprojektowanej specjalnie do frezowania i teksturowania nawierzchni. Masa maszyny powinna wynosić minimum 17500 kg (17,5 tony), wraz z głowicą frezującą i mieć taką szerokość, aby sfrezować pas nawierzchni szerokości minimum 120 cm w pojedynczym przejściu urządzenia. Rozstaw osi efektywnych urządzenia powinien wynosić minimum 3,6 m. Jest to odległość pomiędzy kołami przednimi urządzenia a kołami napędowymi/kontrolującymi frezowania i jego głębokość.

Sprzęt, który powoduje w czasie zabiegu wykruszanie się ziaren kruszywa z powierzchni jezdni, spękania ziaren lub też uszkodzenia poprzecznych lub podłużnych szczelin, nie może być stosowany. Urządzenie powinno mieć możliwość zbierania urobku i pozostawiania powierzchni jezdni w stanie czystym i prawie suchym. Odpowiednia konserwacja z kolei powinna zapewnić przydatność do pracy, z naciskiem na stałość wymiarów, tj. „okrągłość” kół prowadzących kontrolującą głębokość frezowania nawierzchni. Koła niespełniające tego wymagania powinny zostać natychmiast wymienione.

Sprzętem do wykonania frezowania nawierzchni może być np. frezarka typ PC6000EC, charakteryzująca się następującymi rozwiązaniami:

- zabudowana na standardowej platformie PC6000 z pełnym sterowaniem elektronicznym i oprzyrządowaniem oraz posiadająca takie zaawansowane cechy jak logowanie danych oraz elektroniczny monitoring pracy tarcz frezujących;
- komputer przemysłowy, spełniający rolę interfejsu dla operatora maszyny, umożliwiający monitorowanie warunków pracy urządzenia oraz korektę wytyczonych punktów frezowania profilu nawierzchni;
- czujniki rozmieszczone wokół podwozia urządzenia, które w sposób ciągły monitorują warunki pracy maszyny i odpowiednio dostosowują jej prędkość przesuwu;
- komputer, który zapewnia całkowitą kontrolę kół, głębokości frezowania, mocy silnika oraz prędkości poruszania się maszyny.

Podobnie jak sprzęt do frezowania nawierzchni, sprzęt do nacinania (rowkowania) nawierzchni składa się z urządzeń specjalnie wyprodukowanych do rowkowania nawierzchni lotniskowych/drogowych za pomocą tarcz diamentowych. Urządzenia do rowkowania nawierzchni powinny wycinać rowki, które będą równoległe do osi drogi.

Wykonanie frezowania (szlifowania) i nacinania (rowkowania) nawierzchni betonowych na odcinkach NGCS

Wykonanie zabiegu frezowania i nacinania powinno być tak zaplanowane i przeprowadzone, aby w jego wyniku uzyskać dobrą i jednolitą warstwę ścieralną. Frezowanie poboczy, pasów awaryjnych lub łącznic powinno przebiegać w kierunku od osi jezdni zasadniczej, zgodnie z wymaganymi spadkami poprzecznymi, w celu zapewnienia właściwego odwodnienia. Wysokość uzyskanych wierzchołków frezowania nie powinna przekraczać 0,5 cm, co powinno także zapewniać właściwy komfort jazdy. Jeżeli warunki na nawierzchni wymagają dodatkowego frezowania wygładzającego w kierunku pobocza, pasa awaryjnego lub łącznic, należy w takiej sytuacji zastosować klasyczne frezowanie przy użyciu tarcz diamentowych. Przed wykonaniem jakiegokolwiek zabiegu frezowania, najpierw należy wykonać wszelkie wgłębne lub powierzchniowe naprawy betonu na jezdni, zabiegi stabilizacyjne płyt betonowych oraz wymiany dybli. Wypełnienie szczelin dylatacyjnych powinno być wykonane po zakończeniu frezowania diamentowego i z odpowiednim niedoborem (meniskiem wklęsłym) w stosunku do powierzchni jezdni.

