

Metody teksturowania powierzchni dróg o nawierzchni z betonu cementowego

Methods of texturing the surface of cement concrete pavement



Antoni Szydło

Prof. dr hab. inż.

Politechnika Wrocławska, Katedra
Dróg, Mostów, Kolei i Lotnisk

antoni.szydlo@pwr.edu.pl
ORCID: 0000-0002-3363-9391



Piotr Mackiewicz

Dr hab. inż., Prof. PWr

Politechnika Wrocławska, Katedra
Dróg, Mostów, Kolei i Lotnisk

piotr.mackiewicz@pwr.edu.pl
ORCID: 0000-0002-3170-6415

Streszczenie: Artykuł zawiera przegląd metod wykańczania powierzchni nawierzchni betonowych. Zaprezentowano różne metody stosowane od pierwszych wprowadzanych technologii realizacji nawierzchni sztywnych z betonu cementowego. Stwierdzono, że różna metoda wykończenia powierzchni istotnie wpływa na cechy eksploatacyjne, a przede wszystkim na emisję hałasu. Aktualnie wskazuje się na stosowanie sprawdzonych i optymalnych metod: grinding, grooving oraz „odkryte kruszywo”.

Słowa kluczowe: Nawierzchnia betonowa; Tekstura; Grinding; Grooving; „Odkryte kruszywo”

Abstract: This article provides an overview of concrete pavement surface finishing methods. Various methods used since the first introduction of rigid cement concrete pavement technologies are presented. It is concluded that different surface finishing methods significantly impact operational characteristics, particularly noise emissions. Currently, proven and optimal methods are recommended: grinding, grooving, and "exposed aggregates".

Keywords: Concrete PAVEMENT; Texture; Grinding; Grooving; "Exposed Aggregate"

Wprowadzenie

Konstrukcja nawierzchni z betonu cementowego (ale nie tylko) składa się z układu warstw zadaniem którego jest bezpieczne przeniesienie obciążeń w założonym okresie czasu. Ponadto taka konstrukcja powinna zapewnić bezpieczeństwo użytkownikom dróg. Za to bezpieczeństwo odpowiada górna warstwa a w szczególności powierzchnia górnej warstwy nawierzchni. Zadaniem tej części nawierzchni jest zapewnienie odpowiedniej makrotekstury oraz sprawnego odprowadzania wód opadowych. Makrotekstura powinna zapewnić wymagany współczynnik tarcia pomiędzy oponą a nawierzchnią. Współczynnik tarcia jest ważnym parametrem decydującym o długości drogi hamowania, odległości widoczności na zatrzymanie, która z kolei decyduje o wartości minimalnych promieni łuków pionowych

wypukłych i wklęsłych oraz poziomych przy sprawdzaniu widoczności bocznej itp. Od ukształtowania górnej powierzchni nawierzchni zależy również poziom hałasu generowany na styku opony z nawierzchnią.

Metody kształtowania górnej powierzchni nawierzchni betonowych można podzielić na trzy grupy:

- kształtowanie powierzchni na mokro zaraz po ułożeniu nawierzchni,
- kształtowanie powierzchni w stwardniałym betonie,
- nakładanie nowych warstw na bazie żywicy i utwardzanych kruszywem.

W artykule omówiono różne metody kształtowania powierzchni z podaniem przykładów.

Kształtowanie powierzchni na mokro po ułożeniu nawierzchni

W tym punkcie będą omówiono me-

tody kształtowania powierzchni nawierzchni na mokro zaraz po ułożeniu mieszanki betonowej.

Po ułożeniu górnej warstwy nawierzchni należy wygładzić powierzchnię i nadać odpowiednią teksturę. Wskutek zagęszczania mieszanki betonowej za pomocą wibratorów na górną powierzchnię jest wyciskana zaprawa piaskowa (rys. 1), która w pierwszym etapie eksploatacji nawierzchni decyduje o szorstkości nawierzchni. Wykończenie górnej powierzchni przez nadanie nawierzchni odpowiedniej tekstury jest ważnym zagadnieniem dla bezpieczeństwa ruchu o czym wspomniano we wprowadzeniu.

