

MAŁGORZATA CHOLEWIŃSKA¹
MAREK IWAŃSKI²

Kielce University of Technology
Faculty of Civil and Environmental Engineering
al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7
25-314 Kielce, Poland

¹ e-mail: m.cholewinska@tu.kielce.pl

² e-mail: iwanski@tu.kielce.pl

MODIFICATION OF PETROLEUM ROAD BITUMEN 50/70 WITH NATURAL ASPHALT GILSONITE

Abstract

The research and analysis presented in this paper is to assess the effect of the addition of natural asphalt Gilsonite at 5%, 10% and 15% on changes a petroleum bitumen 50/70 properties. The research area includes the study: penetration at 25°C, softening point “Ring and Ball”, Fraass breaking point and dynamic viscosity at 60°C and 135°C. The results showed a beneficial effect of the addition of natural asphalt Gilsonite on the properties of bitumen 50/70. The use of natural asphalt resulted in a reduction of penetration grade and increasing of softening point, at the same time a small change in breaking point of asphalt 50/70. Tests also showed an effective increase of the dynamic viscosity in operate temperature of 60°C, as well as temperature of 135°C.

Keywords: modification, road bitumen, natural asphalt, Gilsonite

1. Introduction

The increasing amount of traffic, increasing of axle load cars and more demands from road users in Europe and the world, sped up the development of new roads technologies and has resulted appear of modified bitumen technology.

The aim is to improve the modified asphalt performance of bituminous mixtures and life extension of the road pavement. This requires an increase in surface deformation resistance, fracture, fatigue, aging and external factors [1]. One of the modifying additives of the bitumen, which is achieved through a mixture of asphalt with improved performance characteristics, especially the increased resistance to permanent deformation, is Gilsonite [2].

Gilsonite is a natural, solid hydrocarbons extracted in the mines in the east of the state of Utah, USA. The appearance resembles coal or hard rock asphalt [3].

The production of this unique material began in 1885 when Samuel H. Gilson described the ore discovered in 1860 and named it Gilsonite. Currently, this unique mineral is used in more than 100 products, primarily in the dark paints and varnishes, toners and printing inks, drilling fluids, as a modifier for asphalt and the addition of a wide range of chemical products.

Gilsonite material is brittle and lightweight, crushed a variety of industrially and used as an additive to bitumen form in granulation 0/2 mm or in powder form. It occurs naturally in very clean condition, and because it allows him to direct dosing tank or a mixer with a bituminous mix. After dissolving the asphalt is a durable, stable solution does not undergo dissection.

This raw material in its chemical composition contains: Carbon – 84.9%, Hydrogen – 10.0%, Nitrogen – 3.3%, Sulfur – 0.3%, Oxygen – 1.4% and trace elements – 0.1%. The high content of nitrogen, an element that is chemically bound to the amide and amino groups, causes the formation of a kind of anchor to bind to the surface of the polar environment of asphalt mixture, which is more beneficial effect than, for example, use large amounts of paraffins [4]. Due to the low sulfur content Gilsonite not cause environmental pollution. It is not-carcinogenic. Large molecular weight – about 3000, which is 10 times higher than conventional asphalt products from crude oil refineries, it makes Gilsonite to behave similarly to polymers – mass of petroleum asphalt hardening while strengthening and significantly increasing their viscosity.

These advantages of Gilsonite as a modifier for bitumen have been confirmed in practical applications

in other European countries including Austria, Belgium, Finland and Slovenia. It was applied to several sections of road. In Poland, this material is still not completely understood, therefore, in this paper was carried out experiment which concerned a influence Gilsonite on bitumen 50/70 properties.

2. Methodology and test results

The research, as a input material, was used a petroleum road bitumen 50/70. Modifier – natural asphalt Gilsonite, which appears in the form of powder, was added in an amount of 5%, 10% and 15%. In this way the following samples were prepared:

- asphalt 50/70 with 5% of the natural asphalt Gilsonite,
- asphalt 50/70 with 10% of the natural asphalt Gilsonite,
- asphalt 50/70 with 15% of the natural asphalt Gilsonite.

To determine the effect of the addition of natural asphalt Gilsonite on properties of petroleum road bitumen 50/70 the following research were performed:

- penetration at 25°C, in accordance with PN-EN 1426,
- softening point “Ring and Ball”, in accordance with PN-EN 1427,
- Fraass breaking point, in accordance with BS EN 12593,
- dynamic viscosity at temperature 60°C and 135°C.

