Hydroizolacja płyt pomostów na obiektach mostowych

Nieodłącznym elementem infrastruktury drogowej są obiekty mostowe. Ich podstawową funkcją jest przeniesienie obciążeń od pojazdów samochodowych, które są przekazywane poprzez warstwy nawierzchni na płytę pomostu o konstrukcji stalowej lub betonowej (żelbetowej).

Istotnym elementem pracy ustroju nośnego są również oddziaływania od zmiennych warunków klimatyczno-pogodowych, skutkujące m.in. naprężeniami termicznymi. Rodzaj podłoża, wielkość obciążenia ruchem oraz stopień agresywności środowiska (wahania temperatury, roztwory soli nieorganicznych w postaci np. chlorku sodu i wapnia jako substancji odladzających, kwaśne deszcze, żrące substancje gazowe w atmosferze itp.) determinują rodzaj zastosowanych warstw, ich właściwości oraz układ konstrukcyjny. Bezawaryjne funkcjonowanie ustroju nośnego (płyty pomostu) zapewnia się poprzez jego zabezpieczanie przed ewentualnymi negatywnymi oddziaływaniami. Można to uzyskać poprzez:

- użycie takich materiałów na konstrukcję, które zapewniają odporność na działanie czynników agresywnych (betony charakteryzujące się odpornością na zamrażanie i odmrażanie oraz odpowiednią szczelnością, pręty zbrojeniowe zabezpieczone przed korozją poprzez ich galwanizację czy malowanie farbami antykorozyjnymi np. epoksydowymi)
- niedopuszczenie czynników agresywnych do konstrukcji, tzw. „polityka parasola”.

Fot. 1. Klejenie papy termozgrzewalnej do podłoża betonowego z użyciem palnika gazowego

Bardziej skuteczną metodą ochrony antykorozyjnej w oparciu o doświadczenia zagraniczne (USA, Francja, Niemcy) jest zabezpieczenie konstrukcji poprzez wykonanie warstwy izolacji wodochronnej.
Zapisy zawarte w Rozporządzeniu Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej definiują wymagania funkcjonalne i materiałowe, jakim powinny odpowiadać izolacje przeciwwilgociowe obiektów mostowych.
Pod względem funkcjonalnym decydujące są:

- nieprzepuszczalność dla wody, pary wodnej i gazów oraz odporność na działanie substancji chemicznych związanych z eksploatacją oraz utrzymaniem dróg
- zdolność do przenoszenia różnic temperatur pomiędzy nawierzchnią a płytą pomostu
- odporność na deformacje
- zapewnienie dobrej przyczepności do podłoża oraz gwarancja dobrego połączenia z warstwą ochronną lub nawierzchnią
- odporność na uszkodzenia mechaniczne i temperaturę w czasie wbudowywania warstw wyżej leżących

- zapewnienie stabilności nawierzchni i przenoszenie obciążeń z nawierzchni na pomost.

W zakres wymagań materiałowych wchodzą:

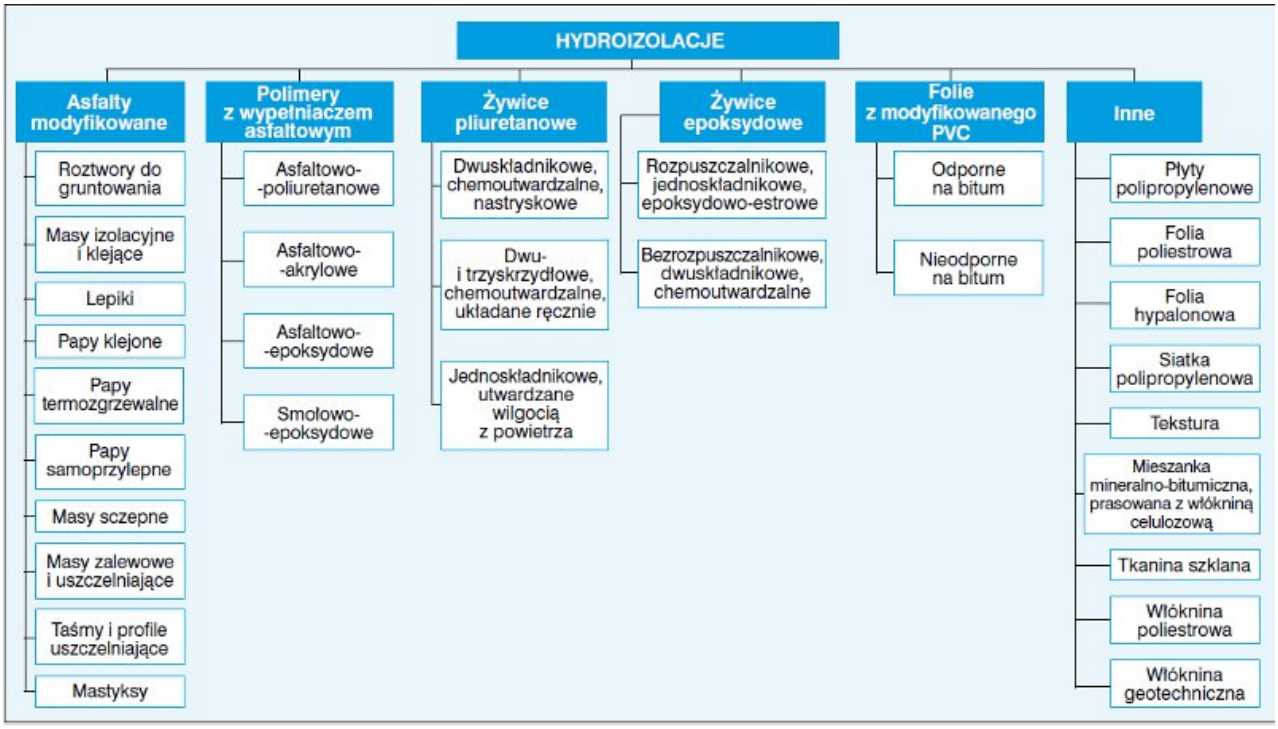
- grubość izolacji nie mniejsza niż 5 mm (przy rozwiązaniach arkuszowych) oraz nie mniejsza niż 2 mm przy zastosowaniach natryskowych
- gładka powierzchnia ułatwiająca spływność wody
- elastyczność w przedziale temperatur od -30 do +60°C
- całkowicie wtopiona w lepiszcze izolacji osnowa wzmacniająca (przy rozwiązaniach arkuszowych).

