

Elżbieta Trzaska
Instytut Nafty i Gazu, Kraków

Lepkość asfaltów i europejskie metody jej badania

Wprowadzenie

Mieszanki mineralno-asfaltowe stosowane do budowy nawierzchni drogowej mają charakter złożony i stanowią kompozycje odpowiednio dobranych składników mineralnych oraz substancji wiążących.

W mieszance mineralno-asfaltowej składnikami nieorganicznymi są odpowiednio dobrane mieszaniny kruszyw, które zapewniają stabilny szkielet mineralny, a w konsekwencji – odporność nawierzchni drogowej na ściskanie i ścinanie. Asfalt stosowany w mieszance spełnia podwójną funkcję:

- jest materiałem wiążącym ziarna kruszywa i przenoszącym siły zewnętrzne oddziałujące na nawierzchnię ze strony pojazdów i środowiska zewnętrznego,
- tworzy ochronną powłokę na ziarnach kruszywa, zabezpieczając je przed niszczącym wpływem czynników zewnętrznych, takich jak: woda czy środki odładowe.

Nawierzchnia drogowa powinna mieć pewne właściwości ciała stałego, np.: odporność na temperaturę, rozerwanie i zgniatanie, pewną elastyczność i odpowiedni współczynnik tarcia. Przekładając te wymagania na konkretne cechy użytkowe, można wskazać, że asfalt powinien cechować się taką jakością, aby ograniczyć niszczenie nawierzchni drogowej, przejawiające się w postaci odkształceń trwałych – kolein, spękań zmęczeniowych, a także – deformacji indukowanych termicznie, podczas zmieniających się warunków atmosferycznych [4, 5, 9].

Należy jeszcze raz podkreślić, że mieszanka mineralno-asfaltowa jest mieszaniną kruszywa, które stanowi około 95% jej składu, połączonego lepiszczem – asfaltem naftowym, w ilości około 5%. Ponieważ jednym z istotnych zadań lepiszcza jest utrzymanie spójności składników mieszaniny w zmieniających się warunkach atmosferycznych i przy drastycznych zmianach obciążeń mechanicznych w czasie eksploatacji, spowodowanych ruchem pojazdów,

celowe jest badanie jego właściwości fizykochemicznych, związanych z działaniem sił międzycząsteczkowych, to jest adhezją na granicy faz kruszywo–asfalt oraz kohezją w odniesieniu do samego asfaltu. Zjawisko kohezji w fazie ciekłej bada się zwykle technikami pomiarów lepkości, które są przedmiotem niniejszej pracy.

Asfalt jest materiałem termoplastycznym, którego właściwości są funkcją temperatury i czasu trwania obciążenia. Zależnie od temperatury i warunków obciążenia asfalt może występować w trzech podstawowych stanach reologicznych: lepkiem, lepko-sprężystym i sprężystym.

W stanie lepkiem jego charakterystyczną cechą jest lepkość η , zależna od temperatury. Asfalt w wysokiej temperaturze lub pod długotrwałym obciążeniem (powolny ruch samochodów) zachowuje się jak lepka ciecz i płynie. Upłynnienie asfaltu pod wpływem temperatury jest konieczne, aby można go było stosować w produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych, ze względu na: pompowanie, otaczanie kruszywa, urabialność mieszanki.

W niskiej temperaturze lub pod krótkotrwałym obciążeniem (szybki ruch pojazdów) asfalt zachowuje się jak sprężyste ciało stałe. Jest to stan sprężysty, charakteryzowany przez moduł sztywności. Asfalt, będąc ciałem sprężystym, w pewnej temperaturze staje się zbyt sztywny i pęka, dlatego też nawierzchnie drogowe pękają w niskiej temperaturze, która powoduje ich skurczenie, a brak możliwości odkształcenia postaciowego wywołuje rozciągające naprężenie wewnętrzne.

W stanie lepko-sprężystym asfalt zachowuje sprężystość ciała stałego, a jednocześnie nabiera cech lepkiej cieczy. W tym stanie asfalt charakteryzowany jest modułem sztywności, w funkcji temperatury i czasu trwania obciążenia. Stan lepko-sprężysty jest najistotniejszy dla właściwości eksploatacyjnych asfaltu, gdyż trwałość nawierzchni

drogowej zależy od tego w jak szerokim przedziale asfalt utrzymuje właściwości lepko-sprężyste.

Znajomość konsystencji asfaltu jest niezbędna do określenia najkorzystniejszych warunków związanych

z transportem, pompowaniem, składowaniem lepiszcza oraz rozścielaniem i zagęszczaniem mieszanki mineralno-asfaltowej, a także eksploatacją nawierzchni drogowej [4, 5, 9–11].