Wykonanie frezowania i nacinania nawierzchni betonowych na odcinkach NGCS może zostać zrealizowane przy pojedynczym lub podwójnym przejściu urządzenia, jak zostało to określone i uzgodnione z wykonawcą zabiegu. W przypadku wyboru opcji pojedynczego przejścia urządzenia, wykonawca zabiegu musi dotrzymać kryteriów równości podanych w specyfikacji. Kryteria te musi sprawdzać okresowo w czasie wykonywania zabiegu, w celu upewnienia się, że żadne działania korekcyjne nie są potrzebne, co miałyby wpływ na jakość uzyskanej tekstury na odcinku NGCS.

Frezowanie powinno być wykonane w taki sposób, aby wyeliminować uskoki w obrębie dylatacji lub spękań płyt. Sąsiednie krawędzie dylatacji lub spękań nie powinny wy-

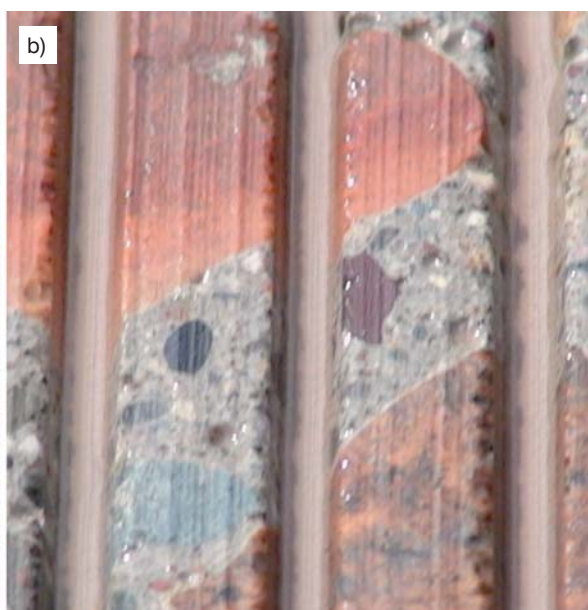
kazywać różnicy wysokości większej niż 0,2 cm. Frezowanie ma za zadanie także usunąć wszelkie nierówności i po-falowania nawierzchni, aby zapewnić odpowiedni komfort jazdy.

Drenaż poprzeczny z jezdni powinien być zapewniony poprzez utrzymywanie stałego spadku poprzecznego nawierzchni, pomiędzy punktami krańcowymi na poszczególnych jej pasach ruchu. Uzyskany w wyniku frezowania profil powinien odzwierciedlać spadek uzyskany w wyniku frezowania wstępnego i nie powinien posiadać żadnych zagłębień lub odstępstw większych niż 0,3 cm na długości 3,6 m przy pomiarze łatą o tej długości, umieszczoną prostopadle do osi jezdni. Podane wymagania pomiaru łatą nie stosują się do dylatacji podłużnych lub poza obszarem sfrezowanym.

Proces frezowania będzie rozpoczynał się i kończył od linii prostopadłych do osi jezdni, przebiegających na granicach odcinka przeznaczanego do tego zabiegu. Przejścia głowicy szlifującej nie mogą się nakładać na siebie o więcej niż 2,5 cm. Nie dopuszcza się pozostawienia niezfrezowanych obszarów na nawierzchni pomiędzy poszczególnymi przejściami urządzenia.

Wykonanie odcinka nawierzchni NGCS wg procedury dwukrotnego przejścia maszyny, wymaga wykonania dwóch osobnych zabiegów typu *grinding* i *grooving*. Pierwszy zabieg/etap (*grinding*) prowadzi do uzyskania płaskiej, sfrezowanej powierzchni nawierzchni betonowej. W drugim etapie wykonywane jest podłużne nacinanie (rowkowanie) sfrezowanej w pierwszym etapie nawierzchni i uzyskanie podłużnych rowków (*grooving* – fot. 1).

