



ROBERT JURCZAK

Zachodniopomorski
Uniwersytet Technolo-
giczny w Szczecinie
robertjurczak@wp.pl

Zainteresowanie gumą rośnie?

W ciągu ostatnich kilku lat w Polsce znacznie zwiększyło się zainteresowanie wykorzystaniem gumy pochodzącej ze zużytych opon samochodowych w produkcji drogowych mieszanek mineralno-asfaltowych (mma). Świadczą o tym liczne publikacje, programy badawcze oraz powstające odcinki doświadczalne. Czy to zainteresowanie jest przejawem mody w dobie szczególnego nacisku na ochronę środowiska naturalnego, czy świadomym działaniem pozwalającym wykorzystać cenne właściwości gumy?

Wydaje się jednak, że wreszcie doceniono właściwości gumy, która przyczynia się do zwiększenia trwałości nawierzchni i zmniejszenia hałasu drogowego. Nawierzchnie asfaltowe z dodatkiem gumy mogą uzupełnić lub nawet zastąpić ochronę akustyczną w postaci ekranów w terenach zurbanizowanych, na których obniżenie hałasu drogowego jest jednym z ważniejszych celów.

Stosuje się dwie metody modyfikacji mma gumą. Pierwsza – metoda na mokro – polega na mieszaniu asfaltu, najczęściej z miazgą gumową w ilości od 5 do nawet 20%, w zależności od przeznaczenia. Tak wytworzone lepiszczki gumowo-asfaltowe może być porównywane z asfaltem modyfikowanym. Natomiast druga metoda – na sucho – polega na dodawaniu rozdrobnionej gumy bezpośrednio do kruszywa (zastąpienie części kruszywa). W tej metodzie zawartość rozdrobnionej gumy praktycznie nie przekracza 3% (wagowo).

Przeważa opinia, że metoda na sucho nie przynosi istotnego efektu technologicznego. Co to oznacza w praktyce? Czy metoda na sucho jest nieefektywna? Niekoniecznie. Według autora wykorzystanie metody na sucho do modyfikacji mma granulatem gumowym jest na pewno efektywne zarówno pod względem ekologicznym, jak i technologicznym.

Charakterystyka materiałów i metod zastosowanych w przeprowadzonych badaniach

Przedmiotem badań był beton asfaltowy do bardzo cienkich warstw, zwany dalej w skrócie mieszanką BBTM (dawniej mieszanka o nieciąglym uziarnieniu, czyli MNU). Badano mieszanki BBTM o największym wymiarze kruszywa 8 mm według uziarnienia typu A i 11 mm według uziarnienia typu B, przeznaczone do nawierzchni obciążonej kategorią ruchu KR3-4. Zastosowany w mieszankach granulatem gumowy o wąskim wymiarze ziaren od 1 do 2 mm pochodził z rozdrobnienia w temperaturze otoczenia opon samochodów ciężarowych (mechaniczna metoda rozdrabniania). Dodawano go

wagowo w ilości 0,5%, 1,0% i 1,5% w stosunku do mieszanki mineralnej przy jednoczesnym zmniejszaniu ilości kruszywa drobnego [1].

Według [3] w mieszankach BBTM zaleca się stosować wyłącznie asfalty modyfikowane. Wydaje się to nieuzasadnione, ponieważ w mieszankach tego typu nie ma potrzeby dodatkowej poprawy odporności mieszanki na deformacje trwałe, lecz jest to korzystne ze względu na większą kohezję i właściwości sprężyste asfaltów modyfikowanych polimerami. Przy dozowaniu granulatu gumowego z całą pewnością można odstąpić od tego warunku. Dlatego w mma BBTM zastosowano asfalt drogowy 35/50, który charakteryzował się penetracją równą 42 [0,1 mm] i temperaturą mięknięcia wynoszącą 54,2°C. Mimo że w metodzie suchej nie dochodzi do pełnego wykorzystania właściwości gumy (brak oddziaływania gumy z asfaltem lub tylko częściowe oddziaływanie) to zdaniem autora korzystniejsze byłoby zastosowanie asfaltu bardziej miękkiego np. 50/70 lub nawet 70/100 ze względu na intensyfikację oddziaływania gumy z asfaltem. Ponadto miękki asfalt, z uwagi na szeroki temperaturowy zakres pracy nawierzchni, poprawi właściwości mieszanki w niskich zakresach temperatury (większa odporność na spękania niskotemperaturowe), a szkielet mineralny zapewni właściwą odporność na deformacje trwałe w wysokich zakresach temperatury.