Definicja lepkości dynamicznej

Podstawową cechą reologiczną asfaltu jest lepkość, którą definiuje się jako tarcie wewnętrzne, występujące w wyniku działania sił kohezji między cząsteczkami, przy przesuwaniu się jednej warstwy asfaltu względem drugiej. Kohezja jest to siła wzajemnego przyciągania się cząstek tej samej cieczy i zależy od natury obecnych w niej cząstek. Wraz ze wzrostem temperatury asfaltu maleje kohezja i lepkość [4, 5, 9]. Badanie lepkości asfaltu wykonuje się w zakresie temperatur, w których nie można wykonać pomiaru konsystencji asfaltu metodą penetracji.

Lepkość dynamiczna (η) jest obliczana z równania:

$$\eta = \tau/\dot{\gamma}$$

w którym:

τ – naprężenie ścinające; jest to stosunek przyłożonej siły do powierzchni, na którą działa ta siła, wyrażone w pascalach [Pa],

$\dot{\gamma}$ – szybkość ścinania wyrażona w [s⁻¹]; gradient prędkości przepływu między sąsiadującymi warstwami płynu do odległości między nimi w kierunku normalnym do powierzchni styku obu warstw, tym samym prostopadle do kierunku przepływu cieczy.

Jednostką lepkości dynamicznej η jest pascalosekunda [Pa·s]. Często używana jest także jednostka milipaskalosekunda [mPa·s] [3, 9, 10].

Zależność lepkości asfaltu od składu grupowego

Lepkość dynamiczna asfaltu zależy od składu grupowego i temperatury badania. Asfalt jest mieszaniną uzyskiwanych z ropy naftowej substancji wielkocząsteczkowych, w której można wyodrębnić trzy główne składniki:

- asfalteny – brązowe lub czarne ciała stałe o temperaturze mięknienia około 150÷200°C; w asfalcie występują w ilości 5÷25%; ich zawartość ma znaczący wpływ na właściwości asfaltu,
- żywice – stałe lub półstałe związki heteroorganiczne, koloru brązowego, które mają wpływ na adhezję asfaltu do kruszywa oraz ciągliwość; od proporcji żywic i asfaltenów zależy typ koloidalny asfaltu (zol, żel lub zolo-żel),
- oleje – najlżejsza, węglowodorowa frakcja asfaltu, stanowiąca fazę rozpraszającą.

Asfalt jest układem koloidalnym, w którym fazę rozproszoną stanowią micelle (asfalteny otoczone powłoką żywic – maltenów) zawieszona w środowisku olejowym, będącym fazą rozpraszającą. W zależności od stężenia asfaltenów, zdolności peptyzacyjnych maltenów, procentowej zawartości poszczególnych składników grupowych oraz temperatury powstają układy koloidalne typu żel i zol oraz mieszanego typu zolo-żel [1, 9].

Asfalteny typu żel zawierają dużo asfaltenów, dzięki czemu są bogate w micelle. Micelle tworzą między sobą wiązania, dzięki którym powstaje nieregularna sieć przestrzenna. W takim układzie zachodzi zjawisko tiksotropii,

Tablica 1: Podział asfaltów na podstawie składu grupowego [5, 9]

Typ reologiczny		Skład grupowy [%] (w stosunku do masy)		
		asfalteny	żywice	oleje
I	żel	> 25	< 24	> 50
II	zol	< 18	> 36	< 40
III	zolo-żel	20÷23	30÷40	45÷50

która jest izotermiczną, odwracalną przemianą żelu w zol pod wpływem czynników mechanicznych, np. mieszania, wstrząsów. Tiksotropią tłumaczy się fakt, że ten sam asfalt po stopieniu i ochłodzeniu wykazuje wyższą penetrację niż przed stopieniem. Do asfaltów typu żel należą asfalteny utlenione oraz asfalteny przemysłowe o wysokim stopniu oddestylowania olejów.

Asfalteny typu zol zawierają mało asfaltenów i miceli, które nie tworzą sieci przestrzennej i są oddzielone od siebie oraz stabilizowane przez grubą warstwę żywic. Są nieodporne termicznie, tj. przy wzroście temperatury łatwo się upłynniają, a przy spadku temperatury stają się kruche. Asfalteny tego typu są odporne na starzenie. Do asfaltów typu zol należą asfalteny o dużej zawartości olejów i żywic, np. asfalteny destylacyjne.