Spełnienie wyżej wymienionych wymagań wymusza zarówno na projektantach, nadzorze jak i wykonawcach przyjęcie rozwiązań i podejmowanie takich działań, które zapewnią odpowiednią jakość wykonania i umożliwią bezusterkowe funkcjonowanie obiektu. Obok typowej problematyki pod uwagę trzeba wziąć również przewidywany okres (porę roku) prowadzenia robót i umożliwić wprowadzanie ewentualnych korekt, gwarantujących jak najwyższą jakość końcową. Należy pamiętać, że ewentualne poprawki czy remonty na obiektach mostowych skutkują wymianą najczęściej wszystkich warstw nawierzchni (łącznie z izolacją), a tym samym i zwielokrotnieniem kosztów inwestycji, wydłużeniem czasu oraz znacznie większymi utrudnieniami w ruchu w stosunku do odcinka szlakowego.

Typowe rozwiązania w zakresie izolacji płyt pomostów

Funkcję izolacji płyt pomostów na obiektach inżynierskich może spełniać wiele rodzajów materiałów (rys. 1). Z tego grona na szeroką skalę są stosowane przede wszystkim kompozyty organiczne typu powłokowego i arkuszowego. Z grupy zabezpieczeń powłokowych (nakładanych ręcznie lub metodą natryskową) wykorzystuje się głównie lepiszcza organiczne w postaci żywic syntetycznych (epoksydowych, poliuretanowych, metakrylanu metylu) i materiałów bitumicznych (głównie asfaltowych) lub ich mieszanin w rożnych stosunkach objętościowych. Wśród materiałów arkuszowych wiodącą rolę odgrywają papy samoprzylepne i termozgrzewalne asfaltowe lub polimeroasfaltowe. Koniec XX wieku w Polsce to czas intensywnych remontów obiektów mostowych. To także okres otwarcia się na napływające technologie zachodnie, również w dziedzinie zabezpieczeń hydroizolacyjnych płyt pomostów. Coraz częściej zaczęto stosować żywice syntetyczne (epoksydowe, poliuretanowe lub ich mieszaniny), bez właściwego przygotowania merytorycznego. Skutkiem tego były pojawiające się, w krótkim czasie po oddaniu, uszkodzenia całych systemów nawierzchniowych. Można to było obserwować zarówno w przypadku żywic poliuretanowych, utwardzanych che-micznie wilgocią z powietrza w warunkach in situ (podczas wbudowywania w nieodpowiednich warunkach atmosferycznych), czy też z użyciem żywic syntetycznych, chemoutwardzalnych (np. poliuretanowych, epoksydowych). Efektem tego było odstąpienie od stosowania izolacji powłokowych na bazie żywic syntetycznych.

Rys. 1. Rodzaje materiałów używanych w wykonawstwie hydroizolacji na obiektach mostowych [2]



Trend ten powoli się odwraca. Ciągły rozwój i wprowadzanie nowych materiałów z tego zakresu oraz znacznie lepsze przygotowanie merytoryczne służb technicznych skutkuje nowym otwarciem. Zaczynają się pojawiać inwestycje, w których ponownie w warstwie izolacyjnej znalazły się tworzywa sztuczne, np. metakrylan metylu czy żywice epoksydowe lub żywice poliuretanowe.

Izolacje natryskowe na bazie żywic

Natryskowe systemy izolacji na bazie żywic syntetycznych (epoksydowych, poliuretanowych, metylo-metakrylowych) są alternatywą dla innych rozwiązań izolacyjnych stosowanych w budownictwie lądowym. Dobór optymalnego systemu izolacyjno-nawierzchniowego powinien być ściśle związany z charakterem chronionego obiektu, wymaganiami oraz warunkami środowiskowymi. Na rynku dostępnych jest wiele produktów na bazie żywic mających szerokie zastosowanie jako warstwy podkładowe, konstrukcyjno-zamykające czy pomocnicze stosowane zarówno na podłożach betonowych jak i stalowych. Żywice epoksydowe to rodzaj jedno- lub dwuskładnikowych żywic, które w wyniku reakcji sieciowych z udziałem grup epoksydowych tworzą nietopliwe i nierozpuszczalne tworzywa sztuczne. Żywice poliuretanowe powstają w wyniku reakcji grupy hydroksylowej z izocyjaninami, tworząc w ten sposób strukturę sieciową. Ze względu na swoją budowę chemiczną charakteryzują się większą elastycznością niż żywice epoksydowe. Na polskim rynku dostępne są również izolacje dwuskładnikowe np. żywice metakrylanu metylu (MMA) lub kopolimery w postaci chemoutwardzalnych, bezrozpuszczalnikowych, materiałów na bazie żywic epoksydowej i poliuretanowej. Systemy natryskowe umożliwiają wykonanie wysokojakościowej hydroizolacji ustroju nośnego konstrukcji mostowej, mogą stanowić samodzielne nawierzchnie na bazie żywic syntetycznych (np. epoksydowych) parkingów czy obiektów obciążonych ruchem pieszo-rowerowym. Przewagą omawianych rozwiązań jest duża przyczepność do podłoży betonowych (> 2 MPa) i metalowych (> 3 MPa), szybki proces układania i utwardzania żywic, kompatybilność z asfaltem lanym i nawierzchniami asfaltowymi. Dzięki aplikacji na podłoże w postaci płynnej, po procesie wiązania otrzymujemy bezszwową powłokę odporną na uszkodzenia mechaniczne i chemiczne.

