

JUSTYNA MRUGAŁA

Kielce University of Technology

Faculty of Civil and Environmental Engineering

e-mail: mrugala@tu.kielce.pl

IMPACT OF SYNTHETIC WAX ON FOAMING CHARACTERISTICS OF ASPHALT 35/50

Abstract

The article discusses the bituminous mixtures for low temperature production and incorporation. The results of investigation of asphalt 35/50 modified with FT synthetic wax in the amount of 1.0% to 2.5% in increments of 0.5% are given. It also presents the characteristics of foamed asphalt with different contents of synthetic FT wax in order to select the optimal modifier content.

Keywords: road, foamed bitumen, mix asphalt

1. Introduction

Public awareness regarding health, environment and safety at work has increased significantly in recent years. Therefore, it is advisable to reduce the amount of pollution and energy consumption during production and incorporation of asphalt mixes. The roads are commonly used in bituminous mixtures produced with hot technology HMA (Hot Mix Asphalt), which is very energy intensive due to the fact that it is necessary to heat the mixture of ingredients: aggregate and asphalt to the required temperature to provide adequate viscosity of asphalt and the appropriate level of aggregate grains surroundings. During the production a large amount of greenhouse gases which adversely affects the environment is released. So for several years technologies have been developed that lower the temperature of the production of asphalt mixes with such technology as WMA (Warm Mix Asphalt), the HWMA technology (Warm Mix Asphalt Half) and CMA technology (Cold Mix Asphalt). Schematic temperature range of production for different types of asphalt mixes are presented in Figure 1. There are two ways of lowering the temperature of production and incorporation of mineral mix asphalt:

- through measures that reduce the viscosity of bitumen, which lowers the temperatures of the production of mineral mix asphalt, i.e. Sasobit, Asphaltab B, RT Cecabase etc.;
- the modification process, i.e. LT-Asphalt Nynas, Shell WAM-Foam, LEA-Low Energy Asphalt etc.

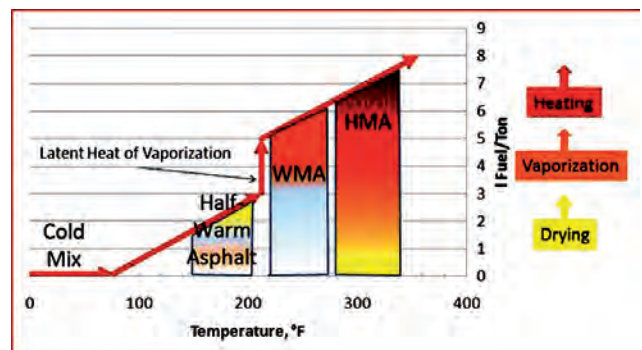


Fig. 1. Temperature production of asphalt mixes [3]

The fundamental differences in technology HMA and technologies (WMA) can be counted:

- temperature reduction in producing mineral mix asphalt for technology HMA;
- reduction in the level of aging the asphalt to the temperature limit in the manufacturing process;
- slowdown in cooling the mixture at low temperatures due to the small difference in temperature in the system mixture-air;
- prolongation of the effective laying and, thus, improvement in the quality of pavement performance;
- reduction of cooling time to a level at which you can enter traffic;
- improvement of the safety of workers;
- reduction of harmful emissions;
- reduction of the energy needed to bring the asphalt binder to the desired viscosity level;
- reducing a nuisance of an asphalt plant near inhabited areas.

2. Characteristics of foamed bitumen

In 1957 prof. L. Csanyi developed the technology with foamed bitumen. In 1968 Mobil Oil Corporation has patented his own method of asphalt foaming, 1991 after the expiry of patents Mobil, there was an evaluation of technology mixed with foamed bitumen.

The physical properties of the asphalt foam is evaluated based on two parameters [4, 9]:

- the expansion ratio (WE), which is the ratio of the maximum volume of the foamed bitumen to the volume of the initial asphalt, defining a multiple increase in the asphalt during its foaming;
- half-life ($t_{1/2}$) is the time measured in seconds for foamed bitumen the time for half of the maximum volume, i.e. the difference between the time at which the bitumen is characterized by a maximum time of foaming, which is kept at half maximum even after the expansion of its volume.

