

Elżbieta Trzaska

*Instytut Nafty i Gazu, Kraków*

## Metody badania kohezji asfaltów drogowych

W artykule przedstawiono metody oznaczania kohezji asfaltów drogowych w oparciu o normy europejskie. Omówiono zasadę wykonania oznaczenia oraz aparaturę niezbędną do jego wykonania.

### The Investigation Methods of the Road Bitumens Cohesion

The article presents the methods of the determination of road bitumens cohesion according to European Standards. The principle and apparatus required for realisation of the test metod were described.

### Wstęp

Kohezja, czyli spójność wewnętrzna lepiszcza asfaltowego, określa wzajemne przyciąganie się cząstek lepiszcza wskutek działania sił międzycząsteczkowych. Cecha ta zapewnia lepiszczu asfaltowemu zdolność przenoszenia naprężenia rozciągającego bez jego zniszczenia oraz w znacznym stopniu wpływa na odporność warstw asfaltowych na niszczące działanie czynników zewnętrznych. Niedostateczna kohezja może być przyczyną zrywania struktury lepiszcza i powstawania pęknięć nawierzchni. Z upływem czasu i w miarę dalszego działania ruchu samochodowego oraz zmiennych warunków atmosferycznych,

proces niszczenia może stopniowo postępować w głąb nawierzchni drogowej [1, 5, 14, 15].

Do oznaczania kohezji asfaltów drogowych stosuje się metody badań wymienione w tablicy 1. Metody badania kohezji służą do pomiaru jej wartości dla asfaltów drogowych; zarówno modyfikowanych, jak i niemodyfikowanych. Wymóg badania kohezji wprowadzono do normy europejskiej EN 14023:2005 dla asfaltów modyfikowanych polimerami i zatwierdzonej w Polsce jako PN-EN 14023:2009 [11] *Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Zasady klasyfikacji asfaltów modyfikowanych polimerami*.

**Tablica 1.** Metody oznaczania kohezji asfaltów drogowych

Lp.	Metoda badania	Norma
1.	Oznaczanie siły rozciągania asfaltów modyfikowanych, metoda z duktylometrem	PN-EN 13589:2008 (oryg.) [9]
2.	Pomiar ciągliwości asfaltów	PN-C-04132:1985 [6]
3.	Oznaczanie właściwości mechanicznych lepiszczy asfaltowych metodą rozciągania	PN-EN 13587:2005 (oryg.) [7]
4.	Oznaczanie kohezji lepiszczy asfaltowych metodą testu wahadłowego	PN-EN 13588:2008 (oryg.) [8]

### Metoda z duktylometrem

Badanie kohezji lepiszczy modyfikowanych według PN-EN 13589:2008 (oryg.) [9], czyli zdolności do przenoszenia naprężeń rozciągających (wydłużania), z jednoczesnym pomiarem siły, wykonywane jest w specjalnym urządzeniu pomiarowym, zwanym duktylometrem [1, 6, 7, 9].

Duktylometr (rysunek 1) składa się z:

- komory (łaźni) wodnej, o wymiarach umożliwiających jednoczesne rozciągnięcie trzech próbek tego samego asfaltu do długości 150 cm,
- urządzenia rozciągającego, napędzanego silnikiem elektrycznym, umieszczonego na komorze.



Rys. 1. Duktylometr do pomiaru siły rozciągania asfaltów według PN-EN 13589 [4]

Badanie siły rozciągania, z jej pomiarem, wykonywane jest w następujących warunkach:

- temperatura: 5°C,
- prędkość rozciągania próbki: 50 mm/min.,
- siła rozciągająca: od 1 do 300 N,
- zakres rozciągania: 400 mm [1, 9, 14].

Badanie siły rozciągania wykonuje się rozciągając trzy odpowiednio przygotowane próbki tego samego asfaltu, o kształcie jaki pokazano na rysunku 2.



Rys. 2. Kształt próbek asfaltu do badania siły rozciągania według PN-EN 13589 [4]

Formy z próbkami zamocowane są w duktylometrze w sposób przedstawiony na rysunku 3.

W przypadku zerwania próbki w trakcie wykonywania pomiaru w temperaturze 5°C, badanie wykonuje się w kolejnych temperaturach (wzrastających co 5°C), aż do osiągnięcia pełnego wydłużenia (400 mm) – bez zerwania próbki. Odnotowuje się siłę i wydłużenie. Obliczenie energii odkształcenia w J/cm<sup>2</sup> przeprowadza się zgodnie z normą PN-EN 13703:2009 [1, 6, 7, 10].

