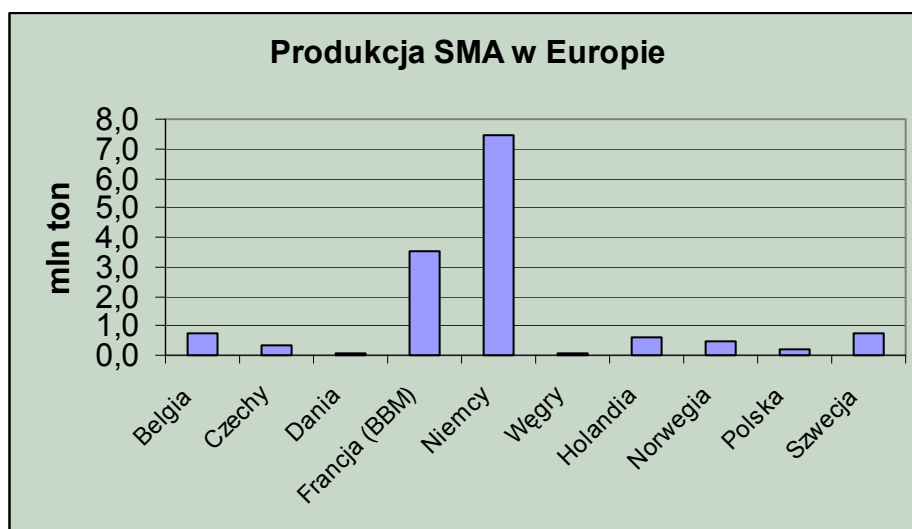


Raport EAPA. SMA w Europie i na świecie

Mieszanka mastyksu grysowego SMA od kilkunastu lat robi prawdziwą karierę na świecie. Stworzona w latach 60-tych w Niemczech, rozpowszechniła się w Europie w latach 80-tych, i w końcu zdobyła także Amerykę, Azję i Australię. Ten zastanawiający sukces SMA znajduje swoje odbicie także w naszym kraju. Warto więc przyjrzeć się dlaczego tak się stało, co jest przyczyną tego tryumfalnego pochodu? Opublikowany niedawno raport EAPA "Heavy Duty Surfaces. The arguments for SMA" [1] promuje tę mieszankę do nawierzchni dróg obciążonych ciężkim ruchem i stanowi jednocześnie próbę wyjaśnienia przyczyn tak wielkiej popularności SMA na świecie. W niniejszym artykule, opracowanym na podstawie raportu EAPA, przedstawiono zalety SMA i podsumowano doświadczenia technologiczne innych krajów w jego stosowaniu. Porównano także wyniki prac normalizacyjnych SMA na świecie oraz nasze krajowe doświadczenia.

Na rysunku 1 przedstawiono wielkość produkcji SMA w wybranych krajach europejskich. Wyraźna jest ogromna popularność mastyksu grysowego w Niemczech, "ojczyźnie" SMA oraz we Francji, gdzie stosowana jest mieszanka bardzo zbliżona do SMA – BBM (Béton Bitumineux Mince).

Także w krajach Europy Środkowej, takich jak Czechy i Węgry SMA stało się bardzo popularne. Wielkość produkcji SMA w Czechach już w tej chwili jest większa niż w Polsce i ma dalszą tendencję wzrostową. Z kolei na Węgrzech SMA stała się popularną nawierzchnią autostrad - począwszy od 1992 r. zastosowano ją na około 120 km dróg najwyższej klasy.



Rys. 1. Wielkość produkcji SMA w wybranych krajach europejskich w 1997¹.

¹ Źródło: Raport EAPA [1], niektóre dane oszacowane przez autora.

