

# Nawierzchnie mostowe

**Nawierzchnia na pomoście mostowym wraz z izolacją decyduje o trwałości całego obiektu mostowego. Należy ją tak zaprojektować, by zapewniała odpowiednią trwałość. Okres użytkowania powinien wynosić: dla izolacji oraz warstwy ochronnej pomostów masywnych nie mniej niż 30 lat, dla pomostów lekkich nie mniej niż 20 lat, dla górnej warstwy nawierzchni nie mniej niż 10 lat [10].**

## Wstęp

Nawierzchnia mostowa poddawana jest obciążeniom od ruchu pojazdów samochodowych oraz oddziaływaniu czynników klimatycznych. Prawidłowo zaprojektowana i wykonana nawierzchnia na obiekcie mostowym, ze względu na właściwości eksploatacyjne, powinna być [2, 4, 6]:

- szczelna, odporna na wodę i środki odładzające
- stabilna, odporna na odkształcenia płyty pomostu
- trwała, w zróżnicowanych temperaturach eksploatacyjnych powinna zapewniać długi okres użytkowania
- odporna na spękania termiczne i zmęczeniowe w niskich i średnich temperaturach eksploatacyjnych oraz odporna na koleinowanie w wysokich temperaturach eksploatacyjnych
  - odporna na działanie naprężeń ścinających
- szorstka, zapewniając tym samym komfort jazdy i bezpieczeństwo ruchu
  - dobrze związana z izolacją oraz płytą pomostu
- lekka, przy zachowaniu odpowiedniej grubości zapewniającej ochronę płyty pomostu.



Rys.1. Układ warstw konstrukcji nawierzchni na pomoście mostowym

## Układ warstw konstrukcyjnych

Na obiektach mostowych wykonuje się nawierzchnie w technologii asfaltowej lub z betonu cementowego. W Polsce powszechnie stosuje się nawierzchnie asfaltowe. Technologia wykonywania nawierzchni na obiektach mostowych z betonów cementowych nie znalazła uznania w Europie i stosuje się ją tylko w niektórych krajach. Nawierzchnie mostowe betonowe są w większym zakresie stosowane w USA [5, 6]. Asfaltowe nawierzchnie mostowe układa się na warstwach izolacji po uprzednim zagruntowaniu podłoża pomostu. Nawierzchnia składa się z warstwy ochronnej i ściernalnej. Układ warstw konstrukcyjnych nawierzchni asfaltowej na drogowym obiekcie mostowym na pomoście stalowym i betonowym

przedstawiono na rys. 1 [4].

Warstwa ochronna nawierzchni ma na celu zabezpieczenie izolacji przed uszkodzeniem podczas wykonywania górnej warstwy nawierzchni oraz pełni funkcję dodatkowego zabezpieczenia przeciwwodnego i funkcje nośne podczas eksploatacji. Warstwa ścieralna nawierzchni mostowej pełni podobną rolę jak w nawierzchni na korpusie ziemnym, lecz ze względu na szczególne warunki obciążenia powinna być szorstka i mieć strukturę szczelną i zamkniętą. Na obiektach mostowych możliwe jest wykonywanie nawierzchni z betonu cementowego. Najczęściej stosuje się dodatkowe warstwy betonowe układane na pomoście. Nawierzchnie betonowe wykonuje się z betonu cementowego modyfikowanego polimerami (Latex-Modified Concrete), betonu cementowego o niskim W/C (Low Slump Concrete), betonu cementowego z dodatkiem popiołu lotnego (High Performance Fly Ash Concrete) oraz dodatkiem mikrokrzemionki (High Performance Silica Fume Concrete) [5, 7]. W przypadku wykonywania pomostu z betonu wysokowartościowego (High Performance Concrete) możliwe jest nieukładanie warstw nawierzchni, a płyta pomostu stanowi nawierzchnię, po której odbywa się ruch pojazdów.