Between these parameters, there is a correlation coefficient of expansion inversely proportional to the half-life (Fig. 2).

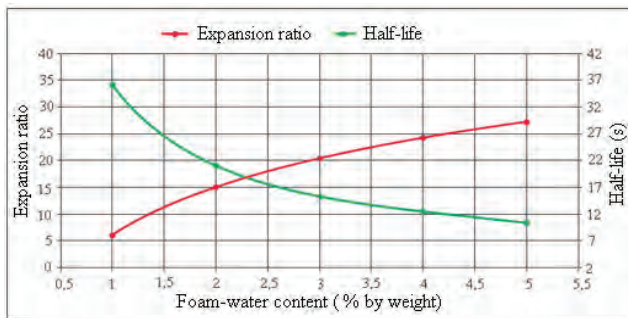


Fig. 2. Dependence of expansion of asphalt and its half-life period, the amount of water [9]

The expansion and the half-life depend on the type and grade of asphalt, as well as the amount of water dispensed during foaming. The greater the degree of expansion, the lower the viscosity of the asphalt.

The expansion and the half-life are affected by the following factors:

- the addition of water
- the type of asphalt
- origin of asphalt
- temperature of the asphalt
- asphalt and water pressure
- additives.

A schematic diagram of the formation of the expansion ratio and half-life time of foam asphalt is shown in Figure 3.

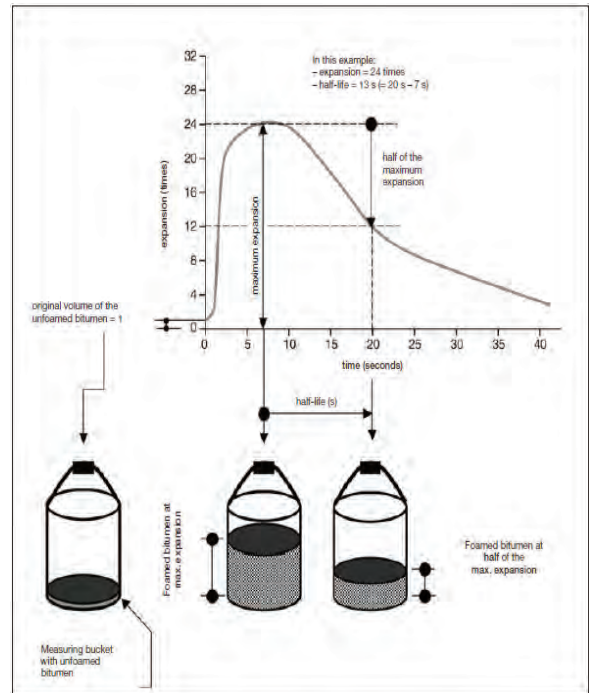


Fig. 3. Scheme of formation of asphalt and expanding its half-life period [9]

So far technologies developed such as WAM Foam, LEA based on several stages of production. Diagram of the manufacture of mixtures WAM Foam is shown in Figure 4.

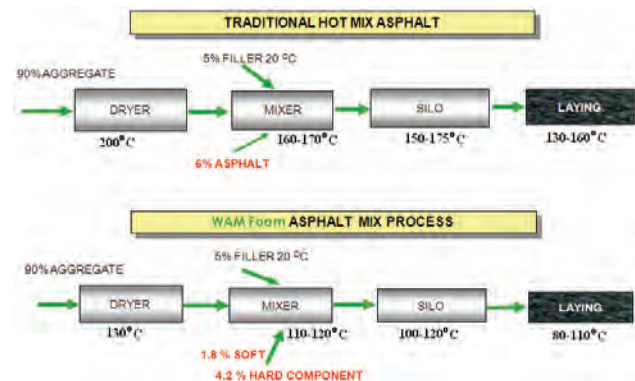


Fig. 4. Schematics of the typical process conditions [6]

The production of cycle mineral mix asphalt WAM Foam technology is shown in Figure 5.

