

1. Asfalty i mieszanki mineralno-asfaltowe

1.1. Asfalt

- Substancja termoplastyczna, w zależności od temperatury o cechach od cieczy lepkiej do ciała stałego, zasadniczo substancja nielotna. Otrzymywany jest z ropy naftowej lub występujący w asfalcie naturalnym. Charakteryzuje się przyczepnością i wodoodpornością, w temperaturze otoczenia posiada bardzo wysoką lepkość lub jest ciałem o stałej konsystencji. Całkowicie lub prawie całkowicie rozpuszczalny w toluenie.
- Asfalt ponaftowy otrzymywany jest w procesie utleniania pozostałości po destylacji próżniowej ropy naftowej tzw. gudronu.
- Proces modyfikacji asfaltów polimerami przebiega w trzech fazach:
 - faza I - pęcznienie SBS - podanie odpowiedniej ilości elastomeru do asfaltu o temperaturze ok. 180-190 °C. W tak wysokiej temperaturze SBS zaczyna stopniowo pęcznieć, ponieważ asfalt (jego frakcja olejowa) zaczyna wnikać w głąb polimeru, przez co polimer staje się coraz bardziej miękki,
 - faza II - ścinanie - miękki SBS zostaje przepuszczony przez młyn ścinający, w którym następuje ostateczne rozdrobnienie polimeru. Przepuszczenie asfaltu z SBS przez młyn może być wielokrotne, aż do uzyskania jednorodnej mieszaniny, bez widocznych grudek lub ziaren polimeru,
 - faza III - dojrzewanie i sieciowanie - po wyjściu z młyna ścinającego mieszanina asfaltu z rozdrobnionym SBS przechowywana jest w podgrzewanych zbiornikach, w których następuje dojrzewanie produktu.
- Pod względem właściwości asfalty dzielimy na:
 - Asfalt drogowy – asfalt stosowany do otaczania i sklejania kruszyw mineralnych – produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych używanych w budownictwie drogowym do budowy i utrzymania nawierzchni. W Europie asfalty drogowe są najczęściej definiowane zakresem penetracji zgodnie z oznaczeniem:
XX/YY
gdzie:
XX – dolna granica penetracji,
YY – górna granica penetracji,
przykładowo asfalt drogowy 35/50.
 - Asfalt modyfikowany – asfalt, którego właściwości reologiczne zostały zmodyfikowane w procesie produkcji w wyniku użycia jednej lub większej liczby substancji chemicznych. Określeniem „substancja chemiczna” objęte są: kauczuk naturalny, syntetyczne polimery, siarka i pewne związki metaloorganiczne. Asfalt modyfikowany polimerem jest to asfalt, w którym jako modyfikatora użyto jednego lub wielu polimerów. Asfalty modyfikowane polimerami oznacza się w następujący sposób:
PMB XX/YY-ZZ
gdzie:
PMB – skrót od „*Polymer Modified Bitumen*”, zazwyczaj zastępowany nazwą handlową producenta,
XX – dolna granica penetracji,

YY – górna granica penetracji,

ZZ – dolna granica temperatury mięknięcia,

przykładowo PMB 25/55-80.

W przypadku asfaltów modyfikowanych polimerem z dodatkiem gumy na końcu oznaczenia dopisywane są litery „CR”.

W zależności od zawartości polimeru można przyjąć umowy podział na:

- * asfalty modyfikowane – zawartość polimeru poniżej 5% (m/m), w których fazą ciągłą jest lepiszcze asfaltowe,
 - * asfalty wysokomodyfikowane – o zwiększonej zawartości polimeru, w stosunku do asfaltów klasycznych. Charakteryzują się odwróconą fazą, gdzie fazą ciągłą jest faza polimerowa. W oznaczeniu tych asfaltów stosuje się skrót HiMA, np. PMB 25/55-80 HiMA
- Asfalty wielorodzajowe – asfalt charakteryzujący się dodatnią wartością Indeksu Penetracji, stosowany w budownictwie drogowym. Asfalty wielorodzajowe oznaczają się w następujący sposób:

MG XX/YY-ZZ/OO

gdzie:

MG – skrót od „*Multigrade*”, zazwyczaj zastępowany nazwą handlową producenta,

XX – dolna granica penetracji,

YY – górna granica penetracji,

ZZ – dolna granica temperatury mięknięcia,

OO – górna granica temperatury mięknięcia,

przykładowo MG 35/50-57/69.