Wykonanie nawierzchni NGCS w jednokrotnym przejściu urządzenia – operacja ta pozwala na wykonanie płaskiej, sfrezowanej nawierzchni, zawierającej podłużne nacięcia i jest wykonywana w jednym przejściu urządzenia. Zestaw pił diamentowych zawiera dwa rodzaje tarcz frezujących, tak skonfigurowanych i umieszczonych, aby wynikowo powstała równocześnie płaska, sfrezowana nawierzchnia oraz rozmieszczone na niej podłużne, głębsze



Fot. 1.
Odcinek nawierzchni z wykonanym frezowaniem i rowkowaniem (nacinaniem) podłużnym: a) widok ogólny, b) zbliżenie powierzchni nawierzchni [1]

rowki. Zestaw diamentowych tarcz tnących jest zamontowany na wale frezującym o szerokości 1,2 m, tarcze tnące mają szerokość 3 mm, a przekładki dystansowe pomiędzy nimi 1 mm +/- 0,1 mm. Tarcze do wykonania płaskiej nawierzchni frezowanej muszą być płaskie na całej swej powierzchni kontaktu z nawierzchnią i być zamocowane w jednej płaszczyźnie z innymi płaskimi tarczami frezującymi (z wyjątkiem tarcz rowkujących). Kompletna głowica z zamocowanymi wszystkimi tarczami powinna być prosta w swym przekroju i nie mieć odgięć po montażu na maszynie frezującej. Niedozwolone jest pozostawianie niesfrezowanej powierzchni pomiędzy przejściami urządzenia. Podłużne tarcze rowkujące powinny być rozmieszczone pomiędzy tarczami frezującymi (szlifującymi) na pierścieniach o wysokości 12,5–16,0 mm, umożliwiające wycięcie rowków w nawierzchni o głębokości od 3 do 4,8 mm. Rowki podłużne będą wykonane równoległe do osi jezdni. Wykonawca przed ich wykonaniem przeprowadzi próbę równoległości ich wykonania przez maszynę, w stosunku do osi jezdni.

Wykonanie nawierzchni NGCS w dwukrotnym przejściu urządzenia – operacja ta pozwala na wykonanie dwóch osobnych zabiegów w celu wykonania odcinka nawierzchni NGCS. Pierwszy zabieg umożliwia wykonanie płaskiej, sfrezowanej nawierzchni. Zestaw diamentowych tarcz frezujących nawierzchnię na płasko jest zamontowany na wale frezującym o szerokości 1,2 m, tarcze tnące mają szerokość 3 mm, a przekładki dystansowe pomiędzy nimi 1 mm +/- 0,1 mm. Tarcze do wykonania odpowiednio równej nawierzchni frezowanej muszą być płaskie na całej swej powierzchni kontaktu z nawierzchnią i zostać zamocowane w jednej płaszczyźnie z innymi tarczami frezującymi. Kompletna głowica z zamocowanymi wszystkimi tarczami powinna być prosta w swym przekroju i nie posiadać odgięć po montażu na maszynie frezującej. Niedozwolone jest pozostawianie niesfrezowanej części powierzchni pomiędzy przejściami urządzenia. Przed wykonaniem drugiego zabiegu (drugiej fazy) kryterium równości podane w specyfikacji musi być zweryfikowane poprzez pomiar, akceptowany przez inżyniera kontraktu. Drugi zabieg spowoduje wykonanie rowków podłużnych na nawierzchni. Rowki podłużne będą miały 3 mm szerokości oraz od 3 do 4,8 mm głębokości. Podłużne tarcze rowkujące będą rozmieszczone pomiędzy tarczami frezującymi (szlifującymi) na pierścieniach o wysokości 12,5–16,0 mm. Rowki będą wykonane podłużnie do osi jezdni. Wykonawca przed ich wykonaniem przeprowadzi próbę równoległości ich wykonania przez maszynę w stosunku do osi jezdni.

Wymagania dotyczące cech powierzchniowych nawierzchni wykonanych odcinków NGCS

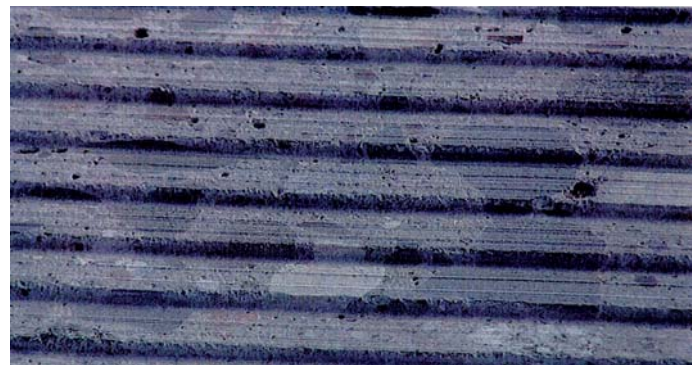
Proces frezowania NGCS powinien doprowadzić do uzyskania powierzchni nawierzchni, która spełnia wymagania w zakresie równości i jest jednolita pod względem wizualnym, posiadając podłużną rowkowaną teksturę. Płaska sfrezowana powierzchnia nawierzchni powinna wyglądać