Fot. 2. Wykonywanie hydroizolacji żywicą MMA na obiekcie mostowym metodą natryskową i ręczną [8]

Wykonanie izolacji płyty pomostu metodą ręczną bądź natryskową przebiega wieloetapowo (fot. 2). Przed rozpoczęciem aplikacji bardzo ważne jest odpowiednie przygotowanie powierzchni. Powinna być ona osuszona i oczyszczona z zanieczyszczeń stałych, soli i zatłuszczeń. Wykonuje się to mechanicznie jedną z wybranych metod: groszkowania, piaskowania, szlifowania, śrutowania lub hydromonitoringu. Stopień czystości przygotowanego podłoża stalowego warunkuje norma PN-EN ISO 8501-1:2008 i powinien on być na poziomie Sa 21A Przy tym poziomie czystości na oglądanej bez powiększenia powierzchni nie mogą występować ślady oleju, smaru, pyłu, zendry, rdzy, powłoki malarskiej czy obcych zanieczyszczeń. Mogą być widoczne jedynie ślady zanieczyszczeń w postaci plamek w kształcie kropek lub pasków. Dodatkowym wymaganym parametrem podłoża, na którym układa się tego rodzaju izolacje, jest jego odpowiednia wytrzymałość mechaniczna. Jest to bardzo ważne w przypadku nowych betonowych konstrukcji mostowych, szczególnie na etapie dojrzewania betonu. Literatura podaje, że układanie warstw izolacyjnych może nastąpić po co najmniej 14 dniach przy spełnieniu wymagań wytrzymałości na ściskanie (nie mniejsza niż wynikająca z klasy betonu), na rozciąganie badanej metodą „pull-off" (min. 2 MPa) i wilgotności płyty mniejszej od 4%. Zasadniczym procesem wykonania izolacji jest pokrycie podłoża warstwą gruntującą na bazie żywic epoksydowych. Materiał nanoszony jest metodą natrysku bezpowietrznego o określonej grubości. Proces ten można przeprowadzić bezpośrednio na świeżym betonie, betonie w wieku 3-14 dni oraz betonie w stanie powietrzno-suchym. Należy jednak pamiętać, że żywice są bardzo wrażliwe na zmiany warunków prowadzenia robót, dlatego beton wilgotny można gruntować wyłącznie żywicami wiążącymi w warunkach wilgotnych. Następnym etapem jest wykonanie zasadniczej warstwy wierzchniej z bezrozpuszczalnikowego materiału grubopowłokowego, rozprowadzanego ręcznie lub metodą natrysku. Materiał powłokowy powinien być przygotowany dokładnie wg zaleceń producenta podanych w karcie technicznej danego produktu. Na procedurę przygotowawczą składają się:

- dobór odpowiednich składników
- mieszanie składników w określonych proporcjach przy zachowaniu czasu oraz energii mieszania zgodnych z instrukcją producenta
- dozowanie dodatków np. katalizatorów, rozcieńczalników w celu zachowania jak najlepszych parametrów mieszanki.

Gotową warstwę izolacji posypuje się drobno-ziarnistym kruszywem (np. piasek kwarcowy, kruszywo korundowe itp.). Jego dobór powinien opierać się na zasadzie: maks. średnica ziaren kruszywa nie może być większa niż grubość izolacji podzielona przez 2,5.

$$D \leq h/2,5$$

gdzie:
D - maks. średnica ziarna kruszywa stoso-wanego do uszorstnienia powierzchni [mm]
h - grubość warstwy izolacji [mm].

Niektóre systemy izolacyjno-nawierzchniowe wymagają wykonania dodatkowej powłoki zamykającej. W tym celu usuwa się nadmiar kruszywa oraz sprawdza, czy powłoka podstawowa jest całkowicie utwardzona. Na

tak przygotowanym podłożu rozkłada się kolejną warstwę, odporną na oddziaływania mechaniczne i atmosferyczne.
Prawidłowe przeprowadzenie procesu aplikacji systemu izolacyjnego na bazie żywic syntetycznych jest możliwe przy odpowiednich warunkach atmosferycznych. Materiały rozkłada się przy wilgotności względnej powietrza nie wyższej niż 85% oraz temperaturze od +5°C do +30°C. W przypadku podłoża temperatura powinna się mieścić w zakresie od 0°C do +30°C, a w momencie gruntowania musi być co najmniej o 3°C wyższa od punktu rosy. Należy pamiętać, że temperatura powyżej +30°C wpływa negatywnie na materiały chemoutwardzalne, skracając ich żywotność i obniżając jakość wykonanej izolacji. Powyższe wymagania powinny być spełnione w trakcie całego czasu utwardzania.
Roboty izolacyjne powinny być wykonywane przez przeszkolony zespół ludzi, przy jednoczesnym przestrzeganiu warunków podanych przez producenta. Wszelkie błędy w prowadzeniu robót powodują konieczność wykonania pracochłonnych poprawek i często prowadzą do powstania trwałych wad.

Izolacje z papy asfaltowej

Najpowszechniej stosowanym rozwiązaniem w zakresie ochrony płyt pomostów (szczególnie o konstrukcji betonowej lub żelbetowej) jest izolacja z papy asfaltowej (lub polimeroasfaltowej), aplikowanej w technologii na gorąco na odpowiednio zagruntowanym podłożu. Jej popularność z jednej strony jest efektem stosunkowo prostego procesu wbudowywania, z drugiej wynika ze skuteczności tego rodzaju zabezpieczenia. Papy na bazie lepiszcza asfaltowego są jednym z najbardziej uniwersalnych materiałów budowlanych w konstrukcji nawierzchni drogowej. Wykorzystuje się je z jednej strony do ochrony obiektu mostowego (płyty pomostu) przed korozją atmosferyczną i wodą (hydroizolacja), z drugiej stanowią element konstrukcji drogowej.
Papa jako materiał izolacyjny pracuje w zróż-nicowanych warunkach obciążenia (ruch pojazdów samochodowych, naprężenia termiczne) oraz oddziaływań skażonego środowiska naturalnego, zwłaszcza powietrza. Z tego punktu widzenia narażona jest na:

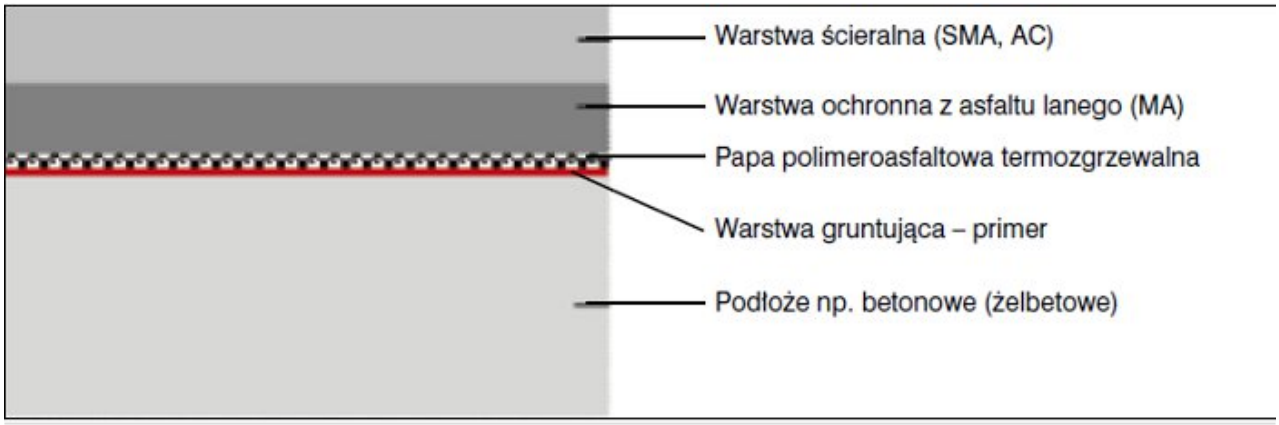
- stałe zawilgocenie przy małych spadkach poprzecznych nawierzchni drogowej
- brak możliwości bieżącej konserwacji i lokalnych napraw uszkodzeń izolacji
- drgania od obciążeń dynamicznych pomostu w zakresie temperatur: od -25°C do +55°C dla pomostów stalowych i od -15°C do +30°C dla pomostów betonowych
- możliwość wystąpienia czynnych rys w podłożu betonowym, przy jednoczesnym dynamicznym obciążeniu intensywnym ruchem pojazdów, co ma szczególne znaczenie w temperaturach ujemnych
- częste, chwilowe, wysokie ciśnienia wody w szczelinach podłoża betonowego (pomosty betonowe lub żelbetowe) oraz szczelinach i pęknięciach nawierzchni, wywołane najazdem koła pojazdu (zjawisko pompowania wody pod oponą pojazdu drogowego)
- występowanie zjawiska ciśnienia pary wodnej w porach i rysach podłoża betonowego oraz na granicy podłoża i izolacji w przypadku zamknięcia wody pod izolacją (woda technologiczna, woda z opadów atmosferycznych pozostała w wyniku prowadzenia prac w niesprzyjających warunkach atmosferycznych); zjawisko to uwidacznia się szczególnie w momencie rozkładania i zagęszczania gorącej mieszanki mineralno-asfaltowej.

Rola papy asfaltowej jako materiału konstrukcji drogowej sprowadza się głównie do:

- kształtowania przyczepności nawierzchni do podłoża betonowego lub stalowego
- relaksacji naprężeń rozciągających (od obciążeń pionowych) i ścinających, które powstają od poziomych składowych obciążenia użytkowego
- kompensacji odkształceń pochodzących od pełzania materiału nawierzchni.

Spełnienie ww. zadań wymaga dobrego połączenia warstwy izolacyjnej z podłożem. Na etapie aplikacji papy podłoże musi być czyste, suche i charakteryzować się dobrą sczepnością z izolacją. Uzyskuje się to m.in. poprzez stosowanie różnego rodzaju środków gruntujących (premierów), najczęściej w postaci asfaltów upłynnionych lub emulsji (niejednokrotnie modyfikowanych polimerami).
Coraz częściej papy termozgrzewalne pojawiają się na płytach stalowych (ortotropowych), przy czym w takich wypadkach koniecznością jest stosowanie specjalnej warstwy sczepnej w postaci żywic epoksydowych (stanowiących jednocześnie bardzo dobre zabezpieczenie antykorozyjne) z posypką

mineralną. Zadaniem posypki jest zabezpieczenie wyżej leżących warstw przed ewentualnym poślizgiem na skutek oddziaływań sił poziomych od pojazdów samochodowych.
Większość producentów pap termozgrzewalnych gwarantuje bezawaryjne funkcjonowanie swoich wyrobów w przypadku zastosowania jako zabezpieczenia szczelnej warstwy z asfaltu lanego (MA). Mieszanka ta stanowi warstwę ochronną, zabezpieczając przed uszkodzeniami (np. mechanicznymi) właściwą izolację, szczególnie na etapie realizacji. Taki układ warstwowy doczekał się realizacji na wielu obiektach mostowych w Polsce (rys. 2).



Rys. 2. Typowy układ warstw nawierzchni z hydroizolacją z papy termozgrzewalnej na obiekcie mostowym o płycie żelbetowej

Wzrost popularności tego rozwiązania w ostatnich latach był następstwem m.in. zapisów zawartych w dokumencie „Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. WT-2:2010. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania Techniczne" (tablica 1), w których jest to jedyny dopuszczalny rodzaj mieszanki na warstwę ochronną płyt pomostów obiektów inżynierskich. Technologia wbudowania asfaltu lanego decyduje również o wyborze rodzaju hydroizolacji, która musi być odporna na temperaturę rzędu 220-240oC. Tak wysoka temperatura może skutkować zmianami we właściwościach technicznych materiału przeznaczonego na warstwę izolacji przeciwwodnej (przeciwwilgociowej), stanowiącego podłoże pod wbudowywaną mieszankę MA. Wspomniany dokument został zatwierdzony do stosowania na drogach krajowych, zarządzanych przez GDDKiA. Jego stosowanie zostało powszechnie zaadaptowane przez zarządców pozostałych dróg (wojewódzkich, powiatowych, gminnych itp.) oraz projektantów. Nowy dokument WT-2 z 2014 r. powielił istniejące zapisy, poszerzając jedynie zakres o mieszankę MA 16.