Do mieszanek dodano również włókna celulozowe (w ilości 0,3% w stosunku do całej mieszanki mineralno-asfaltowej) oraz środek adhezyjny poprawiający przyczepność (0,3% w stosunku do asfaltu). W mieszankach BBTM zastosowano kruszywo grube (szarogłaz) z kopalni Lieske i drobne (granodioryt) z kopalni Oberettendorf w Niemczech. Reprezentują one kruszywo stosowane na terenie Pomorza. Zawartość kruszywa grubego w mieszance BBTM o największym wymiarze kruszywa 8 mm wynosiła 56,2%, a w mieszance do 11 mm – 69%.

Analiza uziarnienia kruszywa grubego wykazała, że ilość nadziarna i podziarna nie przekracza dopuszczalnej wartości 25%, a zawartość pyłów nie przekracza 0,5%. Określony w badaniu wskaźnik LA kruszywa wyniósł 11, co pozwala przypisać kategorię LA₁₅ przy wymaganej LA₃₀. Kruszywo grube przyjęto za mrozooodporne, ponieważ charakteryzowało się nasiąkliwością mniejszą niż 0,5%. Oprócz kruszywa grubego w skład mieszanek BBTM wchodzi również kruszywo drobne, w którym zawartość pyłów wynosiła nie więcej niż 10%. Wskaźnik przepływu kruszywa drobnego, który jest miernikiem jego kanciastości, wyniósł 34,1 s i był wyższy od wymaganego (30 s) do nawierzchni obciążonej ruchem kategorii KR3-4. Zawartość wolnych przestrzeni w suchym zagęszczonym wypełniaczu odpowiadała kategorii V_{28/45}. Na podstawie uzyskanych wyników badań materiału mineralne-

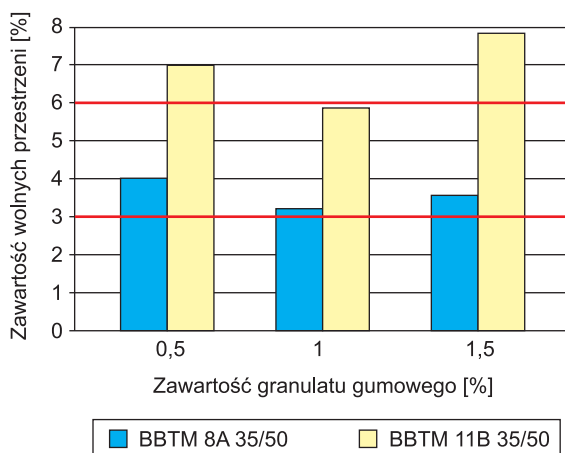
go, które tylko częściowo zaprezentowano w niniejszym artykule można stwierdzić, że użyte zarówno kruszywo grube, jak i drobne oraz wypełniacz spełniają wymagania, ujęte w [2], wobec materiałów mineralnych przeznaczonych do stosowania w mieszankach BBTM.

W badaniach laboratoryjnych przyjęto jednolitą metodykę przygotowywania próbek z mieszanek mineralno-asfaltowych. Przed wykonywaniem próbek pozostawiono przygotowane mieszanki BBTM w temperaturze $140 \pm 5^\circ\text{C}$ przez 45 minut w celu lepszej homogenizacji. Po tym okresie próbki zagęszczano po 50 uderzeń na każdą stronę również w temperaturze $140 \pm 5^\circ\text{C}$.

