

mgr inż. Krzysztof Maciejewski  
Politechnika Świętokrzyska  
Wydział Budownictwa i Architektury  
Katedra Inżynierii Komunikacyjnej

**Wpływ rodzaju dodatku i starzenia krótkoterminowego  
na właściwości wysokotemperaturowe asfaltów drogowych przeznaczonych  
do mieszanek mineralno-asfaltowych wytwarzanych w technologii „na ciepło”  
z asfaltem spienionym wodą**

**Streszczenie**

W pracy badano wpływ procesu spieniania wodą i obniżonych temperatur technologicznych na właściwości reologiczne i funkcjonalne charakteryzujące asfalty drogowe z dodatkami, w wysokich temperaturach eksploatacyjnych nawierzchni. Jako dodatki do lepiszczy asfaltowych stosowano płynny środek adhezyjny, płynny dodatek WMA (ang. *warm-mix asphalt*) oraz dodatek WMA w postaci stałej. Wpływ obniżonych temperatur technologicznych analizowano przez poddawanie lepiszczy asfaltowych starzeniu krótkoterminowemu w aparacie RTFOT w obniżonych temperaturach.

W prezentowanej pracy przedstawiono przegląd literatury zagranicznej i krajowej dotyczącej zagadnień związanych z aktualnie stosowanymi technologiami wytwarzania mieszanek WMA wykorzystującymi dodatki do lepiszczy, mieszanek mineralno-asfaltowych oraz spienianie lepiszczy asfaltowych dodatkiem wody. Ponadto, charakteryzowano procesy starzenia zachodzące w lepiszczach asfaltowych, laboratoryjne metody symulacji procesów ich starzenia, wpływ stosowania technologii WMA na właściwości lepiszczy asfaltowych w aspekcie procesów starzenia oraz aktualnie wykorzystywane na świecie metody ich badań. Realizowane dotychczas przez innych badaczy prace traktujące o wpływie procesu spieniania na właściwości spienionych lepiszczy asfaltowych skupiały się najczęściej na badaniach lepiszczy bezpośrednio po procesie ich spieniania lub w warunkach umożliwiających oszacowanie wpływu stanu spienienia na ich właściwości. Wnioski płynące z dotychczasowych badań i analizy tych zagadnień są niejednokrotnie przeciwstawne. Ponadto często nie odnoszą się one do właściwości lepiszcza spienionego po starzeniu technologicznym, wynikającym z procesu wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej, jej transportu i wbudowania w nawierzchnię, determinujących w dużym stopniu właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej w początkowym okresie eksploatacji.

Na podstawie analizy literatury oraz wyników zrealizowanych badań wstępnych, postawiono dwie tezy: (1) o braku negatywnego wpływu procesu spieniania na właściwości funkcjonalne lepiszczy asfaltowych bazujących na asfaltach drogowych oraz, (2) że lepiszcza te poddane spienianiu reagują w podobny sposób jak lepiszcza niespienione na obniżenie temperatury starzenia krótkoterminowego odpowiadającego wytwarzaniu mieszanek mineralno-asfaltowych – metodą „na ciepło”.



Prace doświadczalne w ramach realizacji niniejszej rozprawy obejmowały badania właściwości lepiszczy asfaltowych w aspekcie procesu spieniania oraz laboratoryjnego starzenia krótkoterminowego. Analizowano ponadto wpływ wymienionych dodatków do asfaltów drogowych na ich charakterystyki spieniania. Materiałami wyjściowymi w realizowanych pracach były dwa asfalty drogowe wyprodukowane w krajowej rafinerii, zaszeregowane do klas penetracji 35/50 i 50/70.

Badania laboratoryjne podzielono na cztery etapy:

- badania wpływu dodatków na właściwości podstawowe asfaltów drogowych (penetrację w 25°C, temperaturę mięknięcia, temperaturę łamliwości) oraz funkcjonalne (oznaczane w reometrze dynamicznego ścinania DSR, m.in. sztywność wysokotemperaturową oraz parametry uzyskiwane w badaniu MSCR),
- badania spieniania lepiszczy asfaltowych przy zmiennych ilościach wody spieniającej z oznaczeniem parametrów ekspansji maksymalnej i okresu półtrwania piany asfaltowej,
- badania wpływu procesu spieniania na wysokotemperaturowe właściwości funkcjonalne lepiszczy wytworzonych na bazie asfaltów drogowych,
- badania wpływu stosowania obniżonych temperatur w starzeniu krótkoterminowym na wysokotemperaturowe właściwości funkcjonalne spienionych lepiszczy asfaltowych symulujące wytwarzanie mieszanki mineralno-asfaltowej w technologii „na ciepło”.