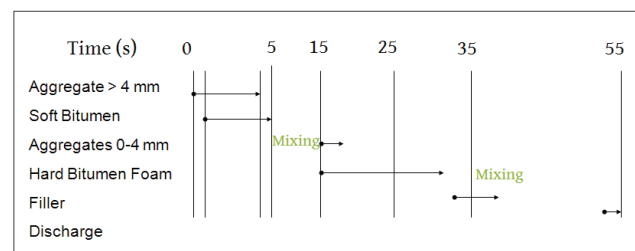


Fig. 5. WAM Foam production cycle [6]

In order to produce such a mixture, a minor modification of Plant Asphalt Mixture is necessary by use of a device for foaming of the asphalt. Another method of preparing compounds of the reduced temperature is to use a synthetic wax Fischer-Tropsch (FT). This product is a synthetic, long-chain hydrocarbon derived from the CO₂ and H₂ in the Fischer-Tropsch synthesis. It has a greater length of the hydrocarbon chains and the crystal structure finer. Paraffin hydrocarbon chains of naturally occurring asphalt contain from 15 to 50 carbon atoms, while in the FT synthetic wax, this number varies from 40 to 115 Adding to the FT wax reduces the viscosity of the asphalt. The Figure 6 shows the FT synthetic wax granules.



Fig. 6. Synthetic wax F-T granules

3. The research program

The scope of research included two stages:

- I. The study of the basic parameters of asphalt and 35/50 with the addition of F-T synthetic wax:
 - penetration by PN-EN 1426
 - softening point by PN-EN 1427
 - breaking point by PN-EN 12593.
- II. Determination of foaming characteristics of bitumen 35/50 modified synthetic FT wax:
 - expansion ratio
 - half-life.

In order to determine the optimum amount of wax in the first synthetic stage is necessary to basic research of asphalt binder 35/50 modified FT synthetic wax in an amount of from 1.0% to 2.5% in increments of 0.5% was conducted. Basic properties of bitumen 35/50 modified FT wax are given in Figures 7, 8, 9.

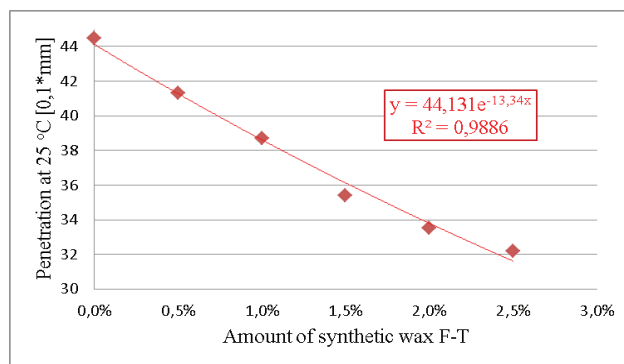


Fig. 7. Dependency of penetration of bitumen 35/50 on the amount of F-T synthetic wax

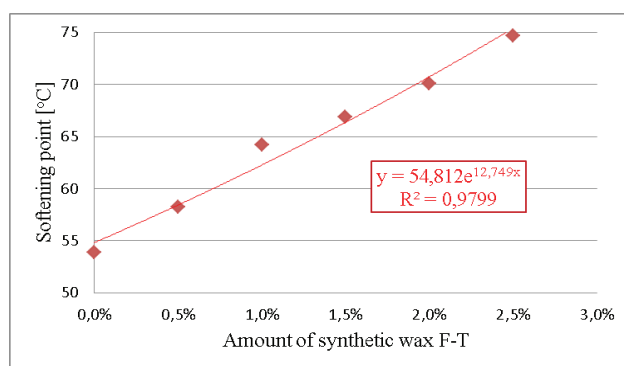


Fig. 8. Dependency of the softening point of bitumen 35/50 on the amount of F-T synthetic wax