Badania laboratoryjne mieszanek podzielono na dwa etapy. W pierwszym etapie określono optymalną ilość asfaltu do ustalonego składu mieszanki mineralnej przy założeniu, że zawartość wolnych przestrzeni mieści się między 3 a 6%. Na podstawie własnych doświadczeń i korekty ilości asfaltu, uwzględniającej gęstość mieszanki mineralnej, ustalono jego ostateczną ilość. W mieszance BBTM 8 zawartość asfaltu przyjęto równą 6,6%, a w mieszance BBTM 11 – 6,4%. W drugim etapie przygotowano mieszanki z różną ilością granulatu gumowego, a następnie określono ich gęstość, gęstość objętościową, zawartość wolnych przestrzeni i wypełnienie wolnych przestrzeni asfaltem oraz moduł sztywności pelzania pod obciążeniem statycznym [1]. Dla mieszanki BBTM z zawartością gumy, która spełniała wymagania w zakresie zawartości wolnych przestrzeni i modułu sztywności pelzania pod obciążeniem statycznym określono jej odporność na działanie wody i mrozu według procedury opisanej w [3]. Miarą odporności mieszanki na działanie wody i mrozu jest zmiana wytrzymałości na pośrednie rozciąganie po kondycjonowaniu próbek w stosunku do wytrzymałości na pośrednie rozciąganie próbek bez kondycjonowania. Im większa jest wartość wskaźnika wytrzymałości ITSr, tym mieszanka jest bardziej odporna na działanie wody i mrozu.

Analiza uzyskanych wyników badań

Na rysunku 1 przedstawiono zależność zawartości wolnej przestrzeni od zawartości granulatu gumowego.



Rys. 1. Zależność wolnej przestrzeni w próbkach z mieszanek BBTM w zależności od zawartości granulatu gumowego

Mieszanki BBTM o największym wymiarze kruszywa 8 mm spełniają wymaganie zawartości wolnej przestrzeni niezależnie od zawartości granulatu gumowego. Natomiast w przypadku mieszanki BBTM 11 tylko przy zawartości 1% granulatu warunek ten jest spełniony.

Jeszcze do niedawna, niezależnie od rodzaju mieszanki mineralno-asfaltowej, zanim wprowadzono Wymagania Techniczne na etapie projektowania, określano moduł sztywności pelzania pod obciążeniem statycznym. Badanie to polegało na rejestracji odkształceń próbek poddawanych statycznemu oddziaływaniu siły w czasie jednoosiowego ściskania w znormalizowanych warunkach (najczęściej w 40°C). Celem badania była weryfikacja odporności na deformacje trwałe mieszanek mineralno-asfaltowych na etapie projektowania.

Uzyskane wyniki badań modułu sztywności pozwoliły ustalić, że mieszanki BBTM z dodatkiem 1% granulatu gumowego charakteryzują się największym modułem sztywności (większym niż wymagany na etapie projektowania). W związku z tym stwierdzono, że dla ustalonego składu mieszanki mineralnej optymalną ilością jest dodatek 1% granulatu gumowego, biorąc pod uwagę zarówno wymaganie odpowiedniej ilości wolnych przestrzeni, jak i modułu sztywności. W tabeli 1 zestawiono właściwości fizyczne mieszanek BBTM, które zawierały dodatek 1% granulatu gumowego.

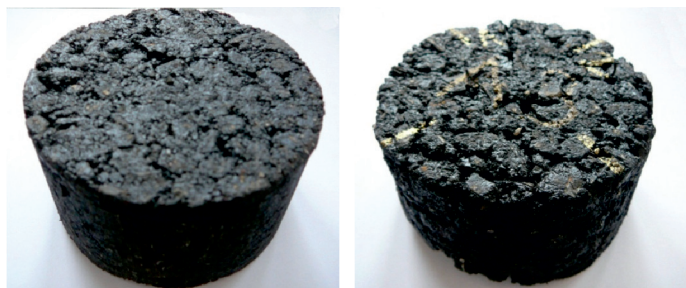
Tabela 1. Właściwości fizyczne mieszanek BBTM z dodatkiem granulatu gumowego w ilości 1% (wagowo)