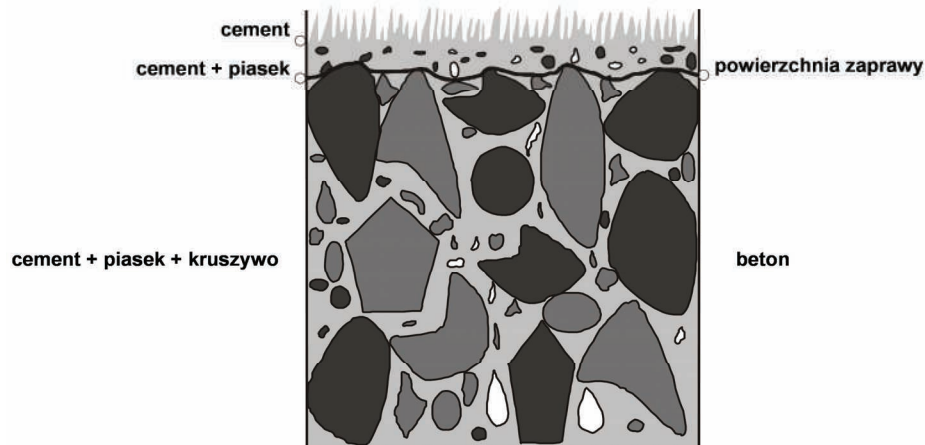
Teksturowanie w celu uzyskania odpowiednio szorstkiej nawierzchni można przeprowadzić metodami: przeciągania tkaniny jutowej w kierunku równoległym do kierunku jazdy, sztuczną trawą, przecieranie w

kierunku prostopadłym do kierunku jazdy świeżo ułożonej mieszanki betonowej stalową szczotką, rowkowanie poprzeczne za pomocą widełek metalowych (rzadziej stosowane). Na fot. 2 pokazano przykłady teksturowania z wykorzystaniem w/w metod.

Każdy z wymienionych sposobów posiada szczególne zalety i wady. Przeciąganie juty jest najtańszym sposobem jednakże uzyskuje się najmniejszą teksturę powierzchni rzędu 0.2 do 0.6 mm. Trwałość tego typu zabiegu wynosi 1-3 lat. Sposób ten ma również zalety. Występuje mniejszy hałas. Szczotkowanie nawierzchni za pomocą szczotek w kierunku poprzecznym daje większą teksturę w granicach 1-1.5 mm. Zaletą tego sposobu jest stosunkowo szybkie odprowadzenie wody w kierunku poprzecznym oraz duży współczynnik szczepności koła z nawierzchnią. Ale za to występuje zwiększony hałas. Trwałość zabiegu wynosi 3 do 5 lat.

Przedstawione powyżej sposoby kształtowania są coraz rzadziej stosowane na drogach typu autostrady lub drogi ekspresowe. Wynika to z faktu krótkiej trwałości wykonywanych zabiegów. Zabiegi takie wykonywane są jeszcze na drogach samorządowych gdzie ruch jest znacznie mniej intensywny i mniej agresywny.

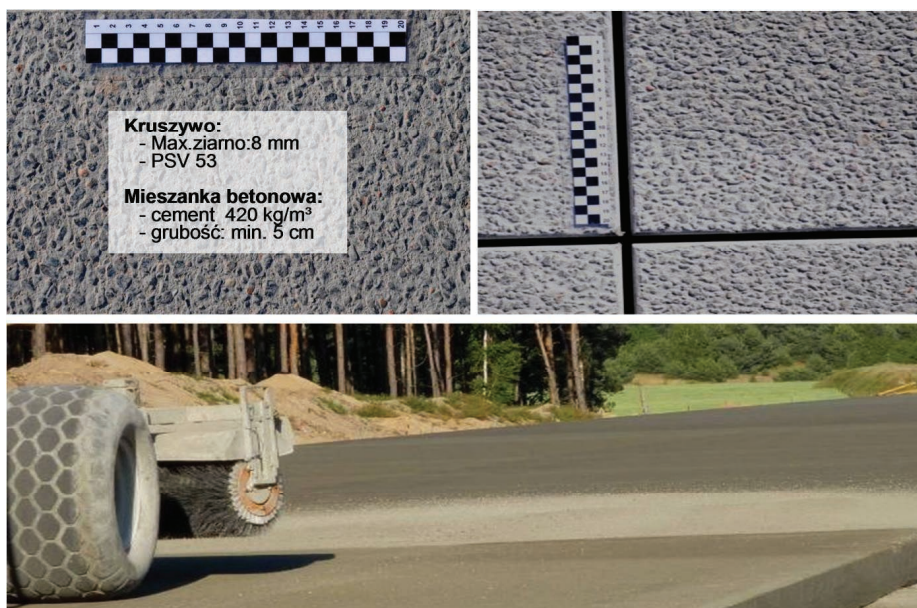
Metodą, która aktualnie jest stosowana w Polsce oraz w innych krajach europejskich (Niemcy, Austria, Belgia) jest to metoda „odkrywania kruszywa”. Metoda polega na opóźnianiu hydratacji cementu w górnej warstwie świeżo ułożonej nawierzchni (np. przy użyciu glukozy) a następnie wypłukanie niezwiązanej warstwy zaprawy cementowej strumieniem wody lub wyszczotkowanie. Aby wykonać nawierzchnię w technologii „odkrytego kruszywa” beton układa się dwuwarstwowo „mokre na mokre” górna warstwa o grubości 5 cm i kruszywem o uziarnieniu do 8 mm, dolna o uziarnieniu 22 mm. Po ułożeniu warstwę górną zrasza się środkiem (np. glukozą) niszczącą zaprawę cementową (w Belgii w ramach zabiegów pielęgnacyjnych rozkłada się na nią folię). W dalszym etapie po około dwóch