Badanie ciągliwości (wydłużenia) asfaltu można wykonać według normy PN-C-04132:1985 [6]. Została ona



Rys. 3. Sposób zamocowania próbek w duktylometrze [4]

wycofana ze zbioru Polskich Norm, jednak na życzenie klienta istnieje możliwość wykonania badania zgodnie z tą normą.

Pomiar ciągliwości polega na określeniu maksymalnej długości, do której można rozciągnąć próbkę asfaltu bez zerwania, w warunkach określonych w normie. Standardowe badanie ciągliwości asfaltu w duktylometrze wykonywane jest w temperaturze 25°C lub 15°C, z prędkością rozciągania próbki wynoszącą 50 mm/min. [6, 13].

Do badania przygotowuje się trzy próbki tego samego asfaltu, umieszczone w formach o znormalizowanych kształtach, które po umieszczeniu w duktylometrze wypełnionym wodą i po określonym czasie termostatowania poddawane są rozciąganiu. Za wynik dla danej próbki przyjmuje się jej maksymalne wydłużenie w momencie zerwania (w cm).

### Metoda bezpośredniego rozciągania

Badanie kohezji lepiszcza metodą rozciągania bezpośredniego DTT (*Direct Tension Tester*) wykonuje się wg normy PN-EN 13587:2005 (oryg.) [7]. W badaniu określa się temperaturę pęknięcia lepiszcza asfaltowego w niskiej temperaturze. Mierzy się wydłużenie niszczące, które jest miarą sprężystości lub kruchości lepiszcza

w niskiej temperaturze. Badanie to jest istotne dla asfaltów modyfikowanych, które w niskiej temperaturze wykazują większą sztywność i większe wydłużenie niszczące niż asfalty niemodyfikowane.

Do badania rozciągania bezpośredniego służy urządzenie pomiarowe zgodne z normą PN-ISO 5893:1999 [12],

która jest przywołana w pkt. 5.1. normy PN-EN 13587. Przykład takiego urządzenia (firmy Instron) przedstawiono na rysunku 4. Odpowiednie oprzyrządowanie urządzenia pomiarowego umożliwi wykonanie następujących pomiarów:



Rys. 4. Urządzenie pomiarowe do badania wydłużenia według PN-EN 13587 [3]

- siły rozciągającej przyłożonej do próbki, w zakresie 1-500 N,
- wydłużenia próbki.

Próbkę asfaltu o określonym kształcie (rysunek 5) i wymiarach rozciąga się w stałej, niskiej temperaturze, ze stałą prędkością, aż do zerwania.

Badanie wykonywane jest w następujących warunkach:

- temperatura [°C]: -20, -10, -5, 0, 5, 10, 15, 20,
- prędkość rozciągania próbki [mm/min.]: 1, 10, 50, 100, 500.



Rys. 5. Kształt próbek asfaltu do badania rozciągania według PN-EN 13587 [3]

Badanie wykonuje się na co najmniej trzech próbkach tego samego asfaltu. Obliczenie energii odkształcenia w  $J/cm^2$  przeprowadza się zgodnie z normą PN-EN 13703:2009 [10].

### Metoda testu wahadłowego

Badanie kohezji asfaltów drogowych metodą testu wahadłowego – wahadło Vialit – wykonuje się według normy EN 13588:2008 (oryg.) [8].



Rys. 6. Urządzenie pomiarowe do oznaczania kohezji metodą testu wahadłowego według PN-EN 13588 (fot. INiG Kraków)

Do oznaczania kohezji stosuje się urządzenie pomiarowe (rysunek 6) składające się z:

- podstawy, posiadającej uchwyt na zestaw badawczy, podpory podtrzymującej wahadło, blokady utrzymującej wahadło w pozycji spoczynkowej oraz osłony umożliwiającej swobodny ruch wahadła,
- wahadła o określonej masie, umocowanego w taki sposób, aby zapewnić jego swobodne wychylenie,
- urządzenia do pomiaru kąta wychylenia (po uruchomieniu wahadła i uderzeniu w sześcian), umieszczonego na podstawie.

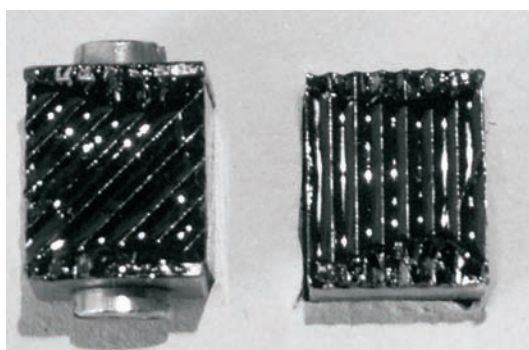
Elementami pomiarowymi są zestawy badawcze (rysunki 7 i 8) składające się z sześcianu i podstawy sześcianu, wykonane ze stali nierdzewnej według wymiarów zawartych w normie, o ząbkowanych powierzchniach, przeznaczonych do pokrycia asfaltem.