### **Rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne izolacji pomostów**

Izolacje przeciwwodne obiektów mostowych stanowią warstwę pośrednią między konstrukcją pomostu a nawierzchnią i są częścią systemu ochrony antykorozyjnej konstrukcji obiektu mostowego. Na izolacje przeciwwodne działają czynniki klimatyczne (temperatura, woda) i obciążenia od kół pojazdów. Izolacja narażona jest również na działanie wysokiej temperatury podczas układania i zagęszczania warstw asfaltowych nawierzchni. Izolacje pomostów wykonuje się najczęściej z materiałów asfaltowych, tworzyw sztucznych lub kombinacji materiałów asfaltowych i tworzyw sztucznych. Dzielimy je na powłokowe i arkuszowe. Do grupy izolacji powłokowych zaliczamy między innymi izolację ze zmiękzonej żywicy epoksydowej, poliuretanu, metakrylanu metylu, mas cementowo-polimerowych, mas asfaltowych oraz mas asfaltowo-polimerowych. Do izolacji arkuszowych zaliczamy papy samoprzylepne i zgrzewalne oraz folie z tworzyw sztucznych [1].

W grupie hydroizolacji powłokowych na szczególną uwagę zasługuje izolacja z metakrylanu metylu. Może być ona układana na podłożu betonowym zagruntowanym żywicą metakrylanową lub na podłożu stalowym zagruntowanym farbą epoksydową. Właściwą izolację stanowią dwie warstwy o łącznej grubości około 2 mm. Izolacja z metakrylanu metylu charakteryzuje się krótkim czasem twardnienia (do około czterdziestu minut), a wykonana powłoka jest wytrzymała, elastyczna i bezszwowa. Zapewnia ona długi okres eksploatacji – powyżej 30 lat. W czasie wykonywania izolacji jest ona niewrażliwa na wilgoć w powietrzu, wiąże również w niskich temperaturach od -50°C do +30°C. Jej zaletą jest nieprzepuszczalność dla jonów chlorkowych, szczególnie istotne w okresie zimowym podczas stosowania środków odładzających. Grubość warstwy powinna wynosić ok. 2 mm (zużycie materiału około 2,8 kg/m<sup>2</sup>). Izolację z metakrylanu metylu zastosowano w ostatnich latach na nowo budowanym moście w Toruniu oraz na modernizowanym moście im. Grota-Roweckiego w Warszawie [6]. W grupie izolacji arkuszowych najczęściej stosowane są papy zgrzewalne z lepiszczem modyfikowanym elastomerem SBS, na osnowie z włókniny poliestrowej lub tkaniny i welonu szklanego. Arkusze papy należy układać na zagruntowanym podłożu roztworem asfaltowym (pomost betonowy) lub roztworem żywic epoksydowych (pomosty betonowe i stalowe). Zastosowanie izolacji z pap zgrzewalnych wymaga starannego wykonania ze względu na możliwość przepalenia papy [1, 3].

### **Warstwy konstrukcyjne nawierzchni mostowych**

Nawierzchnia asfaltowa na obiekcie mostowym składa się z warstwy ochronnej i ścieralnej. Warstwy te wykonuje się najczęściej z mieszanki mineralno-asfaltowej typu asfalt lany MA, beton asfaltowy AC i mastyks grysowy SMA. Ze względu na szczególne warunki pracy nawierzchni na obiekcie mostowym preferowane są mieszanki mineralno-asfaltowe o dużej zawartości mastyksu i o strukturze zamkniętej. Do mieszanek tych zaliczamy asfalt lany i SMA, do warstwy ochronnej i do warstwy ścieralnej mieszanki asfaltu lanego, SMA, mieszanki o nieciąglym uziarnieniu BBTM [4, 6, 9]. Na podstawie dotychczasowych doświadczeń w wykonawstwie nawierzchni mostowych w zależności od kategorii ruchu możliwe jest stosowanie następujących układów warstw nawierzchni mostowych:

- warstwa ochronna z asfaltu lanego MA, warstwa ścieralna z mastyksu grysowego SMA
  - warstwa ochronna i warstwa ścieralna z mastyksu grysowego SMA
    - warstwa ochronna i warstwa ścieralna z asfaltu lanego MA
- warstwa ochronna z asfaltu lanego MA i warstwa ścieralna z betonu asfaltowego AC
  - warstwa ochronna i ścieralna z betonu asfaltowego AC.