Asfalteny typu zolo-żel stanowią układ pośredni pomiędzy

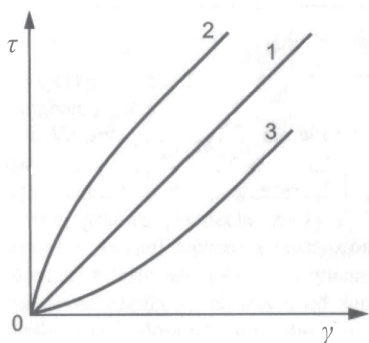
pierwszym i drugim rodzajem. Składają się z niezbyt gęsto rozwiniętej struktury sieciowej asfaltów, stabilizowanych grubymi warstewkami żywic. Z drogowego punktu widzenia wykazują one optymalne właściwości reologiczne. Są

odporne termicznie, tj. zachowują plastyczność w ujemnej temperaturze, a w temperaturze dodatniej są odporne na deformacje. Należą do nich asfalty uzyskiwane z bezpośredniej destylacji rop bezparafinowych [5, 9].

Ciecze newtonowskie i nienewtonowskie

Asfalty typu zol są cieczami newtonowskimi, ich lepkość dynamiczna nie wykazuje zależności od szybkości ścinania. Dla asfaltu nienewtonowskiego typu żel lepkość dynamiczna maleje wraz ze wzrostem szybkości ścinania.

Ciecze newtonowskie wykazują liniową zależność naprężenia ścinającego od szybkości ścinania. Szybkość narastania odkształcenia jest proporcjonalna do przyłożonego naprężenia ścinającego. Dla cieczy nienewtonowskich nie występuje liniowa zależność naprężenia ścinającego od szybkości ścinania, ich lepkość zależy od szybkości ścinania (rysunek 1) [9, 10].



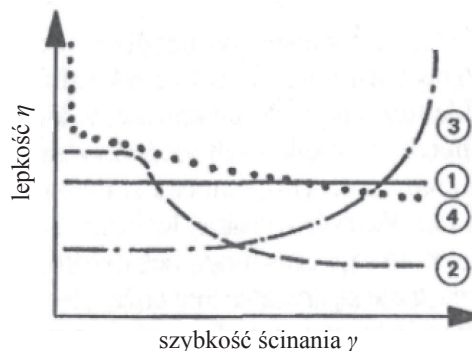
Rys. 1. Zależność naprężenia ścinającego (τ) od szybkości ścinania (γ), 1 – ciecz newtonowska, 2 – ciecz pseudoplastyczna, 3 – ciecz dylatacyjna [9]

Lepkość dynamiczna cieczy newtonowskich pozostaje stała niezależnie od wartości szybkości ścinania (rysunek 2, krzywa 1).

Lepkość cieczy nienewtonowskiej może wykazywać następujące zależności:

- maleje wraz ze wzrostem szybkości ścinania (rysunek 2, krzywa 3), są to ciecze pseudoplastyczne lub rozrzedzane ścinaniem,

- wzrasta wraz ze wzrostem szybkości ścinania (rysunek 2, krzywa 2), są to ciecze dylatacyjne lub zagęszczane ścinaniem,
- ma praktycznie „nieskończoną” wartość do momentu osiągnięcia dostatecznie dużej wartości naprężenia ścinającego, powyżej której następuje płynięcie (rysunek 2, krzywa 4), wówczas ciecz wykazuje właściwości cieczy newtonowskiej; są to ciecze pseudoplastyczne, mające granicę płynięcia (np. smary) [5, 10, 11].



Rys. 2. Zależność lepkości dynamicznej (η) od szybkości ścinania (γ), 1 – ciecz newtonowska, 2 – ciecz pseudoplastyczna, 3 – ciecz dylatacyjna, 4 – ciecz plastyczna (ciecz pseudoplastyczna z granicą płynięcia) [10]

Badanie lepkości asfaltów i lepiszczy asfaltowych wykonywane jest różnymi metodami i w różnym zakresie temperatury. Najczęściej badanie asfaltów prowadzone jest w następujących temperaturach:

- 60°C – temperatura eksploatacji nawierzchni,
- 90°C – temperatura zagęszczania mieszanki,
- 135°C – temperatura pompowania mieszanki [1, 2, 4, 9].

Europejskie metody badania lepkości asfaltów i lepiszczy asfaltowych

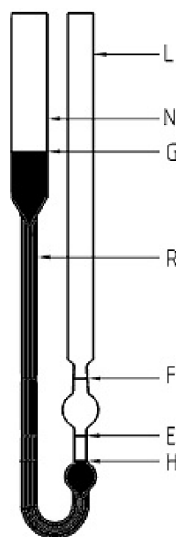
Badanie lepkości asfaltów i lepiszczy asfaltowych wykonywane jest wg następujących norm europejskich:

- PN-EN 12595:2009 – *Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczanie lepkości kinematycznej*,
- PN-EN 12596:2009 – *Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczanie lepkości dynamicznej metodą próżniowej kapilary*,

- PN-EN 13302:2011 – *Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczanie lepkości dynamicznej lepiszczy asfaltowych lepkościomierzem obrotowym*,
- PN-EN 13702:2012 – *Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczanie lepkości dynamicznej asfaltów modyfikowanych metodą stożek i płytki*.