Pomiar kohezji metodą testu wahadłowego – wahadłem Vialit, polega na określeniu kąta wychylenia wahadła w momencie jego uderzenia w zestaw badawczy. Pod wpływem uderzenia oderwany zostaje sześcian; przyklejony do podstawy za pomocą warstewki lepiszcza i umieszczony w podstawie urządzenia pomiarowego.





Rys. 7. Zestaw badawczy do oznaczania kohezji metodą testu wahadłowego według PN-EN 13588 (fot. INiG Kraków)



Rys. 8. Ząbkowane powierzchnie zestawu badawczego, pokryte asfaltem [fot. INiG Kraków]

Badanie kohezji wykonuje się w zakresie temperatury od  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $+80^{\circ}\text{C}$ . Do przeprowadzenia badania należy wybrać trzy wartości temperatury, w odstępach co  $10^{\circ}\text{C}$ . W zależności od konsystencji lepiszcza w temperaturze otoczenia, dla konwencjonalnych lub modyfikowanych asfaltów drogowych badanie wykonuje się w następującej temperaturze:  $30, 40$  i  $50^{\circ}\text{C}$ . Po uzyskaniu wyników w tych trzech temperaturach wybiera się dodatkowe temperatury badania tak, aby:

- jeden wynik był mniejszy od  $0,4 \text{ J/cm}^2$  na obu końcach niskiej i wysokiej temperatury lub (jeśli wartość  $0,4 \text{ J/cm}^2$  nie została osiągnięta), aby oznaczyć wartość kohezji w  $-10^{\circ}\text{C}$  i  $80^{\circ}\text{C}$ ,
- trzy wyniki były w przedziale  $5^{\circ}\text{C}$  temperatury najwyższej kohezji,
- przynajmniej jeden wynik uzupełniający powinien znajdować się pomiędzy wartością najwyższej kohezji i od  $40$  do  $60\%$  wartości najwyższej kohezji, po obu stronach niskiej i wysokiej temperatury.

### Podsumowanie

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

Dopuszcza się też przeprowadzenie badania w innym zakresie temperatury, wybranym zgodnie z celem badania [8].

Do wykonania pomiaru kohezji w danej temperaturze należy zastosować co najmniej sześć zestawów badawczych, składających się z sześcianu połączonego z podstawą za pomocą warstewki lepiszcza. Należy zanotować wartości kąta wychylenia  $\alpha$ , uzyskane dla zestawów badawczych z lepiszczem, oraz  $\alpha'$  dla zestawów bez lepiszcza. Zestawy badawcze bez lepiszcza powstają w wyniku umieszczenia czystej podstawy zestawu badawczego w podstawie urządzenia pomiarowego i wcześniejszego umieszczenia na tej podstawie badanego sześcianu, czystą ścianką do dołu.

Na podstawie uzyskanych wyników kąta wychylenia wahadła oblicza się energię potrzebną do oderwania sześcianu umieszczonego na podstawie i przyklejonego lepiszczem do podstawy oraz energię potrzebną do oderwania sześcianu z lepiszczem, umieszczonego na czystej podstawie i nie przyklejonego do niej.

Kohezję w  $\text{J/cm}^2$  oblicza się według wzoru:

$$C = \frac{(E - E')}{s} = m g r \frac{(\cos \alpha - \cos \alpha')}{s}$$

gdzie:

- $C$  – kohezja lepiszcza oznaczona w określonej temperaturze,
- $E$  – energia potrzebna do oderwania sześcianu umieszczonego na podstawie i przyklejonego za pomocą lepiszcza do podstawy,
- $E'$  – energia potrzebna do oderwania sześcianu z lepiszczem, umieszczonego na czystej podstawie,
- $s$  – powierzchnia przzerwania [ $\text{cm}^2$ ],
- $m$  – masa wahadła [kg],
- $g$  – przyspieszenie ziemskie [ $\text{m/s}^2$ ],
- $r$  – promień środka ciężkości wahadła [m],
- $\alpha$  – kąt wychylenia wahadła po uderzeniu w sześcian, umieszczony na podstawie i przyklejony za pomocą lepiszcza do podstawy,
- $\alpha'$  – kąt wychylenia wahadła po uderzeniu w sześcian z lepiszczem, umieszczony na czystej podstawie.