gładko i nie zawierać krawędzi, które przekraczałyby wysokość 0,8 mm. Rowki podłużne powinny być wykonane równoległe do osi jezdni. Jako minimum, w wyniku zastosowania technologii NGCS, 98% powierzchni nawierzchni powinno uzyskać odpowiednią teksturę. Obszary zaniżeń nawierzchni z powodu osiadań, zapadnięcia krawędzi lub inne zlokalizowane uszkodzenia nie będą podlegać ww. wymaganiom w czasie akceptacji prac przez inżyniera.

Widok ostatecznej powierzchni nawierzchni, po prawidłowo wykonanym zabiegu (jednokrotnym lub dwukrotnym) zaprezentowano na fotografiach 2 i 3.



Fot. 2. Nawierzchnia betonowa NGCS poddana teksturowaniu w procesie jednokrotnego przejścia urządzenia (fot. W. Zapaśnik)



Fot. 3. Nawierzchnia betonowa NGCS poddana teksturowaniu w procesie dwukrotnego przejścia urządzenia (fot. W. Zapaśnik)

Zebranie urobku z procesu frezowania i jego usunięcie

Urobek z frezowania należy zebrać, przetworzyć oraz wywieźć poza odcinek drogi zgodnie z Wytocznymi IGGA dot. Postępowania z Urobkiem z Diamentowego Frezowania Nawierzchni – Podręcznik Dobrych Praktyk [3].

Wymagania dotyczące równości nawierzchni

Każdy odcinek wykończonej nawierzchni NGCS powinien uzyskać ostateczny profil podłużny o wartości MIRI (średni międzynarodowy wskaźnik równości podłużnej) maksimum 0,8 mm/m. Nawierzchnie uzyskane w jedno-

krotnym przejściu urządzenia sprawdza się pod względem spełnienia kryterium równości na wykonanej nawierzchni. Nawierzchnie uzyskane w dwukrotnym przejściu urządzenia, sprawdza się również pod względem spełnienia kryterium równości po etapie frezowania, przed etapem rowkowania podłużnego.

Profil podłużnej równości nawierzchni powinien być pomierzony za pomocą profilometru laserowego. Należy stosować profilometry o pomiarze ciągłym zatwierdzone przez inżyniera. Każdy z nich powinien posiadać aktualne świadectwo certyfikacji.

Wykonawca powinien sprawdzić profil nawierzchni w obydwu śladach kół i następnie wyliczyć wartości średnie IRI w celu określenia średniego wskaźnika akceptacyjnego (MRI). Profile należy pomierzyć w odległości ok. 1 m od krawędzi każdego pasa ruchu. W pierwszej kolejności należy wykonać pomiar wstępny, tak aby zmierzyć właściwy profil podłużny odcinka jezdni. W czasie badań profilometrem, Inżynier oddeleguje swego przedstawiciela do uczestnictwa w tym pomiarze. Przedstawiciel podpisze wynikowy formularz z badania profilu podłużnego nawierzchni.

Inżynier wykona sprawdzające badania profili porównawczych na nie mniej niż 10% odcinków, z zastosowaniem tego samego typu certyfikowanego sprzętu co wykonawca. Badania należy przeprowadzić w tym samym śladzie nawierzchni. Pomiaru wykonawcy oraz zleceniodawcy (inżyniera) powinny zostać wykonane o tej samej porze dnia i w tych samych warunkach pogodowych. Wyniki badań sprawdzających nie powinny różnić się o więcej niż 10% od wyników uzyskanych przez wykonawcę.