- Metody badań asfaltów

- Badanie penetracji – badanie polega na pomiarze konsystencji asfaltu wyrażonej w sposób umowny jako głębokość zagłębienia znormalizowanej stalowej igły wnikażącej pionowo w próbkę asfaltu w temperaturze 25 °C. Obciążenie igły wynosi 100 g, czas obciążenia jest równy 5 sekund.
- Temperatura mięknięcia określa właściwości asfaltu w tzw. wysokiej temperaturze eksploatacji oraz stanowi, w przybliżeniu – umowną, górną granicę stanu lepko-sprężystego. Istotą wykonania badania jest wyznaczenie „umownej” temperatury, przy której asfalt osiągnie określoną konsystencję. Badanie polega na ogrzewaniu próbki asfaltu obciążonej stalową kulką. Temperatura, w której próbka asfaltu zmieni na tyle, że opadnie o 25 mm przyjmowana jest jako temperatura mięknięcia.
- Temperatura łamliwości określa niskotemperaturowe właściwości asfaltu oraz, w przybliżeniu – umowną, dolną granicę stanu lepko-sprężystego. Badanie polega na stopniowym ochładzaniu próbki asfaltu powleczonej na stalowej płytce. Najwyższa temperatura, przy której zgięta próbka zarysuje się lub pęknie przyjmowana jest jako temperatura łamliwości.
- Starzenie lepiszczy asfaltowych jest procesem fizykochemicznym zachodzącym pod wpływem działania powietrza w podwyższonej temperaturze, prowadzącym do stopniowych zmian właściwości użytkowych asfaltu wraz z upływem czasu. Starzenie zachodzi od momentu wyprodukowania asfaltu i jest najbardziej intensywne podczas mieszania asfaltu z gorącym kruszywem w mieszalniku otaczarki.

Efektom starzenia jest utwardzenie asfaltu, prowadzące do zmiany jego właściwości reologicznych, co w konsekwencji powoduje, że asfalt staje się coraz bardziej kruchy i twardy, powodując wzrost podatności nawierzchni na powstawanie spękań