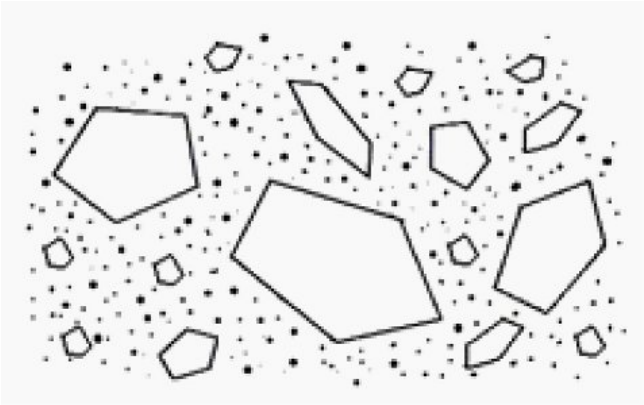
Tablica 1. Zestawienie wyrobów do warstw nawierzchni mostowych wg WT-2:2010

Warstwa	Wyrób	Zalecenie
Wiążąca (ochronna)[f]	mieszanki mineralno-asfaltowe	MA 8, MA 11
	lepiszcza asfaltowe	20/30, 35/50, wielorodzajowy 35/50
	kruszywa mineralne	WT-1 kruszywa 2010
Ścieralna	mieszanki mineralno-asfaltowe	MA 5[a], MA 8, MA 11, SMA 5[b,c], SMA 8[b,c], SMA 11[c], BBTM 8[b,c], BBTM 11[c], AC 11 S
	lepiszcza asfaltowe	35/50[d], PMB 25/55-60[d], PMB 45/80-55[e], PMB 45/80-65[e], PMB 65/105-60[e]
	kruszywa mineralne	WT-1 kruszywa 2010

a) dopuszczone wyłącznie do wykonania ścieku przykrawężnikowego
b) zalecane, jeżeli jest wymagane zmniejszenie hałasu drogowego
c) dopuszczone stosowanie warstwy ścieralnej z betonu asfaltowego AC 11 S, jeżeli nawierzchnia dojazdów do mostu jest wykonana z betonu asfaltowego
d) do asfaltu lanego MA
e) zalecane do SMA lub BBTM w cienkiej warstwie o grubości nie większej niż 3,5 cm
f) izolacja mostowa powinna być dobrana tak, aby była zgodna z warstwą ochronną z asfaltu lanego

Izolacja z papy asfaltowej z asfaltem lanym. Wady i zalety.

Technologia asfaltu lanego została opracowana w Niemczech, w pierwszej połowie XIX wieku. Różni się ona od obecnej pod wieloma względami (przede wszystkim składu), ale została zachowana jej charakterystyczna cecha - samozagęszczalność. Takie zachowanie się asfaltu lanego jest wynikiem odpowiedniego doboru ilościowego po-szczególnych składników mieszanki, w tym przede wszystkim lepiszcza i wypełniacza. Parametry wytrzymałościowe mieszanka uzyskuje głównie dzięki kohezji (spójności) mastyksu (mieszaniny asfaltu i wypełniacza), w mniejszym stopniu decyduje o tym szkielet mineralny (rys. 3) [7].



Rys. 3. Struktura mieszanki mineralnej asfaltu lanego [7]

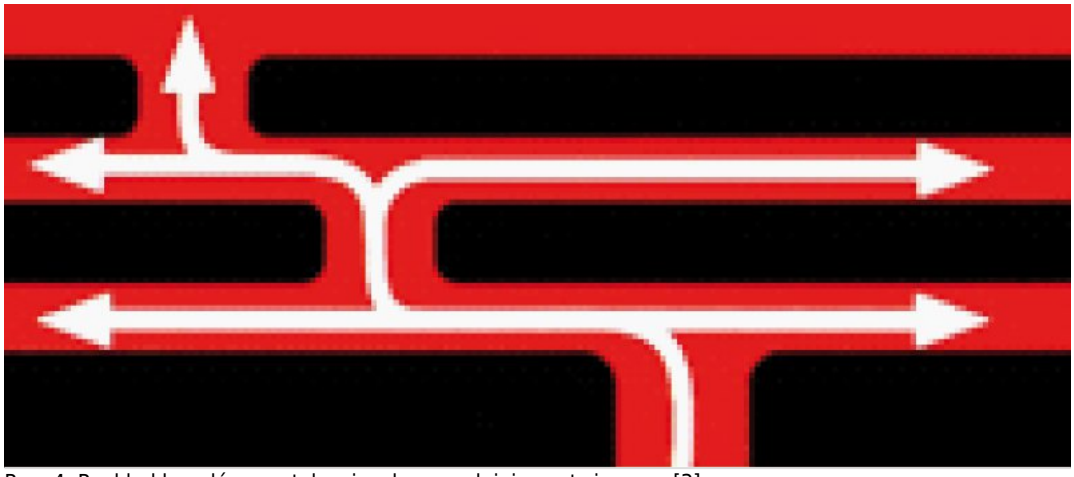
Cechą charakterystyczną asfaltów lanych jest nieciągłość uziarnienia w zakresie grubego piasku i drobnych frakcji grysowych (od 0,5 mm do 5 mm) oraz znaczna ilość wypełniacza. Jednym z zadań wypełniacza jest strukturyzacja twardego asfaltu bazowego, co zwiększa kohezję mastyksu, tym samym odporność MA na trwałe deformacje. Ciągły wzrost obciążenia ruchem wymuszał zwiększanie parametrów wytrzymałościowych mieszanki. Z jednej strony podwyższano kohezję asfaltu (lepiszcza o wyższych temperaturach mięknienia, uzyskiwanych m.in. poprzez modyfikację polimerami bądź dodatek asfaltu naturalnego), z drugiej zwiększano kąt tarcia wewnętrznego poprzez zwiększanie udziału piasku łamanego. Efektem jest ograniczona zdolność do samozagęszczenia (przy zapewnieniu szczelności i całkowitego wypełnienia wolnej przestrzeni) i konieczność podniesienia temperatury wbudowania do 220-240oC. Jest to niestety sprzeczne z działaniami na rzecz ochrony środowiska naturalnego. Każdy wzrost temperatury produkcji MMA o 10°C powoduje dwukrotne zwiększenie wydatkowania gazów oraz oparów toksycznych (SO_2, NO_2, NO itd.) i cieplarnianych (CO_2, CO) do atmosfery. Czynnik ochrony środowiska wpływa na stopniowy odwrót od technologii opartych na wysokich temperaturach produkcji (asfalty lane), mimo stosowania dodatków obniżających te temperatury (m.in. woski, środki powierzchniowo-aktywne, sole metaloorganiczne itp.).