Istota i zalety SMA

Odporność na deformacje

Najbardziej znaną cechą SMA jest jej zwiększona odporność na koleinowanie. Odporność ta się ma swoje źródło w składzie mieszanki mineralnej o nieciąglym uziarnieniu. Mieszanka ta składa się w ponad 70% z frakcji grysowej, tworzącej stabilny szkielet z ziaren oraz z mastyksu wypełniającego przestrzenie między grysami. Taki skład mieszanki mineralno-asfaltowej, po ułożeniu i prawidłowym zagęszczeniu, gwarantuje zaklinowanie grysów, i co za tym idzie, utworzenie odpornej na koleinowanie warstwy. Badania SMA z lepiszczem niemodyfikowanym, wykonane w aparacie ściskania trójosiowego pozwalają stwierdzić, że odporność na deformacje jest dla SMA 1.5÷4 -krotnie większa niż betonu asfaltowego [1].

Zwiększona trwałość

Pierwotnie SMA powstała jako mieszanka mająca zapobiec szybkiemu ścieraniu nawierzchni pod wpływem działania opon okolcowanych. Stąd między innymi duża zawartość twardych grysów. Jednak kluczem do zwiększonej trwałości SMA jest wysoka zawartość mastyksu i "nadmiaru" lepiszcza. Mastyks, ze swej natury nieprzepuszczalny dla wody i powietrza, wypełniając wolne przestrzenie w mieszance czyni ją odporną na działanie wilgoci i przyspieszone starzenie lepiszcza. Ponadto, grubsza warstwa lepiszcza otaczającego kruszywo, zapewnia trwalsze otoczenie ziaren – czyli zmniejsza ryzyko ich wykruszania.

Szorstkość powierzchni i odprowadzanie wody

Szorstkość nawierzchni jest jednym z głównych czynników poprawiających bezpieczeństwo ruchu. Wysokie wskaźniki szorstkości SMA osiągane są dzięki zastosowaniu odpowiedniego rodzaju kruszywa oraz wybraniu odpowiedniej tekstury powierzchni. Do warstw ścieralnych z SMA powinno używać się wyłącznie kruszywa o odpowiednim PSV (Polished Stone Value), który jest wskaźnikiem odporności kruszywa na polerowanie pod ruchem. Tekstura powierzchni ma duże znaczenie dla kontaktu opona-nawierzchnia w obecności wody, a więc dla bezpieczeństwa ruchu. Jak można zaobserwować w praktyce, na warstwie SMA po deszczu nie występuje cienka warstwa wody opadowej. Znajduje się ona w mikrokanalikach otaczających wystające ziarna grysów. Głębokość tak powstałej tekstury zależy od wielkości ziaren kruszywa (grysów) i stopnia wypełnienia mastyksem przestrzeni między grysami. W SMA o największym maksymalnym uziarnieniu – 0/14 i 0/16 mm głębokość tekstury sięga 1.5÷2.0 mm. W przypadku dróg, na których pojazdy rozwijają duże prędkości, stosowanie grubszych mieszanek SMA jest szczególnie uprawnione.

Te specyficzne właściwości odprowadzania warstwy wody mają także wpływ na bezpieczeństwo jazdy w nocy, kiedy zapobiegają olśnieniu światłami pojazdów jadących z naprzeciwka i polepszają widoczność oznakowania poziomego.

Tak jak wcześniej napisano, w SMA, na ziarnach kruszywa znajduje się znacznie grubsza warstwa lepiszcza. Wpływa to nie tylko na zwiększenie trwałości warstwy, ale także, tym razem niekorzystnie, na utrzymywanie się relatywnie zwiększonej śliskości nawierzchni po wykonaniu. Dlatego w niektórych krajach stosuje się zabieg uszorstniania świeżej warstwy ścieralnej SMA przez rozsypanie i zawałowanie drobnego kruszywa 0/2÷5 mm.

Zmniejszenie hałasu

W zależności od stosowanych tradycyjnie w różnych krajach mieszanek do warstw ścieralnych, obserwowane są różne zmiany w hałaśliwości ruchu samochodowego. Na przykład w Wlk. Brytanii, gdzie bardzo popularny jest Hot Rolled Asphalt, zastosowanie

SMA zmniejszyło hałas samochodowy od 2.7 do 5.3 dB(A). Także we Włoszech, pomiary przy prędkości 110 km/h i w porównaniu z betonem asfaltowym 0/15 mm, wskazały spadek natężenia hałasu o 5.0÷7.0 dB(A). Nie zawsze tak dobry efekt jest osiągnięty. W przypadkach zastosowania dodatkowego uszorstnienia drobnym kruszywem, o okresie około roku można spodziewać się wzrostu hałaśliwości nawierzchni.