Zrealizowane w ramach pracy badania pozwoliły udowodnić słuszność postawionych tez badawczych. Wykazano, że proces spieniania nie miał negatywnego wpływu na właściwości wysokotemperaturowe lepiszczy asfaltowych na bazie asfaltów drogowych po laboratoryjnym starzeniu krótkoterminowym. Ponadto, zmniejszenie temperatury podczas laboratoryjnego starzenia krótkoterminowego spienionych lepiszczy asfaltowych na bazie asfaltów drogowych miało podobny wpływ na ich właściwości wysokotemperaturowe jak w przypadku lepiszczy konwencjonalnych (niespienionych).

Na podstawie dokonanych analiz stwierdzono, że w przypadku wykorzystania technologii spieniania w produkcji mieszanek WMA można stosować te same kryteria doboru lepiszczy asfaltowych, co w przypadku lepiszczy niespienionych z dodatkami obniżającymi temperatury technologiczne.



mgr inż. Krzysztof Maciejewski  
Politechnika Świętokrzyska  
Wydział Budownictwa i Architektury  
Katedra Inżynierii Komunikacyjnej

**High temperature properties of paving grade bitumens for foamed warm-mix asphalt (WMA) in terms of the used additives and laboratory short-term aging**

**Abstract**

High temperature properties of paving grade bitumens for foamed warm-mix asphalt in terms of the used additives and laboratory short-term aging.

The dissertation investigates the influence of the foaming process and reduced technological temperatures on the rheological and performance properties characterizing paving grade bitumens with additives in high pavement service temperatures. Three different bitumen additives and their impact on bitumen properties were investigated: liquid adhesive agent, liquid WMA additive and solid WMA additive (Fischer-Tropsch wax). The effect of reduced warm-mix asphalt production process temperatures was analyzed by subjecting bituminous binders to short-term aging in the rolling thin film oven test at reduced temperatures.

The presented work comprises a review of foreign and domestic literature on issues related to current WMA production techniques using additives for binders, asphalt mixtures and foaming with the addition of water. In addition, the characteristics of aging processes in asphalt binders, laboratory methods for simulating the aging processes of bituminous binders, impact of WMA technology on the properties of bituminous binders in the aspect of binder aging and current methods of asphalt binder testing were analyzed. The previous research works regarding the influence of the foaming process on the properties of foamed bituminous binders primarily were focused on the testing of binders directly after the foaming process or in conditions preserving the influence of short-term physical foaming on their properties. The conclusions drawn these studies were often contradictory, and usually do not refer to the properties of a foamed binder after short-term aging resulting from the production of a bituminous mixture, its transport and paving.

Two theses were formulated based on the analysis of the literature and the results of the preliminary tests. It was postulated that the foaming process does not have negative effects on the high temperature performance properties of paving grade bitumens. Additionally, both foamed and conventional paving grade bitumens were to exhibit similar response to the reduction of short-term aging relating to the production of asphalt mixtures in WMA technologies.

The experiments conducted as part of this work included testing of paving grade bitumen properties with addition of adhesive agent, liquid WMA additive and solid WMA additive, in the scope of the foaming process and laboratory short-term aging. In addition, the effect of these additives on the foaming characteristics of bituminous binders was analyzed.



The base materials used in the investigations were paving grade 35/50 and 50/70 bitumens produced in a domestic refinery.

The laboratory tests were divided into four stages:

- studies on the effect of additives on the basic properties (penetration at 25°C, softening point, Fraass breaking point) and high temperature performance characteristics (determined in the DSR dynamic shear rheometer, including high temperature stiffness and MSCR test parameters) of both road bitumens,
- testing of foaming properties of the bituminous binders with varying foaming water contents for determination of bitumen foam expansion ratios and half-lives,
- studies on the influence of the foaming process on the high temperature performance properties of binders made on the basis of road asphalts,
- studies on the effect of reduced temperatures in short-term aging on the performance properties of the foamed bituminous binders simulating the production of asphalt in warm-mix asphalt technology.

The research allowed to prove the proposed theses. It has been shown that the foaming process did not have a negative impact on the high temperature performance properties of paving grade bitumens with additives subjected to laboratory short-term aging. It has also been shown that the reduction of temperature during laboratory short-term aging of the foamed bituminous binders had a similar effect on their high temperature performance as in the case of conventional binders.

Based on the performed analyses, it was found that in the case of the use of foaming technology in the production of warm-mix asphalt, the same criteria for the selection of bituminous binders could be used as in the case of conventional binders with additives lowering production temperatures.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Czesław M...'.