Mimo niewątpliwych zalet technologii zabezpieczenia warstwy izolacji asfaltem lanym (do których można zaliczyć m.in. bardzo dobrą szczelność) ma ona również ograniczenia. Z całą pewnością, uwzględniając kryteria ekonomiczne (w tym również czas realizacji) oraz ekologiczne (wysokie temperatury wytwarzania i wbudowania) nie jest to technologia optymalna w każdej sytuacji. Doświadczenie zawodowe pokazuje, że powyższe rozwiązanie systemowe (papa asfaltowa + MA) nie jest pozbawione wad czy też problemów technologicznych. Dotyczy to możliwości popełnienia błędów, szczególnie na etapie klejenia papy do podłoża czy też zastosowania dość sztywnej (w niskich temperaturach) warstwy asfaltu lanego [1,4].

W przypadku papy może dochodzić do miejscowych braków jej połączenia z podłożem oraz przegrzania (a nawet przepalenia) warstewki spodniej lepiszcza i jej zbytniego utwardzenia. Brak połączenia papy z podłożem będzie widoczny już na etapie wbudowywania gorącej warstwy ochronnej. Powstające pęcherze, nawet po ich przebiciu, nie gwarantują pełnego połączenia izolacji z płytą pomostu. Efektem tego mogą być powstające w trakcie użytkowania spękania siatkowe warstw nawierzchni na skutek tzw. zjawiska „młoteczka i kowadełka” [4]. Wysokie temperatury aplikacji papy są wynikiem stosowania nagrzewnic gazowych, przy których upłynnienie warstewki asfaltu uzyskuje się podczas jej bezpośredniego kontaktu z płomieniem o temperaturze +700°C, a nawet +1000°C przy dodatkowym zasilaniu sprzężonym powietrzem (fot. 1).

Negatywne skutki technologii łączenia papy z podłożem można w dużym stopniu ograniczyć, a nawet wyeliminować. Jedną z możliwości jest stosowanie nowej generacji pap termozgrzewalnych wentylowanych.

W spodniej części papy występuje cienka warstwa specjalnego materiału, odpornego (w krótkim okresie czasu) na temperaturę dochodząca nawet do +1000°C (rys. 4).



Rys. 4. Rozkład kanałów wentylacyjnych w spodniej warstwie papy [3]

Na niej nanoszone są profilowane pasma klejowe, stanowiące kompozycję asfaltu z SBS i żywicami syntetycznymi. Podczas klejenia papy w miejscach występowania materiału odpornego na wysokie temperatury nie dochodzi do połączenia z podłożem, co ma miejsce tylko w obszarze naniesionych pasm klejowych. Miejsca te są błyskawicznie aktywowane termicznie i łączą się z podłożem, zagruntowanym primerem, modyfikowanym dodatkiem SBS. Para wodna, powietrze i inne opary (substancje gazowe, jako pozostałość rozpuszczalnika) przepływają w kanałach wentylacyjnych, które nie ulegają sklejeniu z podłożem. Dzięki temu następuje równomierny rozkład ciśnień powietrza i pary wodnej pod całą powierzchnią izolacji. Zasada przepływu powietrza i pary wodnej - wyrównanie ciśnień par i gazów pod papą - gwarantuje prawidłową wentylację układu oraz poprawia warunki pracy izolacji. Standardowo stosowane nagrzewnice mogą zostać zastąpione przez urządzenia do automatycznego rozkładania papy z systemem ogrzewania konwekcyjnego gorącym strumieniem powietrza. Efektywność tego procesu wymaga szczelnego zabezpieczenia obszaru klejenia papy do podłoża przed oddziaływaniem czynników środowiska, a przede wszystkim wiatru (fot. 3).

Fot. 3. Automatyczny proces aplikacji papy do podłoża, ogrzewanej gorącym powietrzem

Zastosowanie asfaltu lanego (szczególnie na bazie twardych lepiszczy) może prowadzić na skutek skurczu materiału do powstania spękań i rozwarstwień, głównie przy znacznych spadkach temperatur powietrza (fot. 4-5). Miejscami szczególnie podatnymi na takie zachowanie są połączenia szwów technologicznych w kierunku podłużnym i poprzecznym. Zapisy SST o konieczności wbudowywaniu asfaltu lanego całą szerokością jezdni są często pomijane na etapie realizacji, m.in. ze względu na małą dostępność odpowiedniego sprzętu (rozkładarek o szer. > 10 m) oraz niedostosowaniem wytwórni mas bitumicznych (WMB) - brak systemów do podgrzewania wypełniacza wapiennego.

Fot. 4. Problemy występujące na obiekcie z mostowym o płycie betonowej z zastosowaniem asfaltu lanego [1]

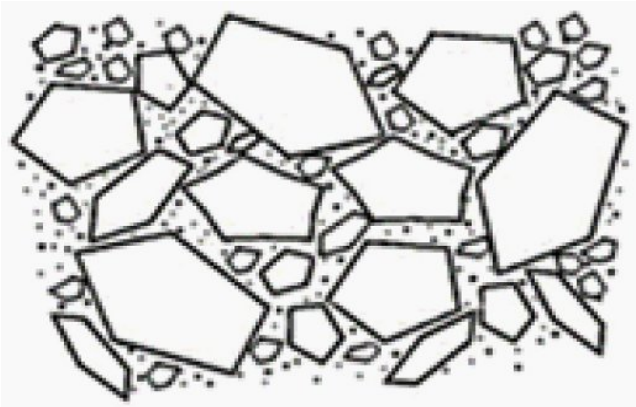
Fot. 5. Pęknięcia na warstwie ścieralnej (SMA 11), przeniesione ze szwów technologicznych warstwy asfaltu lanego MA 11

Kolejny problem dotyczy możliwości prze-prowadzenia szybkiej bieżącej kontroli jako¬ści wyprodukowanej mieszanki. Odpowiedni stopień jednorodności asfaltów lanych uzyskuje się dopiero po 1-2 godzinach podgrzewania i mieszania w kotłach transportowych. Po takim czasie produkcja na WMB jest zakończona, a ewentualne błędy w składzie wymuszają usunięcie całości produkcji.