SMA w nawierzchniach o zwiększonej trwałości eksploatacyjnej (Heavy Duty Pavements)

Promowane w Europie nawierzchnie bitumiczne o zwiększonej trwałości eksploatacyjnej (Heavy Duty Pavements) wykorzystują mieszankę SMA. Skuteczność stosowania SMA w tego typu nawierzchniach wymaga:

- stosowania kruszywa o odpowiednich parametrach mechanicznych (ścieralność, kształt, polerowalność),
- właściwego wyboru grubości warstwy z SMA; nominalna grubość warstwy powinna być większa niż 2.2 -krotność wielkości największego ziarna w mieszance,
- zapobiegania poślizgowi warstwy SMA na warstwie wiążącej; SMA nie powinno być układane na warstwach przeciwspekaniowych typu SAMI,
- właściwego wyboru lepiszcza, o odpowiednio wysokiej lepkości (np. asfaltu modyfikowanego polimerami lub asfaltu wielorodzajowego),
- dobrania właściwych proporcji piasku i drobnych frakcji łamanych, co zagwarantuje odpowiednią urabialność i stabilność SMA.

Lepiszczka do SMA

Do SMA stosowane są zarówno asfalty konwencjonalne jak i modyfikowane polimerami.

Asfalty niemodyfikowane (konwencjonalne).

Zakres twardości (penetracji w 25°C) stosowanych asfaltów jest dość szeroki i wynosi 45÷200 x0.1 mm, z których najczęściej wykorzystywane są rodzaje twarde o penetracji w 25°C – 45÷65 x0.1 mm. Miękkie asfalty, typu B 180 lub B200 stosowane są tylko w krajach skandynawskich do nawierzchni dróg o relatywnie niewielkim obciążeniu ruchem. Nawierzchnie bardziej obciążone wymagają twardych lepiszczy lub asfaltów modyfikowanych polimerami.

Asfalty modyfikowane polimerami

Lepiszczka modyfikowane stosuje się w SMA, ponieważ oprócz funkcji spełnianych przez zwykłe lepiszcze oferują one istotne, dodatkowe korzyści:

- zwiększają odporność na deformacje (koleinowanie),
- zwiększają trwałość nawierzchni (jej żywotność),
- zmniejszają ryzyko przedwczesnego zniszczenia SMA ułożonego w cienkiej warstwie,
- zmniejszają zawartość niezbędnego stabilizatora.

W niektórych krajach specyfikacje techniczne wymagają zastosowania w SMA wyłącznie asfaltu modyfikowanego (np. Portugalia), w innych krajach jest to opcjonalne. Jeśli jednak SMA stosowane jest na obciążonych drogach – wtedy najczęściej wskazuje się na polimeroasfalt. Jako lepiszcza modyfikowane stosuje się polimeroasfalty (z SBS i EVA) oraz asfalty wielorodzajowe (typu “multiphalte”).

Technologia SMA – uwagi i spostrzeżenia

Poniżej przedstawiono wybrane wnioski i uwagi o technologii SMA, zebrane przez EAPA, w podziale na materiały, projektowanie oraz wykonawstwo. Cytowany w artykule Raport [1] zawiera znacznie bardziej szczegółową analizę technologiczną SMA, dlatego poniżej zamieszczono jedynie jej skrót.