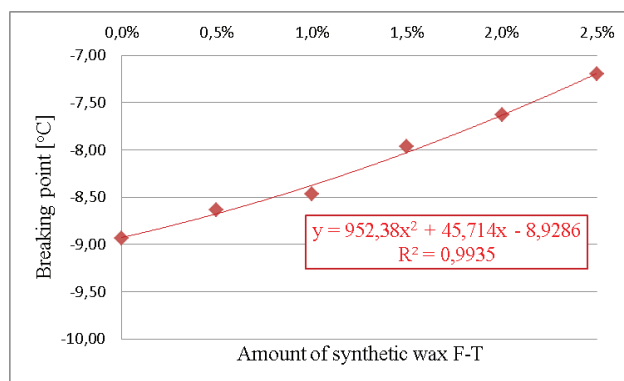


Fig. 9. Dependency of the breaking point of bitumen 35/50 on the amount of F-T synthetic wax

It can be seen that an increase in the modifier causes an increase the softening point and at the same time decrease in penetration. At the wax content of 2.5% FT synthetic bitumen is characterized by penetration of the lowest value and the highest softening point.

The next element in the stage II study was to determine the characteristics of foamed bitumen that have been made for bitumen 35/50, and the same bitumen with different contents of FT synthetic wax in order to select the optimum content of the modifier. Figure 10 illustrates the foaming characteristics of the asphalt content of the modifier.

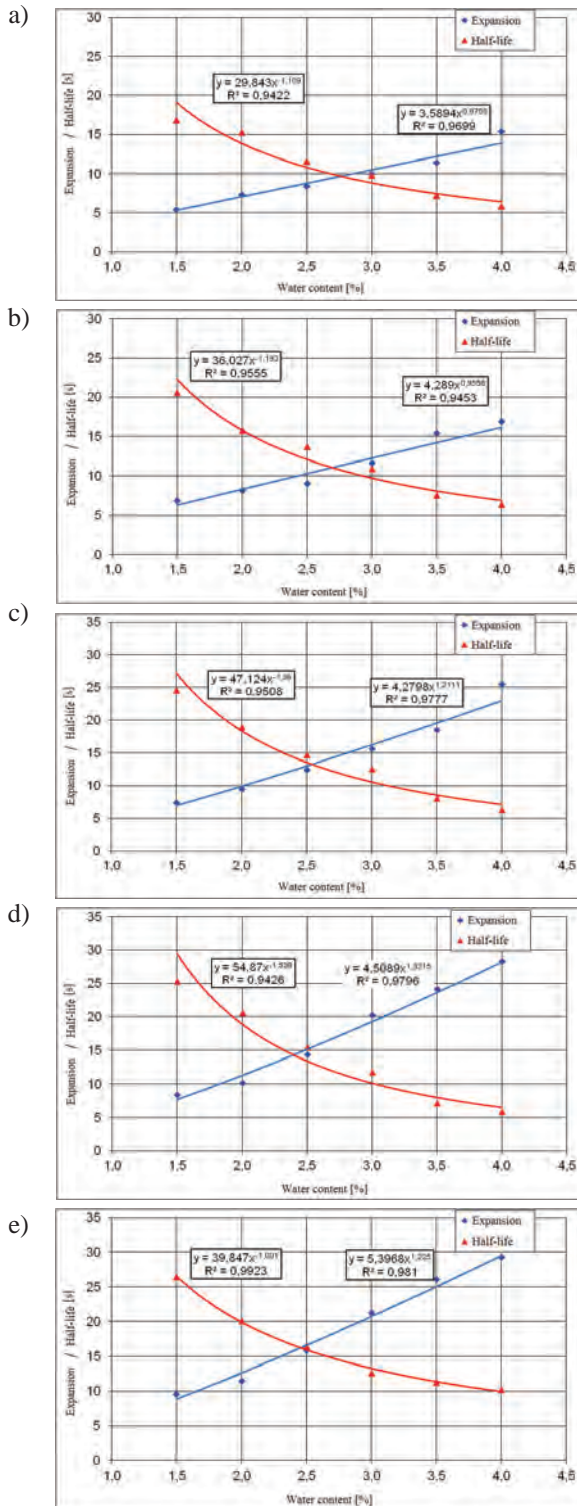


Fig. 10. Characteristic of foaming bitumen 35/50
a) without the addition of F-T wax, b) addition of 1.0% of the F-T wax, c) addition of 1.5% F-T wax, d) addition of 2.0% of the F-T wax, e) addition of 2.5% F-T wax

On the basis of the intersection of the characteristics of the foamed bitumen: the expansion index and the half-life determined optimum amount of water, which are shown in Table 1.