Lp.	Właściwość	Wymagania wg WT-2 2010	Mieszanka BBTM	
			0/8	0/11
1	Gęstość ¹ , kg/m ³	–	2430	2419
2	Gęstość objętościowa, kg/m ³	–	2352	2277
3	Zawartość wolnych przestrzeni, %	3-15	3	6
4	Wypełnienie wolnej przestrzeni asfaltem, %	–	78,1	66,5
5	Odporność na deformacje trwałe	WTS _{AIR} Deklarowane	–	–
		PRD _{AIR} Deklarowane	–	–
6	Odporność na działanie wody i mrozu (wskaźnik ITSr), %	≥ 90	94	91
7	Moduł sztywności pelzania pod obciążeniem statycznym, MPa	≥ 16,0	21,4	23,0

¹ – gęstość określona w rozpuszczalniku

W Wymaganiach Technicznych (WT-2) zarówno z 2008 r., jak i 2010 r. dużą rolę przypisuje się badaniu odporności na działanie wody i mrozu. Identyczne poziomy wymagań wskaźnika wytrzymałości ITSr (wobec mma do warstwy ścieralnej nie powinien być mniejszy niż 90%) przy zmianach procedury kondycjonowania, sposobu przygotowywania próbek i temperatury badania budzą wątpliwość. W opinii autora należy dołożyć wszelkich starań, aby zweryfikować wymagania i/lub procedurę badawczą. Okazuje się, że nie zawsze do poprawy odporności mieszanki na działanie wody i mrozu wystarczy zwiększenie ilości środka adhezyjnego. Wpływ ma również rodzaj użytego kruszywa drobnego oraz sposób przygotowania mieszanek (w laboratorium czy bezpośrednio w wytwórni).

Według [3] odporność na deformacje trwałe mieszanek mineralno-asfaltowych określa się metodą B w powietrzu (małe urządzenie do koleinowania). Wobec mieszanek BBTM nie ustalono żadnych wymagań w tym zakresie, co wynikało prawdopodobnie z braku wystarczającej wiedzy i bazy wyników. Zobowiązano jedynie producenta mieszanek mineralno-asfaltowych do podawania proporcjonalnej głębokości koleiny PRD_{AIR} i maksymalnego przyrostu koleiny WTS_{AIR}.



Fot. 1. Widok próbek Marshalla z mieszanek BBTM z dodatkiem 1% granulatu gumowego o uziarnieniu do 8 mm (po lewej) i do 11 mm (po prawej)

Analizując wypełnienie wolnej przestrzeni asfaltem w mieszankach (tab. 1) i wygląd próbek (fot. 1) można zauważyć, że w przypadku mieszanki BBTM 8A 35/50 zbliżone jest ono do maksymalnego wypełniania przestrzeni między ziarnami kruszywa o maksymalnym wymiarze. Odmienną sytuację można zaobserwować w mieszance BBTM 11B 35/50, która charakteryzuje się zbyt otwartą strukturą. Mniejsze wypełnienie wolnej przestrzeni między ziarnami kruszywa pozwala przypuszczać, że będzie jeszcze można przestrzenie między nimi uzupełnić bez ich rozpychania.

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

- odpowiednio dobrany szkielet mineralny mieszanek BBTM pozwala na „schowanie” granulatu gumowego i uzyskanie mieszanki spełniającej wymagania zawarte w WT-2 2010 wobec nawierzchni obciążonych kategorią ruchu KR3-4, a więc również KR1-2,
- istnieje możliwość wykorzystania w mieszankach BBTM co najmniej 1% granulatu gumowego, a przy zmianie składu mieszanki mineralnej może nawet ponad 2%.