Lepkość kinematyczna

Lepkość kinematyczna jest to stosunek lepkości dynamicznej do gęstości cieczy, mierzonych w temperaturze badania. Jest ona miarą oporu przepływu cieczy pod wpływem sił grawitacji, wyrażaną w mm^2/s . W normie PN-EN 12595 opisano metodę oznaczania lepkości kinematycznej asfaltów i lepiszczy asfaltowych z zastosowaniem szklanego lepkościomierza typu kapilarnego, w temperaturze 60°C i 135°C , dla zakresu lepkości $6\div 300\ 000\ \text{mm}^2/\text{s}$. Badanie polega na wyznaczeniu czasu przepływu (rysunek 3, od znaku E do F) określonej objętości asfaltu przez szklaną kapilarę wzorcowanego lepkościomierza, w ustalonej temperaturze pomiaru. Lepkość kinematyczna jest obliczana jako iloczyn czasu przepływu, wyrażonego w sekundach i stałej wzorcowania lepkościomierza, wyrażonej w mm^2/s . Do oznaczania lepkości stosowane są lepkościomierze Cannon-Fenske, BS/IP/RF i Zeitfuchs Cross-Arm typu kapilarnego, wykonane ze szkła boro-krzemianowego.

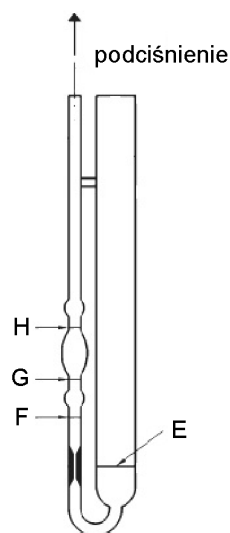


Rys. 3. Lepkościomierz kapilarny BS/IP/RF o odwróconym przepływie do oznaczania lepkości kinematycznej cieczy nieprzeźroczystych [6]

Szklany lepkościomierz BS/IP/RF o odwróconym przepływie przedstawiono na rysunku 3 [6].

Lepkość dynamiczna z użyciem próżniowego lepkościomierza kapilarnego

Oznaczanie lepkości dynamicznej asfaltów i lepiszczy asfaltowych w temperaturze 60°C z zastosowaniem próżniowego lepkościomierza kapilarnego przedstawiono w normie PN-EN 12596. Metoda pozwala na oznaczenie lepkości w zakresie od $0,0036$ do $580\ 000\ \text{Pa}\cdot\text{s}$. Badanie z zastosowaniem lepkościomierza próżniowego polega na oznaczeniu czasu przepływu (rysunek 4, pomiędzy liniami pomiarowymi F-G oraz G-H) określonej objętości asfaltu przez kapilarę, w ustalonych warunkach podciśnienia oraz temperatury pomiaru. Lepkość jest obliczana jako iloczyn czasu przepływu, wyrażonego w sekundach i współczynnika wzorcowania lepkościomierza, wyrażonego w Pascalach (Pa). Szklany lepkościomierz próżniowy Cannon-Manning przedstawiono na rysunku 4 [7]



Rys. 4. Kapilarny lepkościomierz próżniowy Cannon-Manning [7]

Lepkość dynamiczna metodą lepkościomierza obrotowego

W normie PN-EN 13302 opisano metodę oznaczania lepkości dynamicznej modyfikowanych i niemodyfikowanych lepiszczy asfaltowych, emulsji asfaltowych oraz upłynnionych i fluksowanych lepiszczy asfaltowych lepkościomierzem obrotowym, zwanym inaczej lepkościomierzem współosiowym. W normie określono zakresy temperatury badania lepkości dynamicznej oraz odpowiadającą im szybkość ścinania. W zależności od potrzeby, badania mogą być wykonywane w innych zakresach temperatury i przy innych szybkościach ścinania.

Na rysunku 5 przedstawiono schemat układu do badania lepkości dynamicznej [8].

Do badania lepkości dynamicznej wykorzystywany jest lepkościomierz obrotowy o następujących parametrach:

- zakres szybkości ścinania: $1\div 10^4\ \text{s}^{-1}$,
- zakres lepkości dynamicznych: $10^{-2}\div 10^6\ \text{Pa}\cdot\text{s}$,
- stosunek wielkości promieni: $R/r \geq 1,1$,
- różnica między promieniami: $r - R = 1\div 6\ \text{mm}$,
- zakres temperatury: $40\div 230^\circ\text{C}$.