Table 1. Foamed bitumen parameters for the recommended water content for foaming

Kind of bitumen	Water content %	WE Expansion ratio Determined		t½ Half-life, s Required	
		Determined	Required	Determined	Required
35/50	3.0	10.17	10	8.75	8
35/50 + 1.0% wax F-T	3.0	11.65		10.84	
35/50 + 1.5% wax F-T	2.5	12.46	14.68		
35/50 + 2.0% wax F-T	2.5	14.38	15.41		
35/50 + 2.5% wax F-T	2.5	15.87	16.43		

Research has shown that the best parameters of asphalt foam is characterized by 35/50 with 2.5% FT synthetic wax for optimum amount of water of 2.5%.

4. Conclusions

Basing on the research it can be seen that the use of synthetic wax before foaming process brings a positive effect on the properties of foam asphalt. That could help reduce the production and compaction temperatures of asphalt.

References

- [1] Iwański M., *Podbudowy z asfaltem spienionym*, „Drogownictwo” 2/2006.
- [2] LT-Asphalt: *LT-Asfalt – Zastosowania na zimno i na ciepło*. Nyfoam, Informacja grupy produktowej, Nynas.
- [3] Olard F., *LEA® (Low Energy Asphalts): A new generation of half-warm mix asphalts. The experience of EIFFAGE Travaux Publics*. EIFFAGE Travaux Publics Research & Development Department, LEA-CO Technical Committee, 2007.
- [4] Piłat J., Radziszewski P., *Nawierzchnie asfaltowe*, WKŁ, 2007.
- [5] Shell Bitumen: *Shell WAM FOAM PROCESS for reducing energy consumption, and emissions*, 2011.
- [6] BP: *WAM Foam: asphalt pavements at lower temperatures*, BP, WMA TWG, 2007.
- [7] Warm Mix Asphalt, National Asphalt Pavement Association, 2008
- [8] Wirtgen: *Bitumy pienne – innowacyjne spoiwo do budowy dróg*. Wirtgen, Polska, 2005.
- [9] Wirtgen: *Cold Recycling Manual*, Wirtgen GmbH, 2006.

The research was co-financed by the European Social Fund within the project “Invention - the potential of young researchers and knowledge/innovation transfer as support to key areas of the economy of Świętokrzyskie Province, identification number WND-POKL 08.02.01-26-020/1”

Justyna Mrugała

Wpływ wosku syntetycznego na parametry spieniania asfaltu 35/50

1. Wprowadzenie

Świadomość społeczeństwa o ochronie zdrowia, środowiska oraz bezpieczeństwa pracy wzrosła znacząco w ostatnich latach. W związku z tym celowe jest ograniczanie ilości zanieczyszczeń oraz zużycia energii podczas wytwarzania i wbudowywania mieszanek mineralno-asfaltowych. W drogownictwie powszechnie stosowane są mieszanki mineralno-asfaltowe wytwarzane w technologii na gorąco HMA (ang. *Hot Mix Asphalt*), które są bardzo energochłonne, z uwagi na to, że konieczne jest podgrzanie składników mieszanki: kruszywa i asfaltu do wymaganej temperatury zapewniającej odpowiednią lepkość asfaltu i właściwy stopień otoczenia ziaren kruszywa. Podczas ich produkcji wydzielana jest duża ilość gazów cieplarnianych, co negatywnie wpływa na środowisko. Dlatego od kilkunastu lat opracowywane są technologie obniżające temperaturę wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych, tj. technologia na ciepło WMA (ang. *Warm Mix Asphalt*), technologia na półciepło HWMA (ang. *Half Warm Mix Asphalt*) oraz technologia na zimno CMA (ang. *Cold Mix Asphalt*). Schemat zakresu temperatury produkcji poszczególnych rodzajów mieszanek mineralno-asfaltowych przedstawiono na rysunku 1.