1. Przekrój nawierzchni w strefie przypowierzchniowej, [1]



2. Przykłady teksturowania nawierzchni z wykorzystaniem szczotkowania oraz juty [1]



3. Widok nawierzchni wykonanej metodą „odkrywania kruszywa”, fot autorskie

a)



b)



4. Widok maszyny do szlifowania, fot. autorskie, a) Widok ogólny, b) widok na wały

dniach (w zależności od warunków klimatycznych i recepty) niezwiązaną zaprawę cementową wymywa lub szczotkuje, pozostawiając frakcję kruszywa na powierzchni warstwy ścieralnej. Uzyskana w ten sposób tekstura zapewnia wymagane cechy przeciwpoślizgowe.

Na fot. 3 pokazano widok nawierzchni wykonanej wg opisanej metody.

Metoda odkrytego kruszywa jest standardową metodą stosowaną w Polsce. Zapewnia wymagany współczynnik tarcia. Ponadto makrotekstura zapewnia mniejszy hałas w porównaniu z metodami kształtowania powierzchni za pomocą szczotkowania poprzecznego.

Kształtowanie powierzchni w stwardniałym betonie

Jednym z zabiegów na stwardniałej powierzchni nawierzchni betonowej jest zabieg mikroszlifowania mający na celu wyrównanie nierówności.

Zabieg taki przeprowadza się na nawierzchni z „odkrytym kruszywem” ale nie tylko. Do tego celu służy maszyna szlifierka bębnowa np. typu Lissmac fot. 4. Szerokość robocza pasma technologicznego wynosi 1,27 m. Ilość pasm technologicznych uzależniona jest od tego, czy szlifowany jest jeden czy więcej pasów ruchu. Urządzenie pracuje „na mokro”, z użyciem wody, ze średnią prędkością wynoszącą 5-10 m/min. Zabieg ten ma na celu uzyskanie pożądanego poziomu równości podłużnej i poprzecznej poprzez wyszlifowanie nawierzchni na głębokość wymaganą do zniwelowania nierówności. Podstawowym narzędziem tej maszyny jest szlifierka bębnowa z tarczami diamentowymi o średnicy 230 mm i grubości 2,2 mm osadzonymi na bębnie. Tarcze przylegają do siebie lub jest minimalna między nimi odległość ok. 0,6 mm. W ten sposób uzyskuje się efekt szlifowania.

Po pierwszym przejeździe urządzenia należy przeprowadzić pomiar równości profilografem laserowym celem

sprawdzenia, czy występujące nierówności zostały zniwelowane. W razie konieczności zabieg mikroszlifowania zostanie powtórzony. Na fot. 4 pokazano widok maszyny do szlifowania.

Na fot. 5 pokazano widok maszyny do szlifowania w trakcie pracy. Za maszyną szlifującą zestaw do odsysania odpadów po szlifowaniu.

Po osiągnięciu pożądanego efektu, tj. usunięciu nierówności, wyszlifowana powierzchnia powinna być poddana śrutowaniu w celu uzyskania odpowiedniej makrotekstury. W tym celu można wykorzystać maszynę typu Blastrac 2-45 DTM w związku z koniecznością uzyskania odpowiedniej makrotekstury i właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni. Szerokość robocza pasma technologicznego wynosi 1,10 m. Ilość pasm technologicznych, podobnie jak w przypadku szlifierki, uzależniona będzie od tego, czy śrutowany jest jeden czy więcej pasów ruchu. Śrutownica porusza się ze średnią prędkością wynoszącą 15 m/min. Prędkość przejazdu dosto-



5. Zestaw do szlifowania i odsysania odpadów, fot. autorskie



6. Widok maszyny do śrutowania, fot. autorskie



7. Widok nawierzchni śrutowanej, fot. autorskie



8. Widok wału, fot. autorskie

sowana powinna być do głębokości makrotekstury otrzymanej po szlifowaniu (im płytsza makrotekstura tym wolniejszy przejazd i odwrotnie – im

głębsza makrotekstura tym szybszy przejazd). Na fot. 6 pokazano widok maszyny do śrutowania.