Mieszanka SMA-MA jako alter-natywa dla warstwy ochronnej

Mieszanka mastyksowo-grysowa SMA (Split Mastic Asphalt - niem., Stone Mastic Asphalt - ang.), została wprowadzona w połowie lat 60. XX wieku przez niemieckiego inżyniera dr Gerharda Zichnera. Głównym elementem zabezpieczającym powierzchnię warstwy przed ścieraniem i wyrywaniem ziaren kruszywa są grube grysy. Mieszanka tego typu charakteryzuje się wysoką odpornością na trwałe deformacje oraz oddziaływanie czynników klimatyczno-pogodowych. Zawdzięcza to strukturze szkieletu mineralnego ukształtowanego przez odpowiednio dobrane frakcje grysowe oraz ilości stosowanego lepiszcza (większego niż w przypadku mieszanek typu beton asfaltowy AC). Mieszanka SMA jest określana jako pośrednia pomiędzy betonową a kontaktową (makadamową) (rys. 5), przy czym rodzaj i forma oddziaływań pomiędzy pojedynczymi ziarnami grysowymi sytuują ją bliżej kontaktowej (rys. 6). Typowe mieszanki SMA stosowane w warstwach ścieralnych powinny charakteryzować się odpowiednią wolną przestrzenią. Jej wielkość stanowi kompromis pomiędzy odpornością na trwałe deformacje i działanie czynników atmosferycznych. Wraz ze zwiększeniem zawartości wolnej przestrzeni wzrasta odporność na koleinowanie, ale i podatność

na oddziaływanie wody, niskich temperatur, powietrza, promieniowania UV itp. W przypadku warstw ochronnych wolna przestrzeń powinna być minimalna, co będzie stanowiło dodatkową barierę zabezpieczającą płytę pomostu. Z tego względu mieszanki SMA stosowane do warstw ochronnych muszą być bogatsze w mastyks (mieszaninę asfaltu, wypełniacza i drobnego piasku), przy czym największy wzrost ilościowy powinien dotyczyć lepiszcza asfaltowego. Wprowadzenie takich zmian spowoduje obniżenie odporności mieszanki na trwałe deformacje, ale ten efekt ogranicza się m.in. poprzez zmniejszenie grubości warstwy ochronnej do 2-3 cm. Należy również zaznaczyć, że temperatury w warstwie wią-żącej (ochronnej) na obiektach mostowych są znacznie niższe niż w warstwach ścieralnych na odcinkach szlakowych, tym samym podatność do deformacji takiej warstwy jest znacznie mniejsza.

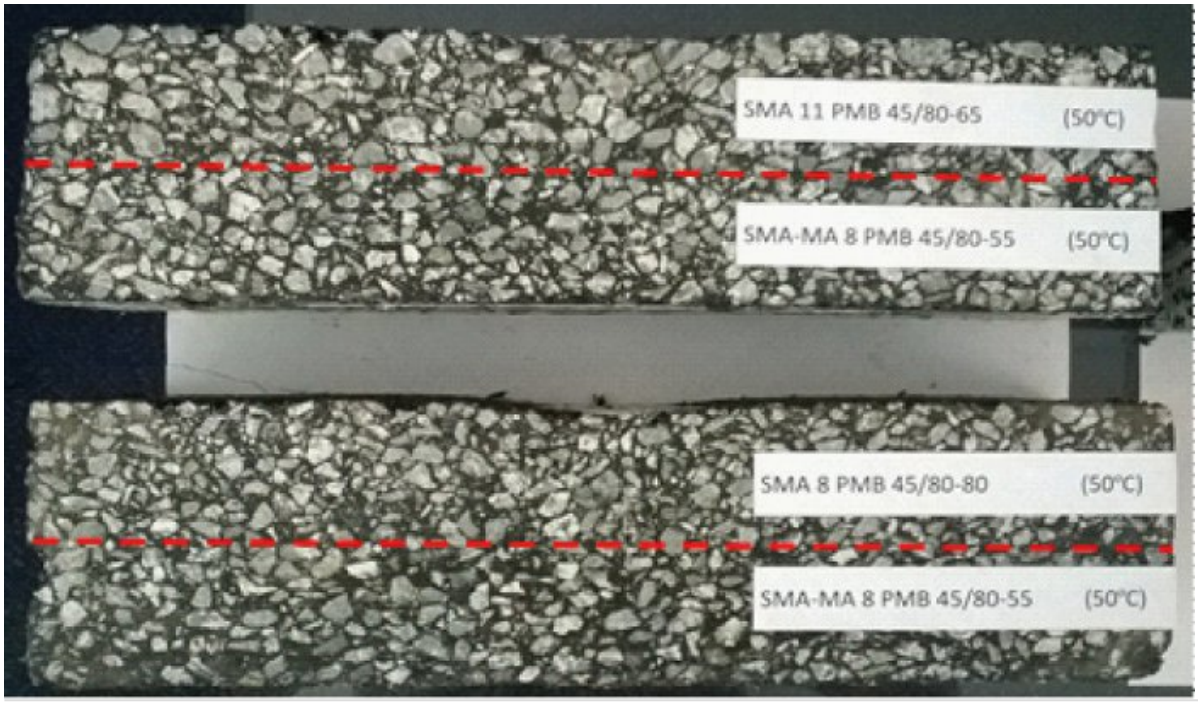


Rys. 5. Schematyczny obraz struktury pośredniej (mastyksu grysowego SMA) [7]