Możliwe zastosowania BBTM

Mieszanki mineralno-asfaltowe z dodatkiem miazgi lub granulatu gumowego wytwarzane w technologii na gorąco mogą być stosowane zarówno do budowy nowych, jak i remontów istniejących nawierzchni. Szczególnie mieszanki BBTM z dodatkiem gumy mają szansę powodzenia w przypadku konstrukcji nawierzchni, w której stosuje się warstwy podbudowy i/lub wiążące z betonu asfaltowego o wysokim module sztywności (w skrócie AC WMS). Zapewniają one właściwą nośność i trwałość zmęczeniową, a cienka warstwa z mieszanki BBTM zagwarantuje odpowiednie właściwości przeciwpoślizgowe i zmniejszenie hałasu powstającego na styku opony z nawierzchnią.

Innym możliwym zastosowaniem mieszanki BBTM z dodatkiem granulatu gumowego mogą być warstwy ścieralne na istniejących zniszczonych nawierzchniach wymagających poprawy właściwości przeciwpoślizgowych (szorstkość) oraz w sytuacjach, w których istnieją potrzeby zmniejszenia masy nawierzchni (na obiektach inżynierskich). Grubość układanych warstw z mieszanek BBTM powinna wynosić od 20 do 35 mm w zależności największego wymiaru kruszywa w mieszance.

Podsumowanie

Korzyści ekologiczne stosowania granulatu gumowego, chociażby przy produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych, nie budzą takich wątpliwości jak korzyści technologiczne. Choć trudno w sposób jednoznaczny wykazać to w warunkach laboratoryjnych, to ich pozytywny wpływ uwiidocznia się na pewno w skali przemysłowej. Dowodem tego mogą być przykłady nawierzchni wykonanych w tej technologii na ulicach Myśliborza i Piły. Należy jednak obiektywnie podkreślić, że większa trwałość i zmniejszenie hałasu drogowego może wynikać nie tylko z samego dodatku granulatu gumowego, ale również z technologii, dzięki której można ten granulatu zastosować.

Do momentu wdrożenia odpowiedniego systemu zbierania i przetwarzania odpadów w postaci zużytych opon samochodowych można korzystać z prostej, ale ekologicznej technologii zastosowania do mma miazgi gumowego metodą na sucho. Pozwoli to na zużycie znacznie większej ilości gumy przy stosunkowo niewielkich kosztach (brak konieczności modernizacji instalacji w wytwórni itp.) niż w metodzie na mokro. W metodzie „suchej” mniejsze znaczenie niż w metodzie „mokrej” ma pochodzenie surowca gumowego (z opon samochodów osobowych czy ciężarowych). Ponadto produkcja mieszanek mineralno-asfaltowych metodą na sucho nie odbiega zasadniczo od produkcji tradycyjnych mieszanek, z tą różnicą, że przed dodaniem asfaltu należy dodać odpowiednią ilość granulatu gumowego do gorącego kruszywa.

A może warto rozpatrzenia jest rozwiązanie polegające na połączeniu zalet obu metod na sucho i mokro. Przykładem takiego rozwiązania jest granulatu gumowo-asfaltowy (opisany szerzej w publikacji [4]), który zawiera w swoim składzie do 40% gumy związanej chemicznie i fizycznie z asfaltem. Uzyskane w ten sposób lepsze gumowo-asfaltowe jest rozdrabniane i może być dodawane bezpośrednio do mieszalnika w wytwórni.

Bibliografia

- [1] Chlewicka B.: *Wpływ ilości miazgi gumowego na wybrane właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych*, Praca magisterska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Szczecin 2009 (Praca niepublikowana)
- [2] *Kruszywa do mieszanek mineralno-asfaltowych i powierzchniowych utrwaleń na drogach krajowych*, Wymagania Techniczne WT-1 2010
- [3] *Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych*, Wymagania Techniczne WT-2 2010
- [4] Sybilski D.: *Efektywny modyfikator asfaltu w nawierzchniach drogowych*. Rynek Inwestycji Drogowych, Wydanie pilotażowe ■