Inżynier może wybrać do badań akceptacyjnych wydzielone sekcje jezdni w przypadku, gdy różnica pomiędzy ww. dwoma badaniami jest mniejsza niż 15%. W przypadku gdy przekracza ona 15% w wydzielonych miejscach lub 10% na całości wykonanego odcinka, wymagany będzie pomiar arbitrażowy w celu określenia, który sprzęt właściwie mierzy powierzchnię nawierzchni. Właściciel, którego sprzęt okaże się niedokładny, pokrywa koszt badania arbitrażowego. Inżynier może zatrzymać płatność za wykonane sekcje, które nie spełniają kryteriów równości, do czasu rozwiązania problemu. Inżynier może również zdecydować o wykonaniu profili sprawdzających na całym wykonanym odcinku w przypadku, gdy profile porównawcze są poza dopuszczalnymi tolerancjami. Inżynier dodatkowymi kosztami obciąży Wykonawcę w przypadku, gdy jego działania zostaną uznane za wadliwe. Sekcje jezdni, określone jako niespełniające wymagań równości będą wymagać powtórnego sfrezowania, bez dodatkowych kosztów dla Zleceniodawcy.

Wykończona sfrezowana powierzchnia może posiadać miejscowy wskaźnik IRI mniejszy bądź równy 1,9 mm/m, określony za pomocą oprogramowania *ProVAL Assurance Module*.

Metody obmiaru i podstawa płatności

Obmiar odcinka powierzchni jezdni w technologii NGCS powinien być dokonany w m². Obmiar powinien dotyczyć całkowitej powierzchni jezdni poddanej teksturowaniu, nie-

zależnie od ilości przejść, wymaganych do osiągnięcia wymagań akceptacyjnych.

Niewielkie obszary niesfrezowane znajdujące się na nawierzchni w obrębie obszarów przeznaczonych do frezowania powinny być włączone do obmiaru. W przypadkach, gdy wyniki pomiarów równości wskazują na konieczność dodatkowego szlifowania wygładzającego w kierunku pobocza, pasa awaryjnego lub łącznic, należy zastosować klasyczne szlifowanie przy pomocy tarcz diamentowych. Płatność powinna być dokonywana w odniesieniu do jednostki powierzchni (m²), obliczonej na podstawie szerokości 0,6 m razy długość wymaganego przejścia wygładzającego. Minimalna długość przejścia wygładzającego wynosi 90 m.

Podstawa płatności

Płatność za wykonaną nawierzchnię NGCS powinna być zrealizowana zgodnie z jednostkową ceną kontraktową za m² wykonanego szlifowania nawierzchni. Płatność powinna pokrywać całkowite koszty robocizny, pracy sprzętu, materiałów oraz pozycji dodatkowych niezbędnych do wykonania robót, łącznie z transportem obejmującym odwiezienie urobku powstałego w trakcie frezowania nawierzchni.

W przypadku dopuszczalnej prędkości na drodze powyżej 70 km na godzinę oraz w zależności od uzyskanych wartości MRI jednostkowa cena kontraktowa wykonania zabiegu ulega korekcie zgodnie z zasadami podanymi w tabeli 1.

Tabela 1. Zalecane wartości korekcyjne ceny jednostkowej w stosunku do uzyskanej wartości MRI przy dopuszczalnej prędkości na drodze powyżej 70 km/godzinę

Dopuszczalna prędkość jazdy ≥ 70 km/h	
Przedziały MRI (mm/m)	Współczynnik korekcyjny (\$/m ²)
0 – 0,54	\$ 1,13
0,55 – 0,70	$(0,71 - MRI) \times 0,1125$
0,71 – 0,80	0

Podsumowanie

Technologię typu *grinding*, stosuje się z powodzeniem w USA już od ponad 30 lat, przede wszystkim w celu poprawy właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni betonowych jak również ich równości. W USA nie jest stosowana technologia odkrywania powierzchniowego kruszywa (*washbeton*). Badania prowadzone na odcinkach testowych w różnych stanowych administracjach drogowych (DOT) wykazały, że tekstura nawierzchni uzyskiwanej technologią typu *grinding* jest bardzo trwała (raport techniczny FHWA z czerwca 2001 r. [2] podaje jej trwałość na 8–10 lat) oraz że tekstura tak uzyskana (w połączeniu z zabiegiem typu *grooving*) może również powodować redukcję hałasu komunikacyjnego, jak i poprawę odwodnienia powierzchniowego. Wyniki badań przeprowadzonych na odcinkach doświadczalnych wskazują, że możliwa jest redukcja hałasu nawet o kilka dB(A). Podobne wnioski wynikają z badań, przeprowadzonych w ostatnich latach na odcinkach do-

świadczalnych w Niemczech (administracja drogowa landu Meklemburgia i Saksonia) [4, 5].