Wymagania dla mieszanek mineralno-asfaltowych stosowanych do warstwy ochronnej i ścieralnej oraz warunki ich produkcji zostały opracowane przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA) i przedstawione w Wymaganiach Technicznych WT-2. Wymagania te są w ostatnich latach często weryfikowane, a ostatnia ich wersja z 2014 roku zaleca stosowanie do warstwy ochronnej asfaltu lanego MA 8, MA 11 i MA 16. Do warstwy ścieralnej nawierzchni mostowej zaleca się stosowanie dodatku asfaltu naturalnego „Trinidad” w ilości od 1,5 do 2,0% w stosunku do masy asfaltu, który poprawia odporność na powstawanie odkształceń trwałych, ogranicza procesy starzeniowe, zwiększa odporność na spękania zmęczeniowe i niskotemperaturowe oraz zwiększa szorstkość. Grubość nawierzchni mostowej nie jest projektowana ze względu na obciążenie ruchem, tak jak to ma miejsce w przypadku wymiarowania nawierzchni na korpusie ziemnym. Nie jest konieczne wyznaczanie trwałości zmęczeniowej nawierzchni, gdyż przyjmuje się, że jest ona spełniona na obiekcie mostowym przez samą konstrukcję mostu. Tradycyjnie bezpieczne rozwiązanie stanowi układ dwóch warstw o grubości około 4 cm każda. Dobrym rozwiązaniem jest stosowanie warstwy ścieralnej o zmniejszonej grubości do 2 cm, np. z mieszanki o nieciąglym uziarnieniu. Grube nawierzchnie są niekorzystne z punktu widzenia projektanta, dążącego do zmniejszenia ciężaru własnego konstrukcji mostu. Stosowanie cienkich nawierzchni jest dopuszczalne, gdy warstwy konstrukcyjne będą zbudowane z materiału wykazującego zwiększoną zdolność relaksacji naprężeń i odkształceń w niskiej temperaturze oraz będą charakteryzowały się odpowiednią sztywnością w wysokiej temperaturze. Trwałe i bezpieczne nawierzchnie mostowe wymagają właściwego doboru materiałów, odpowiedniej technologii i wykonawstwa na najwyższym poziomie. Można to osiągnąć między innymi stosując lepsze modyfikowane, nowe technologie o zwiększonej odporności na odkształcenia trwałe, cienkie warstwy oraz inne nowe rozwiązania materiałowo-technologiczne izolacji i nawierzchni z lepiszczami modyfikowanymi polimerami, a także z dodatkiem rozdrobnionej gumy. Należy stwierdzić, że podstawą uzyskania trwałych nawierzchni mostowych jest stosowanie najwyższej jakości materiałów, rygorystyczne przestrzeganie technologii wykonania warstw konstrukcyjnych nawierzchni i izolacji. Konieczne trzeba też zapewnić dobre połączenia międzywarstwowe, tj. między podłożem a warstwą izolacji, między izolacją a warstwą ochronną oraz między warstwą ochronną a warstwą ścieralną.

### **Rodzaje zniszczeń nawierzchni mostowych**

Nawierzchnie mostowe w okresie eksploatacji ulegają zniszczeniom takim jak:

- spękania podłużne, poprzeczne, siatkowe, które powstały w wyniku skurczu termicznego lub powtarzalnych obciążeń
- koleiny wzdłuż śladów kół, które powstały w wyniku odkształcenia lepkoplastycznego asfaltowych warstw nawierzchni
- sfalowania w postaci przemiennych zagłębień i wzniesień nawierzchni, które powstały w wyniku przemieszczania materiału warstw nawierzchni podczas zmiany prędkości ruchu
  - odciski w formie zagłębień punktowych, które powstały w wyniku miejscowego przeciążenia
- pęknięcie połączenia, które powstało w wyniku odspojenia się warstwy lub warstw nawierzchni od elementów wyposażenia
- ubytki w postaci wykruszenia mieszanki mineralno-asfaltowej na głębokość nie większą niż grubość warstwy ścieralnej, które powstały w wyniku niewłaściwego składu mieszanki mineralno-asfaltowej lub złego zagęszczenia
  - wyboje w postaci wykruszenia mieszanki mineralno-asfaltowej na głębokość większą niż grubość warstwy ścieralnej, które powstały w wyniku niewłaściwie i w nieodpowiednim czasie przeprowadzonego remontu cząstkowego
- pęcherze w postaci miejscowych wypukłości, które powstały na skutek oderwania się warstwy lub warstw nawierzchni, izolacji od podłoża pod wpływem ciśnienia pary wodnej lub par innych cieczy

- wpływ lepiscza, w postaci plamy na nawierzchni, który powstał w wyniku miejscowego jego nadmiaru w mieszance mineralno-asfaltowej.