1.2. Mieszanki mineralno-asfaltowe

- Mieszanka mineralno-asfaltowa (mma) jest to mieszanka kruszywa oraz lepiszcza asfaltowego. Ze względu na krzywą uziarnienia, zawartość wolnej przestrzeni, proporcje składników lub technologię wytwarzania możemy wyróżnić różne rodzaje mieszanek mineralno-asfaltowych.
- Ze względu na krzywą uziarnienia wyróżniamy następujące mieszanki:
 - betonowy – o ciągłym uziarnieniu: Mieszanka mineralna charakteryzuje się ciągłą, równomierną krzywą uziarnienia, o wzajemnie klinujących się ziarnach. Wyróżniamy tu mieszanki: beton asfaltowy, beton asfaltowy WMS, asfalt lany.
 - makadamowy – o uziarnieniu jednofrakcyjnym: Mieszanka mineralna składa się z kruszywa jednofrakcyjnego lub o zdecydowanym udziale jednej frakcji kruszywa grubego, którym ziarna wzajemnie klinują się, są otoczone asfaltem lub tylko skropione i odpowiednio zagęszczone. Przykładem mieszanki jest asfalt porowaty.
 - typ pośredni – o uziarnieniu nieciągłym: Mieszanka mineralna jest nieciągła, brakuje jednej określonej środkowej frakcji kruszywa. Wyróżniamy tu mieszanki: SMA, BBTM, AUTL.
- Charakterystyka niektórych mieszanek mma
 - Beton asfaltowy – jest to mieszanką, którą można wykorzystać we wszystkich warstwach asfaltowych. Po zagęszczeniu mieszanka charakteryzuje się minimalną zawartością wolnych przestrzeni, które wypełnione są lepiszczem. Beton asfaltowy należy projektować zgodnie z PN-EN 13108-1 oraz WT2
 - Mieszanka SMA – Mieszanka charakteryzuje się nieciągłym uziarnieniem mieszanki mineralnej i silnym szkieletem grysowym wypełnionym mastyksem. Projektowania jest zgodnie z normą PN-EN 13108-5. Stosowana najczęściej do warstw ścieralnych, ale jest możliwe także zastosowanie jej do warstw wiążących i podbudowy. Istnieje wariant mieszanki do nawierzchni jednowarstwowych – SMA 16 JENA, oraz wariant do tzw. cichych nawierzchni – SMA 8 LA i do cienkich warstw – SMA 5 DSH.
 - Asfalt lany – jest to mieszanka mineralno-asfaltowa o dużej zawartości wypełniacza i lepiszcza, przez co jest samozagęszczalna (nie wymagająca wałowania). Charakteryzuje się bardzo małą zawartością wolnych przestrzeni, objętość lepiszcza jest większa niż objętość wolnych przestrzeni w mieszance mineralnej, co powoduje zawieszenie ziaren w asfalcie. Projektowania jest zgodnie z normą PN-EN 13108-6,
 - Zastosowania mieszanek mma do poszczególnych warstw można znaleźć w WT2.
- Zawartość asfaltu w mma: Zawartość asfaltu podajemy w stosunku do masy mma. Asfalt całkowity B – jest to asfalt dodany B_z do mieszanki z ewentualnym doliczeniem asfaltu z granulatu. Asfalt nierozpuszczalny B_n jest to teoretyczna, procentowa zawartość asfaltu uzyskana metodą obliczeniową wg wzoru: $B_n = 0,014F + 0,1$, gdzie F –

zawartość kruszywa poniżej sita 0,063 mm w zaprojektowanej mieszance mineralnej. Asfalt rozpuszczalny S to różnica pomiędzy asfaltem całkowitym B a nierozpuszczalnym B_n (jest to wartość referencyjna do oceny zawartości asfaltu w wyprodukowanej mma). Asfalt zadozowany B_z to asfalt dodany do mieszanki. Zawartość lepiszcza całkowitego nie powinna być mniejsza od kategorii B_{min} podanej w wymaganiach dla każdej mieszanki: $B_{min, kor} = B_{min} \times \frac{2,650}{\rho_{mm}}$.