Istnieją dwie możliwości obniżenia temperatury wytwarzania i wbudowywania mieszanki mineralno-asfaltowej:

- poprzez zastosowanie środków obniżających lepkość asfaltu, co powoduje obniżenie temperatury wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej, tj. Sasobit, Asphaltan B, Cecabase RT itd.;
- przez modyfikację procesu technologicznego, tj. LT-Asphalt Nynas, Shell Wam-foam, LEA – Low Energy Asphalt itd.

Do podstawowych różnic technologii na gorąco (HMA) i technologii na ciepło (WMA) można zaliczyć [2, 3, 5, 7]:

- redukcję temperatury wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej w stosunku do technologii na gorąco (HMA);

- obniżenie poziomu starzenia asfaltu z uwagi na ograniczenie temperatury w procesie wytwarzania;
- spowolnienie tempa wychładzania mieszanki w warunkach niskich temperatur z uwagi na mniejszą różnicę temperatur w układzie mieszanka–powietrze;
- wydłużenie czasu efektywnego układania i tym samym polepszenie jakości wykonania warstwy nawierzchni;
- obniżenie czasu stygnięcia do poziomu, w którym można wprowadzić ruch;
- poprawę bezpieczeństwa pracowników;
- redukcję emisji szkodliwych gazów;
- zmniejszenie ilości energii niezbędnej do doprowadzenia lepiszcza do wymaganego poziomu lepkości;
- zmniejszenie uciążliwości wytwórni mieszanek asfaltowych w pobliżu terenów zamieszkałych.

2. Charakterystyka asfaltu spienionego

W 1957 r. prof. L. Csanyi opracował technologię z asfaltem spienionym. W 1968 r. Mobil Oil Corporation opatentował własną metodę spieniania asfaltu. W roku 1991, po wygaśnięciu patentów firmy Mobil, nastąpił rozwój technologii mieszanek z użyciem asfaltów spienionych [1].

Właściwości fizyczne piany asfaltowej oceniane są na podstawie dwóch parametrów [4, 9]:

- wskaźnika ekspansji (WE), który stanowi stosunek maksymalnej objętości asfaltu po spienieniu do początkowej objętości asfaltu, określa wielokrotność zwiększenia się asfaltu podczas jego spienienia;
- okres półtrwania ($t_{1/2}$) jest to czas mierzony w sekundach dla asfaltu spienionego w chwili uzyskania połowy maksymalnej objętości, czyli różnica między czasem, w którym asfalt charakteryzuje się maksymalnym spienieniem a czasem, w którym utrzymuje się jeszcze połowa maksymalnej jego objętości po spienieniu.

Pomiędzy tymi parametrami istnieje zależność, współczynnik ekspansji jest odwrotnie proporcjonalny do czasu połowicznego życia (rys. 2).

Na współczynnik ekspansji oraz okres półtrwania ma wpływ rodzaj i gatunek asfaltu, a także ilość dozowanej wody spieniającej. Im większy będzie stopień ekspansji, tym mniejsza będzie lepkość asfaltu.

Na wskaźnik ekspansji oraz okres półtrwania mają wpływ następujące czynniki:

- dodatek wody
- rodzaj asfaltu
- pochodzenie asfaltu
- temperatura asfaltu
- ciśnienie asfaltu i wody
- dodatki.