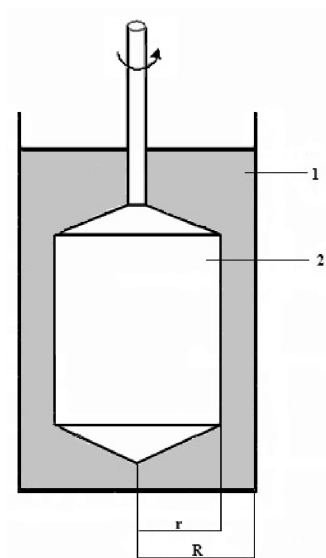
Badanie lepkości dynamicznej polega na zmierze-

niu względnego oporu na obrót trzpienia, zanurzonego w specjalnym pojemniku zawierającym badaną próbkę. Mierzony jest moment obrotowy przyłożony do trzpienia i na tej podstawie wyznaczana jest lepkość dynamiczna.

Po wykonaniu pomiaru należy zanotować następujące dane:

- moment obrotowy,
- lepkość (ewentualnie zastosować współczynnik kształtu – ustalony dla danego aparatu i związany z jego geometrią – do obliczenia lepkości dynamicznej na podstawie odczytu z aparatu),
- szybkość ścinania,
- temperaturę.

Wyrazić lepkość dynamiczną jako średnią arytmetyczną dwóch wyników pomiarów, dla dwóch różnych próbek.



Rys. 5. Schemat układu do badania lepkości dynamicznej, 1 – pojemnik z badaną próbką, 2 – obrotowy trzpień, r – promień trzpienia, R – promień pojemnika na próbkę [8]

Lepkość dynamiczna metodą stożek i płytka

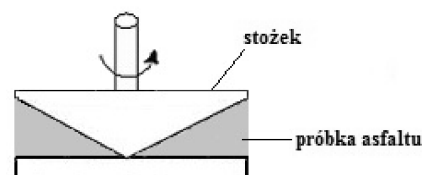
Metodę oznaczania lepkości dynamicznej asfaltów modyfikowanych polimerami z zastosowaniem lepkościomierza stożek-płytki, w różnych zakresach temperatury, przedstawiono w normie PN-EN 13702. W metodzie tej próbka asfaltu umieszczana jest na płytce, stożek dociskany do próbki, a nadmiar lepiszcza usuwany. Cały układ doprowadzany jest do temperatury badania i utrzymywany w niej przez 15 minut. Na rysunku 6 przedstawiono układ pomiarowy stożek i płytka.

Do badania lepkości dynamicznej wykorzystywany jest lepkościomierz stożek i płytka, o następujących minimalnych parametrach:

- zakres szybkości ścinania: $5 \cdot 10^{-2} \div 5 \cdot 10^2 \text{ s}^{-1}$,
- zakres lepkości: $5 \cdot 10^{-2} \div 10^5 \text{ Pa} \cdot \text{s}$,
- zakres temperatur: od $60 \div 150^\circ\text{C}$.

Badanie polega na wyznaczeniu momentu obrotowego przy zadanej szybkości ścinania.

Dla każdej temperatury odnotować należy wielkość



Rys. 6. Schemat układu pomiarowego stożek i płytka

stożka i szybkości ścinania. Wynik oblicza się jako średnią arytmetyczną dwóch pomiarów. Lepkość dynamiczną oblicza się według równania:

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = \frac{A \cdot M_d}{\dot{\gamma}} [\text{Pa} \cdot \text{s}]$$

w którym:

τ – naprężenie ścinające [Pa],

$\dot{\gamma}$ – szybkość ścinania [s^{-1}],

A – współczynnik stożka [m^{-3}],

M_d – moment obrotowy [N·m].

Badanie lepkości dynamicznej lepkościomierzem rotacyjnym Rheotest 2

Badanie lepkości dynamicznej prowadzono z wykorzystaniem lepkościomierza rotacyjnego typu „Rheotest 2”. Pomiar wykonywano z zastosowaniem układu współosiowych cylindrów: wewnętrznego, który stanowi obrotowy trzpień, oraz zewnętrznego, który stanowi pojemnik na próbkę. Trzpień obrotowy połączony jest wałem pomiarowym ze sprężyną śrubową, której wychylenie jest miarą momentu obrotowego działającego na ten trzpień. Trzpień obrotowy napędzany jest wielobiegunowym silnikiem synchronicznym przez dwunastostopniową przekładnię

zmienną. Umożliwia to dowolny wybór 24 różnych szybkości ścinania, w zakresie od $1/6 \text{ s}^{-1}$ do 1310 s^{-1} .

Posiadany w INiG aparat Rheotest 2 zmodernizowano, wymieniając dotychczasowy układ elektryczny odczytu momentu obrotowego na mikroprocesorowy układ elektroniczny, zdolny do współpracy z istniejącym układem potencjometrycznym. Opracowano oprogramowanie komputerowe do wizualizacji mierzonych wartości, takich jak: szybkość obrotowa, szybkość ścinania, temperatura pomiaru, lepkość dynamiczna oraz aktualnie używany układ pomiarowy.