Spękania są najczęściej występującym zniszczeniem mostowej nawierzchni asfaltowej. Istotnym ich rodzajem są odkształcenia trwałe. Kolejiny mogą charakteryzować się stosunkowo dużą głębokością. Na nawierzchniach mostowych istnieje możliwość występowania zniszczeń w postaci pęcherzy. Powstają one, gdy na zanieczyszczone olejami lub zawilgocone podłoże układa się szczelną mieszankę mineralno-asfaltową. Rosnące pęcherze mogą wywoływać bardzo poważne uszkodzenia izolacji i nawierzchni [6, 8]. Zniszczenia powstałe w warstwach nawierzchni mostowej mogą powodować uszkodzenie hydroizolacji w postaci utraty częściowej lub całkowitej przyczepności do podłoża, utraty szczepności między izolacją a warstwą ochronną, wzrostu nasiąkliwości izolacji powyżej 5%, uszkodzeń izolacji w wyniku pęknięcia, przebicia, utraty szczelności. Zniszczenia nawierzchni mostowej wymagają natychmiastowej naprawy, gdyż mogą prowadzić do uszkodzenia izolacji i całej nawierzchni.

### Podsumowanie

Nawierzchnia jest elementem mostu decydującym o trwałości obiektu inżynierskiego. Pracuje ona w bardzo specyficznych warunkach obciążenia od ruchu pojazdów samochodowych i czynników klimatycznych. W Polsce wykonuje się na obiektach mostowych wyłącznie nawierzchnie asfaltowe. Do warstwy ochronnej i ścieralnej najczęściej stosuje się asfalty lane, mieszanki grysowo-mastyksowe SMA i betony asfaltowe.

Trwałe i bezpieczne nawierzchnie mostowe wymagają właściwego doboru materiałów, odpowiedniej technologii i wykonawstwa na najwyższym poziomie. Można to osiągnąć między innymi stosując lepiscza modyfikowane, nowe technologie o zwiększonej odporności na odkształcenia trwałe, cienkie warstwy oraz inne nowe rozwiązania materiałowo-technologiczne izolacji i nawierzchni z lepisczami modyfikowanymi polimerami i dodatkiem rozdrobnionej gumy. Nawierzchnie mostowe w wyniku działania obciążenia ruchem oraz oddziaływania czynników klimatycznych ulegają zniszczeniom, przede wszystkim: spękanom, odkształceniom trwałym, tworzeniem się pęcherzy. Zniszczenia powstałe w warstwach nawierzchni mostowej mogą powodować uszkodzenie hydroizolacji i w rezultacie korozję pomostu.

prof. dr hab. inż. Piotr Radziszewski  
dr hab. inż. Jerzy Piłat, prof. PW  
Politechnika Warszawska

### Literatura

1. Germaniuk K., Sybilski D., Zeszyt 68 „Zalecenia wykonywania izolacji z pap zgrzewalnych i nawierzchni asfaltowych na drogowych obiektach mostowych”, IBDiM 2005.
2. Hicks, R. Gary et. al., Asphalt Surfaces on Steel Bridge Decks, TRR Record 1740, Paper No. 00-0389, Transportation Research Board, Washington DC, 2000.
3. Mieczkowski P., Izolacje z pap asfaltowych na obiektach mostowych, Izolacje 2/2010.
4. Piłat J., Radziszewski P., Nawierzchnie asfaltowe, WKŁ, Warszawa 2010.
5. Piłat J., Radziszewski P., Kowalski K., Nawierzchnie asfaltowe i betonowe na obiektach mostowych. Seminarium „Nawierzchnie, izolacje i inne elementy wyposażenia mostów”, Warszawa 2007.
6. Radziszewski P., Piłat J., Sarnowski M., Kowalski K., Król J., Pokorski P., Liphardt A., Raport z pracy badawczej dla Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad w Warszawie „Rozwiązania materiałowo-technologiczne izolacji i nawierzchni obiektów mostowych”, Politechnika Warszawska, 2013.
7. Sprinkel M. M. and Apeageyi A. K., Evaluation of the Installation and Initial Condition of Overlays on Bridge Decks Rosphalt, Virginia Center for Transportation Innovation and Research, Final Report VCTIR 13-R5, June 2013.
8. Stosch H. J., Błędy wykonawstwa nawierzchni bitumicznych, WKŁ, Warszawa 1977.
9. Sybilski D., Bitumiczne nawierzchnie mostowe, Drogownictwo nr 9, 1994.
10. Dziennik Ustaw RP, nr 63, Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie,

Warszawa 2000.