Na fot. 7 pokazano widok nawierzchni wykonany zabiegiem mikroszlifowania oraz śrutowania.

Oprócz wymienionych zabiegów szlifowania i śrutowania na powierzchni nawierzchni wykonuje się dodatkowe nacinanie wzdłużne nawierzchni pozwalające na uzyskanie lepszej szczepności koła z nawierzchnią oraz obniżenie poziomu hałasu. W tym celu może być wykorzystana maszyna jak do szlifowania z tym, że na wale tarcze tnące muszą być osadzone w pewnej odległości od siebie. Na fot. 8 pokazano widok wału.

Tarcze tnące są zamontowane w określonej odległości od siebie na obracającym się wale. Proces cięcia tworzy na powierzchni betonu rowki, którym, towarzyszą mostki (występy) o określonej geometrii (głębokość rowków, szerokość rowków i szerokość mostków). Nacinanie (grinding) to metoda kontrolowanego tworzenia tekstury powierzchniowej w stwardniałym betonie, wzdłuż osi podłużnej nawierzchni o jednolitych i trwałych właściwościach użytkowych. Rowki zwiększają zdolność do odprowadzania wody z powierzchni, przyczyniają się do obniżenia intensywności tworzenia się mgły wodnej przy dużych prędkościach pojazdów oraz zapewnienia lepszej przyczepności na mokrej nawierzchni, fot. 9.

W przypadku rowkowania w technologii groovingu, rowki o większej głębokości i większym odstępie są wycinane w stwardniałym betonie w



9. Widok nacięć podłużnych w technologii grindingu, fot. autorskie

osobnym procesie technologicznym. Może być wykonywane z dodatkowymi rowkami o większej głębokości lub bez nich. Widok takiego sposobu wykończenia nawierzchni pokazano na fot. 10.

Nakładanie nowych warstw na bazie żywic i utwardzanych kruszywem

W niniejszym punkcie przedstawiona będzie metoda kształtowania powierzchni nawierzchni betonowej z wykorzystaniem żywic i grysów [3]. Żywica reaktywna, np. żywica epoksydowa, jest наносzona maszynowo



10. Widok nawierzchni wykonany w technologii groovingu [2]

i bezciśnieniowo na przygotowaną powierzchnię betonu, a następnie posypywana grysem o określonym uziarnieniu. Grubość nakładanej warstwy powierzchniowej wynosi tylko kilka milimetrów i zależy od wybranej granulacji posypki. Jakość obróbki powierzchniowej żywicą reaktywną zależy od połączenia między żywicą reaktywną a podłożem oraz od osadzenia/zatopienia grys w żywicy reaktywnej. Najważniejszym warunkiem trwałości obróbki powierzchniowej żywicą reaktywną jest odpowiednie i starannie przygotowane podłoże betonowe. Przed nałożeniem warstwy żywicy reaktywnej podłoże musi być oczyszczone z wszelkich substancji rozdziających, takich jak oleje, tłuszcze, ścier gumowy, kurz, środki do pielęgnacji, bitum lub farby oznakowania poziomego. Powierzchnia powinna być oczyszczona za pomocą strumienia wody pod wysokim ciśnieniem (np. hydromonitor) i natychmiastowego odsysania szlamu. Alternatywnie stosuje się metodę śrutowania. Podczas czyszczenia wodą pod wysokim ciśnieniem należy uwzględnić dodatkowy czas konieczny do wysuszenia powierzchni przed nałożeniem właściwej warstwy żywicy. Oprócz wymaganego oczyszczenia podłoża, w przypadku głębokości makrostruktury większej niż 1,5 mm, konieczne są dodatkowe środki przygotowawcze w celu zmniejszenia głębokości tekstury. W celu zapewnienia trwałości nałożonej warstwy żywicy, przed nałożeniem należy usunąć lub zakryć oznakowanie poziome. Wytrzymałość na rozciąganie powierzchni betonu określona testem pull-off daje wskazówki, czy obróbka powierzchniowa żywicą reaktywną może być bezpośrednio nałożona na powierzchnię betonu, czy też konieczne jest wcześniejsze usunięcie niestabilnych warstw zaprawy. Bez wymaganej wytrzymałości powierzchni betonu na rozciąganie trwałe połączenie nie jest możliwe. Słabe warstwy powierzchni należy usunąć (np. czyszczenie wodą pod wysokim ciśnieniem lub śrutowania). Przed nałożeniem powłoki należy sprawdzić i ewentualnie naprawić wypełnienie szczelin dyla-