Fot. 1. Wiskozymetr rotacyjny Rheotest 2 wraz układem termostatującym (fot. autora)

Utrzymanie stałej temperatury badania zapewniało umieszczenie pojemnika na próbkę w zbiorniku – łaźni, który jest podłączony do cyrkulacyjnego termostatu cieczowego.

Badania lepkości asfaltów prowadzono zgodnie z normą PN-EN 13302:2011, z zastosowaniem układu pomiarowego H/H o następujących parametrach:

- szybkość ścinania: $1/6 \div 146 \text{ s}^{-1}$,
- zakres lepkości dynamicznej: $2,5 \div 10^4 \text{ Pa} \cdot \text{s}$,
- stosunek wielkości promieni: $R/r = 1,2$,
- różnica między promieniami: $r - R = 5 \text{ mm}$,
- ilość badanej substancji: 17 g.

Do badań wytypowano najczęściej stosowane asfalty drogowe:

- modyfikowany polimerem – PMB 45/80-65,
- konwencjonalny – 160/220,
- konwencjonalny – 50/70.

Lepkość dynamiczną asfaltów zwykle bada się w dwóch obszarach temperatur:

- strefa eksploatacyjna, w której asfalt pracuje w nawierzchni, obejmująca zakres od około -40°C (najniższa temperatura nawierzchni) do około $+70^\circ\text{C}$ (najwyższa temperatura, którą nawierzchnia może uzyskać w temperaturze powietrza około 40°C),
- strefa technologiczna, obejmująca zakres temperatury od około 90°C (temperatura zagęszczania mieszanki) do około 180°C (temperatura produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej) [11].

Badanie lepkości dynamicznej wytypowanych asfaltów przeprowadzono w następujących temperaturach:

- 60°C – eksploatacja nawierzchni,
- 90°C – zagęszczanie mieszanki mineralno-asfaltowej,
- 135°C – pompowanie asfaltu,
- 180°C – produkcja mieszanki mineralno-asfaltowej w otaczare.

Na wykresach 1–4 przedstawiono rezultaty pomiarów lepkości dynamicznej badanych asfaltów w funkcji szybkości ścinania, w czterech wartościach temperatury: 60°C , 90°C , 135°C i 180°C .

Punkty na wykresach przedstawiają wartości średnich arytmetycznych wyników. Dla każdej badanej próbki uzyskane wyniki lepkości dynamicznej przy określonej szybkości ścinania mieszczą się w granicy powtarzalności metody PN-EN 13302. Linie są rezultatem aproksymacji wyników pomiarów z wykorzystaniem modelu potęgowego.

Analizując krzywe płynięcia obrazujące zależność lepkości dynamicznej asfaltów drogowych od szybkości ścinania, stwierdzono, że wraz ze wzrostem szybkości ścinania i temperatury lepkość dynamiczna asfaltów maleje. Można ją opisać równaniem potęgowym o postaci:

$$\eta = A\gamma^B$$

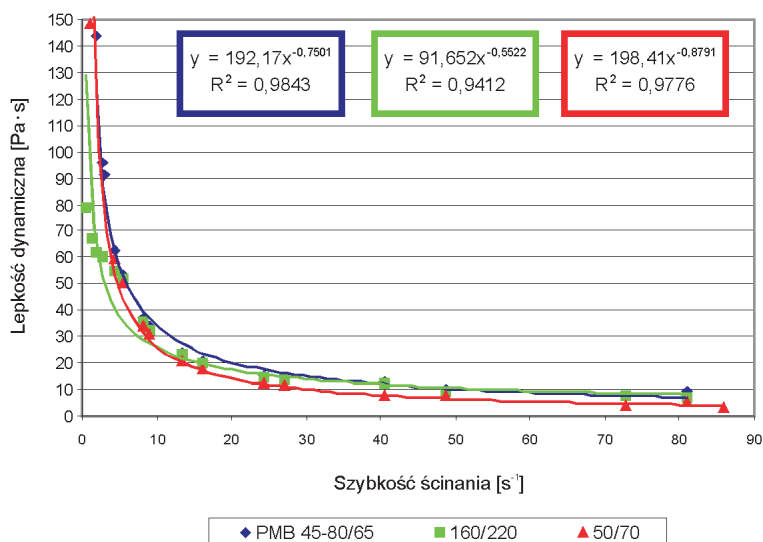
w którym:

γ – szybkość ścinania [s^{-1}],

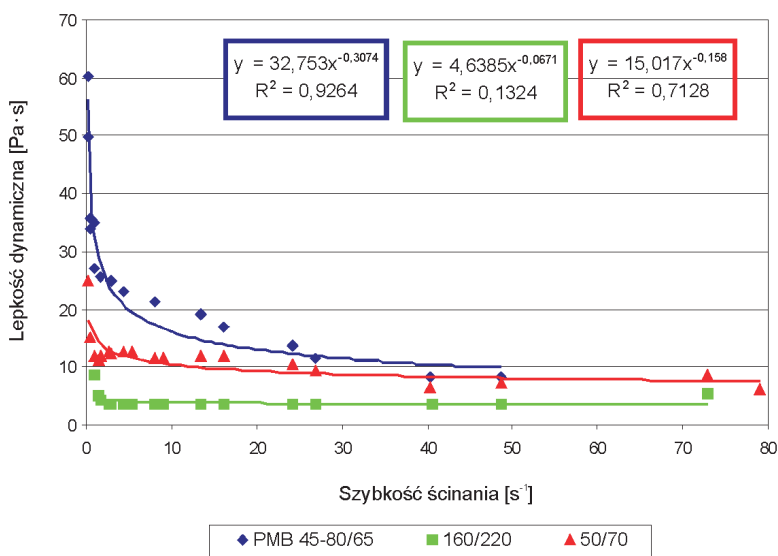
η – lepkość dynamiczna [$\text{Pa} \cdot \text{s}$],

A i B – współczynniki wyznaczone doświadczalnie.

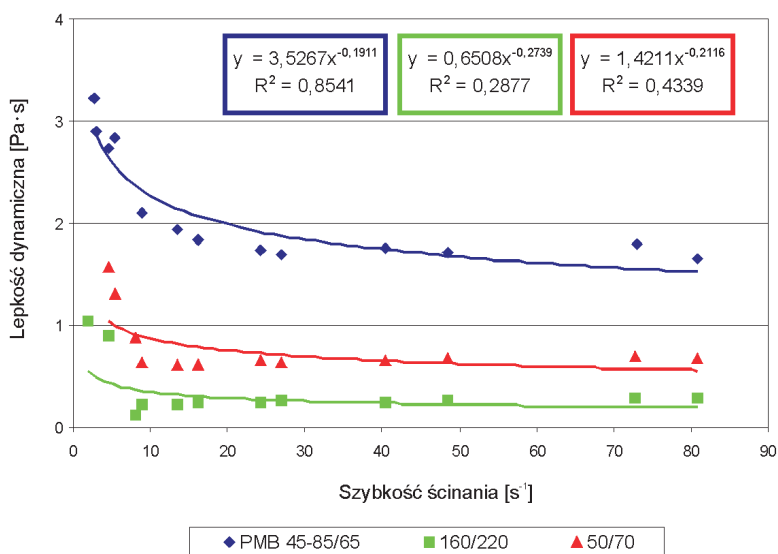
Badanie lepkości dynamicznej w temperaturze 60°C wykazało, że przy małych szybkościach ścinania wartość lepkości jest wysoka, przy zwiększaniu szybkości maleje, dążąc do pewnej stałej wartości.



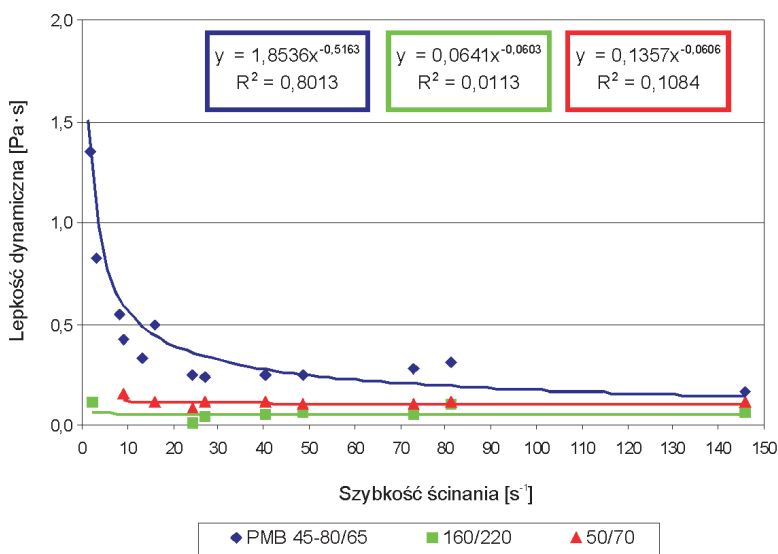
Wykres 1. Zależność lepkości dynamicznej badanych asfaltów drogowych w funkcji szybkości ścinania w temperaturze 60°C



Wykres 2. Zależność lepkości dynamicznej badanych asfaltów drogowych w funkcji szybkości ścinania w temperaturze 90°C