Należy także podkreślić, że amerykańskie specyfikacje techniczne dotyczące budowy nowych nawierzchni betonowych, jak i utrzymania już istniejących, obligują do zastosowania technologii typu *grinding* i *grooving* w celu uzyskania właściwych cech powierzchniowych nawierzchni. Ostatnie badania w USA z zastosowaniem technologii diamentowego szlifowania i rowkowania nawierzchni betonowych wykazują ich doskonałą funkcjonalność eksploatacyjną, a prawdopodobieństwo, że nawierzchnie poddane zabiegom w tej technologii będą musiały zostać przykryte nakładką lub poddane przebudowie przed upływem okresu 30 lat jest mniejsze niż 15 procent.

Po upływie 8–10-letniego okresu eksploatacyjnego, nawierzchnie wykonane opisaną metodą mogą zostać na nowo poddane temu zabiegowi w celu poprawy ich cech powierzchniowych (tekstura, równość, współczynnik tarcia). Badania trwałości zmęczeniowej nawierzchni wykazują, że typowa nawierzchnia betonowa może być poddana zabiegowi szlifowania do 3 razy bez wpływu na jej trwałość zmęczeniową.

Diamentowe szlifowanie nawierzchni betonowych powoduje znaczący wzrost jej makrotekstury oraz związane z tym współczynnika tarcia. W przypadku wykonania pomiarów bezpośrednio po zabiegu wzrost wyników jest bardzo znaczący. Wzrost ten może być jednak ograniczony w czasie w przypadkach, gdy do wykonania mieszanki betonowej użyto kruszywa o niskiej odporności na polewanie. Wtedy, następujący spadek współczynnika tarcia podczas kilku pierwszych lat po zabiegu szlifowania nawierzchni zazwyczaj stabilizuje się po osiągnięciu odpowiedniego poziomu przez makroteksturę nawierzchni, co może utrzymywać się przez kilka lat. Klimat i wiek mogą być tutaj najbardziej znaczącymi czynnikami, mającymi wpływ na tempo spadku makrotekstury nawierzchni poddanej zabiegom typu *grinding*. Większe spadki makrotekstury

obserwuje się w miejscach nawierzchni, poddanych cykлом zamarzania-odmarzania niż suchych i nie podlegających działaniu mrozu.

Od Redakcji:

W kolejnej części artykułu pt. *Doświadczenia niemieckie i amerykańskie z odcinków z zastosowania technologii frezowania i rowkowania nawierzchni betonowych*, planowanym do publikacji w jednym z następnych numerów „Drogownictwa”, Autor prezentuje doświadczenia uzyskane z odcinków dróg betonowych, na których zastosowano omawianą technologię.

Bibliografia

- [1] IGGA Guide Specification: NGCS Construction on Existing or Newly Constructed Roadways, edition 30.09.2014, 100 Barren Hill Road, Conshohocken, PA USA
- [2] Technical Report, Concrete Pavement Rehabilitation – Guide for Diamond Grinding, FHWA, Southern Resource Center, 61 Forsyth Street, SW, Suite 17T26, Atlanta, GA 30303 USA
- [3] <https://www.equipmentworld.com/diamond-grinding-and-grooving-get-boost>
- [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

Zapraszamy do prenumerowania DROGOWNICTWA w 2018 roku

prenumerata roczna normalna 250 zł	}	(w tym 5% VAT)
cena 1 egzemplarza 21 zł		
prenumerata roczna studencka 125 zł	}	(w tym 5% VAT)
cena 1 egzemplarza 10,50 zł		

Uprzejmie informujemy Szanownych Prenumeratorów, że egzemplarze „Drogownictwa” oraz faktury będą wysyłane po przesłaniu zamówienia na adres prenumerata.drogownictwo@sitkrp.org.pl oraz po wpłaceniu należnej kwoty na nasze konto:

38 1160 2202 0000 0000 2741 3872

Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP, Zarząd Krajowy
ul. Czackiego 3/5, 00-043 Warszawa

Redakcja