Materialy

- Do frakcji grysowej stosuje się tylko kruszywa łamane, czasami jako materiał frakcji piaskowej stosuje się mieszanki kruszywa łamanego i naturalnego (piasek naturalny). Do nawierzchni obciążonych większym ruchem stosuje się tylko kruszywo łamane. Ważny jest kształt ziaren. Optymalne są ziarna kubiczne, o niskim wskaźniku wydłużenia, np. w USA nie może być on większy niż 1:2÷1:3. W Czechach wskaźnik polerowalności grysów PSV powinien być mniejszy niż 0.55, a ścieralność L.A. <20%.
- Jako lepiszcze stosowany jest zwykle asfalt drogowy o penetracji (w 25°C) ok. 60 x 0.1 mm. Na drogach o mniejszym natężeniu ruchu stosuje się bardziej miękki asfalt o penetracji od 80 do 180 x0.1 mm (kraje skandynawskie o chłodnym klimacie). Nawierzchnie bardziej obciążone wymagają twardych lepiszczy lub asfaltów modyfikowanych polimerami.
- Do mieszanek nie stosuje się materiału pochodzącego z recyklingu.
- Uziarnienie poszczególnych materiałów kamiennych w mieszance nie powinno zawierać zbyt dużego udziału podziarna i nadziarna.
- Z powodu występowania grubszej niż w betonie asfaltowym warstwy lepiszcza na kruszywie, konieczne jest zastosowanie stabilizatorów wiążących “nadmiar” lepiszcza. Są to zwykle włókna celulozowe, mineralne lub inne. Większość stabilizatorów spełnia swoją funkcję podczas produkcji i wbudowywania SMA, kończąc swoje działanie po zagęszczeniu warstwy. Ostatnie badania wskazują jednak, że niektóre stabilizatory wpływają korzystnie na nawierzchnię także po zakończeniu wbudowywania, wpływając na zwiększenie odporności na deformacje, zmniejszenie stopnia starzenia lepiszcza, zwiększenie odporności zmęczeniowej mieszanki i jej trwałości. Do określania zawartości stabilizatora najczęściej stosuje się opracowany w Niemczech test Schellenberga, choć w Holandii stosuje się także inną, własną metodę.

Projektowanie

- W większości krajów projektowanie SMA opiera się na metodzie objętościowej.
- W USA stosuje się dodatkowy parametr o nazwie VCA (Voids in the Coarse Aggregate) – wolna przestrzeń we frakcji grysowej.
- Najczęściej stosowane są mieszanki o uziarnieniu 0/5; 0/6.3; 0/8 oraz 0/11 mm (0/12.8). W krajach skandynawskich używa się mieszanki 0/16 na terenach przemysłowych oraz na drogach, gdzie samochody wykorzystują opony okolcowane.
- Kluczem do osiągnięcia prawidłowego SMA są cechy objętościowe mieszanki. Jakość SMA determinowana jest przez właściwe proporcje objętościowe składników, a mianowicie właściwe proporcje wolnych przestrzeni w szkielecie mineralnym (VCA) i zawartość mastyksu. Zwiększenie wolnej przestrzeni w mieszance następuje przez zwiększenie “nieciągłości” w uziarnieniu. Przykładowo, koncepcja ta nazywana “Real SMA” stosowana w Szwecji dla SMA 0/11 mm sprawia, że składa się ona głównie z kruszywa 8/11, które jest dominujące we frakcji grysowej (tylko 33÷37% kruszywa przechodzi przez sito 8 mm), przy czym zawartość frakcji 2/5 jest minimalizowana (19-23% kruszywa przechodzi przez sito 2 mm). Zawartość stabilizatora (granulowanego) jest dość wysoka i wynosi 0.45% wagowo.

- Zaprojektowane próbki przygotowywane są zwykle metodą Marshalla. W niektórych krajach zwraca się uwagę, że ubijak Marshalla nie pozwala uzyskać takich gęstości próbek jak rzeczywiście osiągnięte na drodze. W Danii, USA, RPA i Holandii stwierdzono, że lepsze rezultaty osiąga się stosując zagęszczanie mieszanki w płytach lub prasie żyrotorowej.