Ideowy schemat kształtowania się współczynnika ekspansji i czasu połowicznego rozpadu piany asfaltowej przedstawiono na rysunku 3. Dotychczas opracowane technologie tj. WAM Foam, LEA opierały się na kilkuetapowej produkcji. Schemat wytwarzania mieszanek Wam Foam przedstawiono na rysunku 4. Cykl produkcyjny mieszanki mineralno-asfaltowej w technologii WAM Foam przedstawiono na rysunku 5. W celu wytworzenia takiej mieszanki niezbędna jest niewielka modyfikacja Wytwórni Mieszanek Asfaltowych, poprzez zastosowanie urządzenia do spieniania asfaltu. Inną metodą wytwarzania mieszanek o obniżonej temperaturze jest stosowanie wosku syntetycznego Fischera-Tropscha (F-T). Produkt ten to syntetyczny, długołańcuchowy węglowodór uzyskiwany z CO_2 i H_2 w procesie syntezy Fischera-Tropscha. Posiada większą długość łańcuchów węglowodorowych oraz drobniejszą strukturę krystaliczną. Łańcuchy węglowodorowe parafin występujących naturalnie w asfalcie zawierają od 15 do 50 atomów węgla, natomiast w wosku syntetycznym F-T liczba ta wynosi od 40 do 115. Dodanie wosku F-T do asfaltu powoduje obniżenie lepkości asfaltu. Na fotografii 6 przedstawiono wosk syntetyczny F-T w postaci granulek.

3. Program badań

Zakres badań obejmował dwa etapy:

- I. Badania podstawowych parametrów asfaltu oraz 35/50 z dodatkiem wosku syntetycznego F-T:
 - penetracja wg PN-EN 1426
 - temperatura mięknienia wg PN-EN 1427
 - temperatura łamliwości wg PN-EN 12593.
- II. Określenie charakterystyk spieniania asfaltu 35/50 modyfikowanego woskiem syntetycznym F-T:
 - współczynnik ekspansji
 - czas połowicznego rozpadu.

W celu określenia optymalnej ilości wosku syntetycznego w pierwszym etapie przeprowadzono podstawowe badania lepiszcza asfaltowego 35/50 zmodyfikowanego woskiem syntetycznym F-T w ilości od 1,0% do 2,5% z krokiem co 0,5%. Podstawowe właściwości asfaltu 35/50 zmodyfikowanego woskiem F-T przedstawiono na rysunkach 7, 8 i 9.

Można zauważyć, iż wzrost ilości modyfikatora powoduje wzrost temperatury mięknienia a zarazem spadek penetracji. Przy zawartości 2,5% wosku syntetycznego F-T asfalt charakteryzuje się najniższą penetracją oraz najwyższą temperaturą mięknienia.

Następnym elementem badań w etapie II było określenie charakterystyki spieniania asfaltu, które zostały wykonane dla asfaltu 35/50 oraz dla tego samego asfaltu z różną zawartością wosku syntetycznego F-T w celu wyboru optymalnej zawartości modyfikatora. Na rysunku 10 zilustrowano charakterystyki spieniania asfaltu przy danej zawartości modyfikatora.

Na podstawie przecięcia się charakterystyk asfaltu spienionego: wskaźnika ekspansji i okresu półtrwania określono optymalną ilość wody, którą przedstawiono w tabeli 1. Z przeprowadzonych badań wynika, że najlepszymi parametrami spieniania charakteryzuje się asfalt 35/50 z dodatkiem 2,5% wosku syntetycznego F-T dla optymalnej ilości wody 2,5%.

4. Podsumowanie

Technologia asfaltu spienionego w ostatnich latach rozwinęła się znacząco w związku z wprowadzeniem wymagań w zakresie emisji gazów cieplarnianych w Unii Europejskiej co sprawiło, że celowe staje się rozwijanie technologii mieszanek niskotemperaturowych.

Z przeprowadzonych badań można zauważyć, że zastosowanie wosku syntetycznego przed procesem spieniania korzystnie wpływa na właściwości piany asfaltowej, co może umożliwić obniżenie temperatury wytwarzania i zagęszczania mieszanki mineralno-asfaltowej.

„Praca współfinansowana ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Projektu „INWENCJA – Potencjał młodych naukowców oraz transfer wiedzy i innowacji wsparciem dla kluczowych dziedzin świętokrzyskiej gospodarki” o numerze identyfikacyjnym WND-POKL 08.02.01-26-020/1”.