- Parametry objętościowe mma:
 - Zawartość wolnej przestrzeni w mieszance mineralnej VMA – jest to przestrzeń znajdująca się pomiędzy ziarnami kruszywa zagęszczonej mieszanki mineralno-asfaltowej składająca się z wolnych przestrzeni i objętości asfaltu, który nie został zaabsorbowany przez kruszywo.
 - Zawartość wolnej przestrzeni w mieszance mineralno-asfaltowej V_m – są to małe pory pomiędzy ziarnami otoczonymi asfaltem. Jest to ta część wolnych przestrzeni w mieszance mineralnej (VMA), która nie została zajęta przez efektywny asfalt. Zawartość wolnych przestrzeni w zagęszczonej mma ma bezpośredni wpływ na wiele cech warstwy, takich jak nasiąkliwość, odporność na wodę i mróz itd. Zbyt mała ilość V_m zwiększa również ryzyko powstania deformacji trwałych. Zawsze wraz ze zwiększaniem ilości lepiszcza, wolna przestrzeń w mieszance mineralno-asfaltowej V_m musi się zmniejszać – następuje wypełnianie wolnych przestrzeni w mieszance mineralnej VMA.
 - Wolna przestrzeń w mieszance mineralnej wypełniona lepiszczem VFB – Jest to określenie tej części wolnych przestrzeni pomiędzy ziarnami kruszywa (VMA), która została wypełniona efektywną objętością asfaltu (asfaltem nie zaabsorbowanym przez kruszywo). Od VFB zależy szereg końcowych właściwości mma, z których najważniejsze to trwałość (odporność na działanie wody), wytrzymałość zmęczeniowa i odporność na pękanie.
 - Gęstość mma to masa mieszanki mineralno-asfaltowej na jednostkę objętości bez wolnych przestrzeni, w znanej temperaturze badania. Oznaczenie można wykonać metodą objętościową lub matematyczną. Metoda objętościowa polega na określeniu masy i objętości próbki poprzez określenie wypartej w piknometrze wody. Metoda matematyczna polega na określeniu gęstości mieszanki na podstawie znajomości gęstości i zawartości poszczególnych składników.
 - Gęstość objętościowa mma – jest to masa zagęszczonej mieszanki mineralno-asfaltowej na jednostkę objętości z przestrzeniami powietrznymi, w znanej temperaturze badania.
- Metody badań mma
 - Koleinowanie jest jednym z najpowszechniejszych sposobów zniszczenia nawierzchni asfaltowej. Zachodzi ono na jeden z kilku sposobów. Może to być dogęszczanie mieszanki pod wpływem ruchu w początkowym okresie użytkowania nawierzchni, ścieranie lub deformacja lepkoplastyczna. Badanie odporności na deformacje trwałe wykonuje się małym koleinomierzem metodą B. Warunki badania: temp. 60°C, liczba cykli: 10000, prędkość: 26,5 cyklu/min
 - Wrażliwość próbek mma na działanie wody i mrozu określa się jako wskaźnik ITSr (Indirect Tensile Strenght Ratio), czyli stosunek wytrzymałości na rozciąganie pośrednie próbek kondycjonowanych w wodzie o temperaturze 40°C poddanych

następnie cyklowi zamrażania i ponownym kondycjonowaniu w temperaturze 25°C (zestaw mokry) do wytrzymałości próbek porównawczych (zestaw suchy). Badanie wykonuje się wg załącznika nr 1 do WT2 2014

- Trwałość zmęczeniowa mieszanki mineralno-asfaltowej jest to zdolność do przeciwdziałania niszczącemu wpływowi krótkotrwałych obciążeń od przejeżdżających pojazdów. Obciążenia te wywołują odkształcenia znaczenie mniejsze niż wytrzymałość mieszanki na rozciąganie, ale ich powtarzalność powoduje narastanie tzw. szkody zmęczeniowej prowadzącej w ostateczności do inicjacji spękań i uszkodzenia nawierzchni. W Polsce stosowana jest metoda belki 4-punktowo zginanej (4PB-PR). Parametry badania: temperatura: 10°C, częstotliwość: 10 Hz, odkształcenie: 130 $\mu\epsilon$, tryb kontrolowanego odkształcenia. W trakcie badania określany jest spadek modułu sztywności wraz z rosnącą liczbą cykli. Jako kryterium trwałości zmęczeniowej przyjęto spadek modułu sztywności o 50% (tzw. konwencjonalne kryterium zmęczenia). Mieszanki stosowane w podbudowie asfaltowej, powinny charakteryzować się relatywnie małą zawartością wolnych przestrzeni V_m oraz dość dużą zawartością efektywnego lepiszcza V_a . Stosowanie asfaltów modyfikowanych polimerami zamiast zwykłych asfaltów. Zastosowanie mieszanek mineralno-asfaltowych o drobniejszym uziarnieniu, (większej zawartości asfaltu i mniejszej zawartości wolnych przestrzeni).