Wykonawstwo

- SMA pozwala na otrzymanie nawierzchni o bardzo korzystnych właściwościach: trwałej i odpornej na powstawanie kolein. Jednak jest to mieszanka wymagająca bardzo ścisłego reżimu podczas wszystkich etapów produkcji.
- W niektórych krajach wymagania wobec wbudowanej warstwy SMA dopuszczają zawartość wolnej przestrzeni w granicach 6÷12%. Jednak pożądana zawartość wolnych przestrzeni w SMA zależy przede wszystkim od położenia geograficznego kraju ustalającego wymagania. W Europie południowej, gdzie klimat jest cieplejszy i bardziej suchy, stosuje się mieszanki o niskiej zawartości twardego lepiszcza, a zatem o dużej zawartości wolnych przestrzeni. W krajach północnej Europy, o odmiennym klimacie, zawartość lepiszcza jest znacznie większa, jest ono najczęściej modyfikowane, a mieszanka bardziej zamknięta. Dodatkowo, w południowej Europie dopuszczalny nacisk na oś wynosi 130 kN (13 ton), a w północnej 100 kN (10 ton). Zwykle przyjmuje się, że wolne przestrzenie w warstwie SMA rzędu 6÷8% (po wbudowaniu) są typową przeciętną w Europie.
- Zauważalne są trudności z zagęszczaniem SMA, szczególnie gdy zawiera asfalt modyfikowany. Stąd pojawiają się trudności z utrzymaniem pożądanej zawartości wolnych przestrzeni.
- Należy zwracać uwagę na temperaturę wbudowywania SMA, ponieważ zależy ona od rodzaju lepiszcza - należy przestrzegać zaleceń jego producenta.

Korzyści ekologiczne i ekonomiczne ze stosowania SMA

Większość korzyści dla środowiska opiera się na założeniu, że SMA jest trwalszą mieszanką niż inne (oszczędność materiałów) oraz że jest bardziej przyjazna dla użytkowników dróg (brak kolein, mniejszy hałas, lepsza szorstkość itp.). Argumentem ostatecznym jest możliwość recyklowania SMA.

Wśród czynników ekonomicznych należy wymienić:

- wyższy koszt początkowy mieszanki SMA (więcej lepiszcza, lepsze kruszywo),
- niższy koszt pośredni przez stosowanie cieńszych warstw niż betonu asfaltowego, dzięki temu SMA można zastosować w nawierzchni z grubszą warstwą wiążącą (o niższej zawartości lepiszcza); w sumie różnica w koszcie konstrukcji nawierzchni nie jest aż tak duża jak przy bezpośrednim porównywaniu cen SMA i betonu asfaltowego,
- niższy koszt końcowy przez większą trwałość nawierzchni – dłuższe okresy międzyremontowe,
- SMA może być stosowane zastępczo wobec innych technologii o mniejszej trwałości, np. SMA 0/6 mm układane w cienkiej warstwie może być alternatywą dla powierzchniowego utrwalenia.

Projekt normy europejskiej dla SMA

W projekcie normy europejskiej prEN 13108-6, przewidziano następujące rodzaje SMA: D4, D6, D8, D10, D11, D14, D16, a nawet D20 i D22. Typy D20 i D22 nie są w tej chwili stosowane w Europie. W normie zostaną określone także podstawowe wymagania wobec materiałów: kruszywa, lepiszcza, wypełniacza, dodatków, a także ewentualnego zastosowania materiału z recyklingu.

Ponieważ norma jest jeszcze w fazie uzgadniania i opracowywania, do tej pory dostępne są tylko niektóre wymagania podczas projektowania:

- zawartość wolnych przestrzeni w próbkach Marshalla $2 \div 6\%$ v/v, w próbkach wykonanych innymi metodami – zostanie ustalona w przyszłości,
- odporność na deformacje – wymagania wobec wyników testu koleinowania i trójosiowego zostaną dopiero ustalone,
- także dane o temperaturze mieszanki zostaną określone w przyszłości.

Tak więc norma dopiero powstanie, miejmy nadzieję, że dość szybko.