Wykres 3. Zależność lepkości dynamicznej badanych asfaltów drogowych w funkcji szybkości ścinania w temperaturze 135°C



Wykres 4. Zależność lepkości dynamicznej badanych asfaltów drogowych w funkcji szybkości ścinania w temperaturze 180°C

Analizując przedstawione wykresy, można zauważyć, że w przypadku asfaltów drogowych jedynie lepkość asfaltu modyfikowanego zachowuje wyraźną zależność potęgowa od prędkości ścinania, nawet w temperaturze 180°C. W pozostałych gatunkach asfaltów, różniących się znacznie penetracją i temperaturą mięknienia, przebieg tej zależności

ulega zmianom już w temperaturach wyższych niż 60°C, wykazując nieliniowość tylko przy niskich prędkościach ścinania, rzędu 5 do 10 s⁻¹.

Najwyższą lepkość w temperaturach strefy technologicznej wykazuje próbka asfaltu modyfikowanego polimerem [PMB], a najniższą asfalt drogowy 160/220.

Podsumowanie

Lepkość jest ważną cechą w kompleksowej ocenie jakości asfaltów drogowych, stosowanych jako lepszczce w mieszankach mineralno-asfaltowych w budownictwie drogowym.

Istnieją różne metody badania lepkości dynamicznej asfaltów, jednak – biorąc pod uwagę, że należą one do cieczy reologicznie złożonych – ich lepkość może się zmieniać w zależności od:

- temperatury,
- szybkości ścinania,
- czasu trwania badania,
- rodzaju metody jej wyznaczenia,
- układu pomiarowego zastosowanego w metodzie.

Wyniki lepkości uzyskane dla określonej próbki różnymi metodami są porównywalne jedynie przy zachowaniu ściśle określonych warunków pomiarowych: odpowiednio

dobranej temperatury, układu pomiarowego, prędkości ścinania i czasu badania [2].

Przeprowadzono badania laboratoryjne lepkości dynamicznej w lepkościomierzu rotacyjnym typu „Rheotest 2” wytypowanych asfaltów drogowych, w temperaturach strefy eksploatacyjnej (60°C) i technologicznej (90°C, 135°C i 180°C).

Na podstawie omówionych wyników badań stwierdzono, że reologiczny charakter asfaltów odpowiada cieczy pseudoplastycznej, rozrzedzanej ścinaniem, której lepkość maleje wraz ze wzrostem szybkości ścinania.

Badanie lepkości dynamicznej asfaltów drogowych znacznie rozszerza możliwość oceny ich właściwości użytkowych i pozwala – z dużym prawdopodobieństwem – dobrać asfalt o najlepszych właściwościach, w zależności od przeznaczenia.

Literatura

- [1] Błażejowski K., Styk S.: *Technologia warstw asfaltowych*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa 2004.
- [2] Błażejowski K., Olszacki J., Peciakowski H.: *Poradnik asfaltowy 2011*. ORLEN Asfalt. Płock 2011.
- [3] Drabent R.: *Podstawy reologii*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego. Olsztyn 2003.
- [4] Gawęł I., Kalabińska M., Piłat J.: *Asfalty drogowe*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa 2001.
- [5] Kalabińska M., Piłat J.: *Reologia asfaltów i mas mineralno-asfaltowych*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa 1982.
- [6] Norma PN-EN 12595:2009 – *Asfalty i lepszczca asfaltowe. Oznaczanie lepkości kinematycznej*.
- [7] Norma PN-EN 12596:2009 – *Asfalty i lepszczca asfaltowe. Oznaczanie lepkości dynamicznej metodą próżniowej kapilary*.
- [8] Norma PN-EN 13702-2:2009 – *Asfalty i lepszczca asfaltowe. Oznaczanie lepkości dynamicznej asfaltów modyfikowanych – Część 2: Metoda współosiowych cylindrów*.
- [9] Piłat J., Radziszewski P.: *Nawierzchnie asfaltowe*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa 2004.
- [10] Schramm G.: *Reologia. Podstawy i zastosowania*. Ośrodek Wydawnictw Naukowych PAN. Poznań 1998.
- [11] Sybilski D.: *Polimeroasfalty drogowe. Jakość funkcjonalna, metodyka i kryteria oceny*. IBDiM, Studia i materiały. Warszawa 1996, zeszyt 45.



Mgr inż. Elżbieta TRZASKA – Kierownik Laboratorium Asfaltów w Zakładzie Olejów, Środków Smarowych i Asfaltów Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie; Sekretarz Podkomitetu ds. Asfaltów Komitetu Technicznego Nr 222. Prowadzi prace naukowo-badawcze związane z opracowywaniem technologii wytwarzania asfaltów i badaniem ich właściwości.