tacyjnych. Szczeliny powinny być wypełnione i szczelne. W przypadku mas uszczelniających na gorąco, obróbka powierzchniowa żywicą reaktywną może być nałożona bez dodatkowego przygotowania. Szczeliny uszczelnione masami zalewowymi na zimno powinny być w każdym przypadku zakryte lub zaklejone przed nałożeniem warstwy żywicy. Profile gumowe nie muszą być zakrywane, o ile ich wysokość w komorze wypełnienia spełnia wymagania Specyfikacji. Na krawędziach płyt i dylatacjach obiektowych nie powinno być różnic wysokościowych powyżej 3 mm. Temperatura powierzchni betonu podczas nakładania żywicy powinna wynosić co najmniej $+8^{\circ}\text{C}$ i nie przekraczać $+40^{\circ}\text{C}$ i wynosić co najmniej 3 K powyżej temperatury punktu rosy. Wilgotność względna nie powinna przekraczać 85%. W przypadku przewidywanego gwałtownego wzrostu temperatury powierzchni lub opadów, kondensacji pary wodnej i mgły, prace nie powinny być wykonywane. Nakładanie żywicy powinno odbywać się równomiernie. Bezpośrednio po nałożeniu żywicy należy równomiernie posypać i docisnąć grys za pomocą małego walca (maks. 2 t z gumową opaską). Kruszywo do posypywania powinno być odpyłone zgodnie z odpowiednimi wytycznymi. W ten sposób zapewnia się wymaganą przyczepność i trwałe osadzenie kruszywa w warstwie żywicy. Największe ziarno powinno być osadzone w żywicy na około połowę swojej średnicy. Powierzchnia powinna być chroniona przed uszkodzeniami, wilgocią i zanieczyszczeniami do momentu utwardzenia. Po całkowitym utwardzeniu żywicy nadmiar grys posypki jest usuwany przez zamiatanie. Możliwe jest ponowne użycie usuniętej posypki. Po zamiataniu powierzchnia jest natychmiast gotowa do użytku. Zaproponowana metoda odpowiada technologii powierzchniowego utwardzenia w nawierzchniach z mieszanek mineralno-asfaltowych. Technologia ta zalecana do stosowania punktowego np. polepszenie właściwości powierzchniowych pojedynczych płyt.

Podsumowanie

Przedstawione w artykule metody kształtowania powierzchni nawierzchni betonowych pokazują jak ewaluują metody kształtowania powierzchni. Właściwości powierzchni nawierzchni betonowych mają duże znaczenie dla użytkowników dróg. Wpływają one na komfort jazdy, bezpieczeństwo ruchu, zużycie paliwa, emisję hałasu i trwałość dróg. Do najważniejszych właściwości powierzchni należą równość, przyczepność (właściwości przeciwoślizgowe), zdolność do odprowadzania wody, hałas generowany przez opony, opór toczenia oraz właściwości odbijania i pochłaniania światła.

Artykuł powstał w ramach realizacji grantu badawczego „Innowacyjne metody redukcji hałasu drogowego i zasady ich stosowania” realizowanego w ramach programu RID II – Rozwój Innowacji Drogowych. Zadanie 6 – „Trwałość akustyczna i eksploatacyjna nawierzchni betonowych o różnych technologiach budowy i technikach teksturowania”. Nr umowy 01RD/0001/23. Projekt realizowany w ramach wspólnego przedsięwzięcia RID, finansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Szydło A., Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego. Teoria, wymiarowanie, Realizacja. Polski cement, Kraków, 2004
- [2] Scofield L. (2009). „Transportation Noise and Concrete Pavements, Using Quiet Concrete Pavements as the Noise Solution”, ACPA
- [3] Alte-Teigeler Otto, Piotr Heinrich, Teksturowanie nawierzchni betonowych wg. nowych niemieckich wytycznych M OB. Konferencja Dni Betonu, Wisła, 2025