Polskie doświadczenia

W Polsce doświadczenia z wprowadzaniem SMA rozpoczęły się na początku lat 90. w pracach prowadzonych przez IBDiM. Na początku były to SMA z dodatkiem polimerów - plastomeru (Vestoplast) lub elastomeru (Cariflex, obecnie Kraton). Wynikiem pierwszych prac i doświadczeń było wydanie przez IBDiM w 1992 r. "Zasad wykonywania nawierzchni z mieszanki SMA" [2], nowelizowanych następnie w 1995 r. [3]. W projekcie nowej normy polskiej "Nawierzchnie bitumiczne" [4] oraz w nowym Katalogu konstrukcji nawierzchni podatnych [5] zawarto także wymagania wobec SMA. Dodatkowo, wymagania wobec polimeroasfaltów stosowanych w SMA zawierają TWT-PAD-97 [6].

Mieszanka SMA stała się w Polsce popularna, choć należy przyznać, że jeszcze nie wszyscy drogowcy się z nią dostatecznie zapoznali. Potwierdzają się opinie, że jest to mieszanka trudna zarówno w projektowaniu, jak i w produkcji i w budowywaniu. Najczęściej SMA stosowana jest na drogach szczególnie obciążonych ruchem. Dużą popularność zdobywa ostatnio SMA w miastach, jako mieszanka bardzo dobrze sprawdzająca się w warunkach powolnego ruchu.

Pewne kłopoty podczas projektowania sprawia ocena odporności mieszanki na koleinowanie. SMA nie osiąga tak dużej stabilności wg Marshalla jak beton asfaltowy, również nie zawsze wynik badania pełzania statycznego pokazuje przewagę SMA nad betonem. Jedynym, w pełni wiarygodnym badaniem, w którym wyraźnie widać realną odporność mieszanek na deformacje jest badanie koleinowania np. w temperaturze $+60^{\circ}\text{C}$. Wyniki tego badania potwierdzają przewagę SMA nad betonem asfaltowym w warstwach ścieralnych.

Innym dostrzegalnym problemem w naszym kraju jest produkcja SMA w WMB. Nie wszystkie wytwórnie posiadają dobry system dozowania składników, co przy dużej wrażliwości mieszanki na błędy w składzie, sprawia, że w efekcie następuje segregacja składników ("plamienie") czy uzyskiwanie zbyt zamkniętej lub otwartej struktury nawierzchni. Dotyczy to zwłaszcza starszych WMB-30.

Zakończenie

Głównymi zaletami SMA opisanymi w artykule są:

- odporność na powstawanie deformacji,
- trwałość i zmniejszone zapotrzebowanie na zabiegi utrzymaniowe,
- szorstkość,

- polepszona widzialność oznakowania podczas opadów deszczu,
- zmniejszenie hałaśliwości (w niektórych warunkach).

Osiągnięcie wymienionych zalet wymaga umiejętności w projektowaniu oraz dużego reżimu technologicznego podczas produkcji i wbudowywania.

Zalety SMA sprawiają, że dalszy wzrost popularności tego rodzaju mieszanki jest gwarantowany. Oczywiście pozostają jeszcze do rozwiązania kwestie poprawności projektowania oraz możliwości właściwego wyprodukowania i wbudowania. Nie są to przeszkody nie do pokonania i dlatego zapewne coraz częściej będziemy widzieli SMA na naszych drogach.

Bibliografia

- [1] Heavy Duty Surfaces. The arguments for SMA. EAPA 1998
- [2] Zasady wykonywania nawierzchni z mieszanki SMA (ZW – SMA 92). IBDiM 1992
- [3] Zasady wykonywania nawierzchni z mieszanki SMA (ZW – SMA 95). IBDiM 1995
- [4] prPN-S/96025 Drogi samochodowe. Nawierzchnie asfaltowe. Wymagania.
- [5] Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych. IDBiM – GDDP. 1997
- [6] Tymczasowe Wytyczne Techniczne TWT-PAD-97 Polimeroasfalty Drogowe. IBDiM 1997