Na podstawie wyników oznaczeń z badanego zakresu temperatury sporządza się wykres kohezji w funkcji temperatury i określa najwyższą wartość kohezji oraz odpowiadającą jej temperaturę.

go zastosowania asfaltu wybiera się odpowiednią metodę badania kohezji. O znaczeniu kohezji świadczy fakt

wprowadzenia tej właściwości do europejskich wymagań normowych na asfalty drogowe modyfikowane polimerami.

Recenzent: doc. dr Michał Krasodomski

## Literatura

- [1] Błażejowski K., Styk S.: *Technologia warstw asfaltowych*. WKŁ, Warszawa 2004.
- [2] Gawel I., Kalabińska M., Piłat J.: *Asfalty drogowe*. WKŁ, Warszawa 2001.
- [3] Instron; AsphaltPro™ Direct Tension Tester, Model 5525, [www.instron.jp](http://www.instron.jp).
- [4] Katalog firmy Petrotest.
- [5] Plewa A.: *Wpływ kohezji lepiszczy modyfikowanych na wybrane właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych w temperaturach eksploatacyjnych*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej; seria: Budownictwo, z. 109/2006.
- [6] PN-C-04132:1985 *Przetwory naftowe. Pomiar ciągliwości asfaltów*.
- [7] PN-EN 13587:2005 (oryg.) *Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczanie właściwości mechanicznych lepiszczy asfaltowych metodą rozciągania*.
- [8] PN-EN 13588:2008 (oryg.) *Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczanie kohezji lepiszczy asfaltowych metodą testu wahadłowego*.
- [9] PN-EN 13589:2008 (oryg.) *Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczanie siły rozciągania asfaltów modyfikowanych, metoda z duktylometrem*.
- [10] PN-EN 13703:2009 *Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczanie energii odkształcenia*.
- [11] PN-EN 14023:2009 *Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Zasady klasyfikacji asfaltów modyfikowanych polimerami*.
- [12] PN-ISO 5893:1999 *Urządzenia do badań gumy i tworzyw sztucznych. Badania przy rozciąganiu, zginaniu i ściskaniu (stała prędkość trawersy)*.
- [13] Radziszewski P., Kalabińska M., Piłat J.: *Ocena kohezji lepiszczy drogowych na podstawie badania ciągliwości w funkcji temperatury*. Drogi i Mosty nr 1, s. 101-113, 2002.
- [14] Styk S., Jurenc A.: *Kohezja asfaltów drogowych konwencjonalnych oraz modyfikowanych*. Zbór referatów VII Międzynarodowej Konferencji „Trwale i bezpieczne nawierzchnie drogowe”, Kielce 2001.
- [15] Sybilski D.: *Polimeroasfalty drogowe, Jakość funkcjonalna. Metodyka i kryteria oceny*. IBDiM, Studia i materiały, zeszyt 45, Warszawa 1996.



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

## ZAKŁAD NOWYCH TECHNOLOGII CHEMICZNYCH

Zakres działania:

- opracowanie i rozwijanie nowych technologii otrzymywania substancji aktywnych do pakietów dodatków do benzyn silnikowych, paliw lotniczych, olejów napędowych, biopaliw I i II generacji oraz olejów opałowych;
- opracowanie i modyfikacja technologii otrzymywania substancji aktywnych do pakietów dodatków do środków smarowych: olejów przemysłowych silnikowych, smarów plastycznych, innych cieczy technologicznych i płynów eksploatacyjnych;
- opracowanie i modyfikacja technologii otrzymywania substancji aktywnych do pakietów dodatków, stosowanych w czasie wydobycia, transportu i magazynowania ropy naftowej i gazu ziemnego;
- opracowanie, rozwijanie i wdrażanie technologii produkcji paliw stałych, ze szczególnym uwzględnieniem komponentów pochodzących ze źródeł alternatywnych (gliceryna, odpady itp.);
- badania nad wykorzystaniem nanoproduktów w przemyśle paliwowym, rafineryjnym itd., opracowywanie i doskonalenie ich technologii;
- rozwijanie i opracowywanie laboratoryjnych metod oceny własności otrzymywanych substancji.

**Kierownik:** dr Leszek Ziemiański

**Adres:** ul. Łukasiewicza 1, 31-429 Kraków

**Telefon:** 12 617-74-18

**Faks:** 12 617-75-22

**E-mail:** [leszek.ziemianski@inig.pl](mailto:leszek.ziemianski@inig.pl)