Rys. 6. Szkielet mineralny w mastyksie grysowym SMA 11

Jedną z właściwości warstwy ochronnej powinna być szczelność. Między innymi dlatego w tej warstwie jest powszechnie stosowany asfalt lany. Wykorzystanie do tego rozwiązania typowej mieszanki SMA było testowane i nie spełniało swego zadania. Było to podyktowane m.in. trudnością przy wbudowaniu mieszanki i występowaniem miejsc niedo- gęszczonych o zwiększonej wolnej przestrzeni. Konsekwencją tego były nieszczelności w układzie warstwowym i w dalszym etapie uszkodzenia nawierzchni.
Proponowana mieszanka o zwiększonej ilości mastyksu SMA-MA ma minimalizować niepożądane efekty stosowania standardowych mastyksów wysokogrysowych. Charakteryzuje się ona bardzo dużą podatnością na zagęszczanie, uzyskiwaną już praktycznie na etapie wbudowywania rozkładarką. Dodatkowo jeden, dwa przejazdy walcem pozwalają na wyciśnięcie mastyksu na powierzchnię warstwy, dokładnie ją uszczelniając i zabezpieczając przed wnikaniem wody (fot. 6). Szkielet mineralny mieszanki zapewnia odporność na trwałe deformacje. Wykonane badania koleinowania mieszanki SMA-MA 8 w pakiecie z warstwą ścieralną (SMA 11 i SMA 8) wskazują, że w temperaturze +50°C deformacjom podlega wyłącznie warstwa wierzchnia (fot. 7).

Fot. 6. Wyciskanie mastyksu na etapie wbudowywania mieszanki SMA-MA [6]



Fot. 7. Wynik badania koleinowania mieszanki SMA-MA 8 w pakiecie z mieszanką SMA 11 i SMA 8 w temperaturze +50°C

Pierwsze warstwy ochronne z udziałem mieszanki SMA o zwiększonej ilości mastyksu były wykonane już w latach 2000-2002 w Szczecinie. Ten rodzaj rozwiązań w zakresie zabezpieczenia płyt pomostów obiektów mostowych zastosowano również na innych kontraktach:

- wiadukt drogowy - kontrakt: „Przebudowa wiaduktu w ciągu ulicy Piotra i Pawła w Policach" (realizacja 2013 r.)
- most nad rzeką Dzierżęcinką - kontrakt: „Budowa i przebudowa dróg stanowiących zewnętrzny pierścień układu komunikacyjnego w Koszalinie - połączenie ul. BOWiD z ul. Władysława IV" (realizacja 2014 r.)
- wiadukt drogowy - kontrakt: „Budowa węzła Tczewska w ciągu drogi krajowej nr 3", Szczecin Dąbie (realizacja 2014 r.).

O przydatności ww. technologii zabezpieczenia płyt pomostów obiektów inżynierskich z udziałem warstwy ochronnej na bazie mastyksu grysowego ze zwiększoną ilością mastyksu (SMA-MA) świadczą również badania doświadczalne przeprowadzone na szeroką skalę na Politechnice Warszawskiej [5].

Podsumowanie

Każda technologia ma swoje wady i zalety. Dotyczy to również rozwiązań z udziałem asfaltów lanych, jako warstw ochronnych na obiektach mostowych. Podstawowymi elementami ograniczającymi możliwość stosowania tego rodzaju mieszanek są wysokie temperatury produkcji (szkodliwość dla środowiska), niedostosowanie WMB (brak szybkiej kontroli składu, wydłużony proces wytwarzania - starzenie asfaltu) oraz twarde asfalty (stosunkowo niska odporność na działanie ujemnych temperatur). Zamiennikiem dla tego rodzaju warstwy ochronnej mogą być mieszanki SMA-MA, charakteryzujące się zwiększoną zawartością mastyksu (a przede wszystkim lepiszcza), co poprawia ich zdolność do zagęszczania oraz zwiększa odporność na działanie wody.

Ze względu na specyfikę obiektów mostowych należy poszukiwać optymalnych rozwiązań konstrukcyjnych w zakresie zabezpieczenia płyt pomostów. Dotyczy to zarówno grubości warstw, typu hydroizolacji jak i rodzaju mieszanek mineralno-asfaltowych ją zabezpieczających. Ograniczenia w tym zakresie są często wynikiem próby zabezpieczenia się kadry technicznej przed ewentualnymi negatywnymi skutkami niestandardowych technologii. To może niestety hamować rozwój technologii i stanowić barierę dla współpracy pomiędzy ośrodkami naukowymi i przedsiębiorstwami, realizującymi zadania.

dr hab. inż. Paweł Mieczkowski
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Literatura

1. Bichajło L., Siwowski T, *Nawierzchnie na obiektach mostowych - doświadczenia z nadzoru nad realizacją.* Sympozjum: Nawierzchnie i izolacje na obiektach inżynieryjnych betonowych i stalowych. Konsekwencje i możliwości działań. XVII Międzynarodowe Targi Budownictwa Drogowego AUTOSTRADA-POLSKA, Kielce 11-12 maja 2011 r.
2. Kilarski R., *Analiza i ocena materiałów hydroizolacyjnych na pomosty obiektów mostowych.* Prace IBDiM, Warszawa 1996.
3. Mieczkowski P, *Nowe papy termozgrzewalne - układy wentylowane.* Izolacje, nr 1/2010 (142), 2010.
4. Mieczkowski P, *Wbudowywanie gorących mieszanek mineralno-asfaltowych na obiektach mostowych z izolacją z pap termozgrzewalnych z uwzględnieniem procesu przepływu ciepła.* Drogownictwo, nr 10/2008.
5. Radziszewski P, Piłat J., Sarnowski M., Kowalski K., Król J. i inni, *Rozwiązania materiałowo-technologiczne izolacji i nawierzchni obiektów mostowych. Raport końcowy.* Opracowanie na zlecenie GDDKiA w Warszawie, 2013.
6. Sarnowski M., Radziszewski P, Piłat J., Król J., Kowalski K., *Mieszanki SMA-MA do budowy nawierzchni mostowych.* Seminarium Techniczne eSeMA, Zakopane 2015.
7. Stefańczyk B., Mieczkowski P, *Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wykonawstwo i badania.* WKiŁ, Warszawa 2008.
8. www.izolacje.com.pl/artykul/id1443,izolacje-przeciwwodne-z-systemem-matacrylR