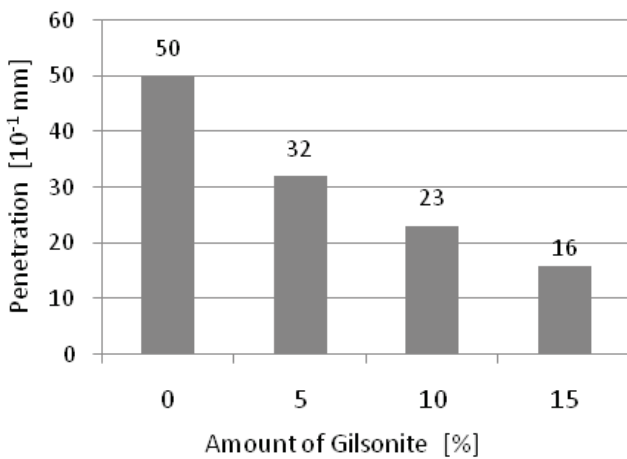


Fig. 1. Penetration value at 25°C versus Gilsonite content

Changes in the basic properties of asphalt, i.e. penetration and softening point depending on the amount of added modifier are shown in Figures 1 and 2.

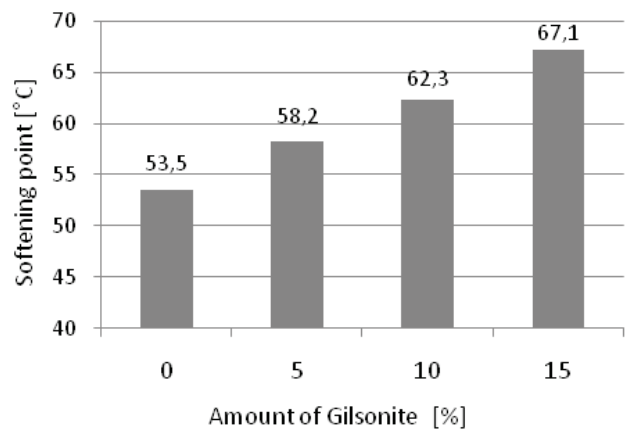


Fig. 2. Softening point “Ring and Ball” value versus Gilsonite content

The analysis results indicate that the natural asphalt Gilsonite, with an increase in its quantity, affect the changes of selected rheological characteristics of bitumen. Addition of modifier causes significant reduction in the penetration (from 50·10⁻¹mm – bitumen 50/70 to 16·10⁻¹mm – bitumen 50/70 + 15% added Gilsonite) and a proportional increase in softening point. This means that bituminous pavement made of asphalt mix with Gilsonite less susceptible to deformation of the pavement at high temperatures, in comparison with other additives, for example natural asphalt Trinidad Epuré [5].

The results of determination by means of Fraass breaking point shown in Figure 3.

As a breaking point temperature increased as level of Gilsonite get higher. However, this is just a small change in temperature, so you can consider that Gilsonite contributes to crack fracture surfaces at low temperatures.

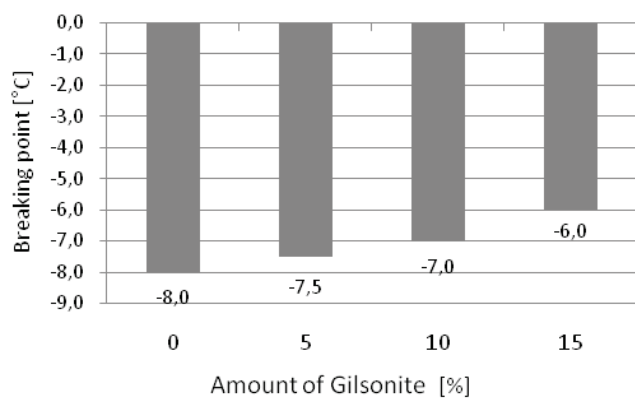


Fig. 3. Fraass breaking point versus a Gilsonite dosage

Based on the test results of penetration at 25°C, softening point and breaking point, the penetration

index PI and temperature range of plasticity TZP were calculated by using formulas [6]:

$$PI = \frac{20 \cdot T_{PIK} + 500 \cdot \lg P - 1952}{T_{PIK} - 50 \cdot \lg P + 120} \quad (1)$$

where: T_{PIK} – softening point, °C,
 P – penetration grade at 25°C, 0,1 mm.

$$TZP = T_{PIK} - T_{lam} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (2)$$

where: T_{PIK} – softening point “Ring and Ball”, °C,
 T_{lam} – Fraass breaking point, °C.

Calculation according to the formula (1) and (2) the penetration index and the temperature range of plasticity of asphalt 50/70 modified with the addition of Gilsonite shown in Figures 4 and 5.

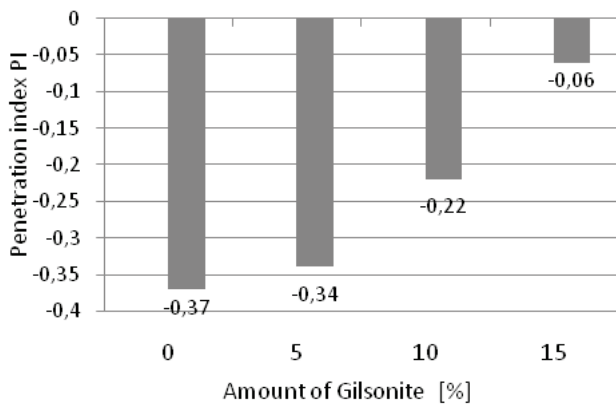


Fig. 4. Penetration index PI versus Gilsonite content

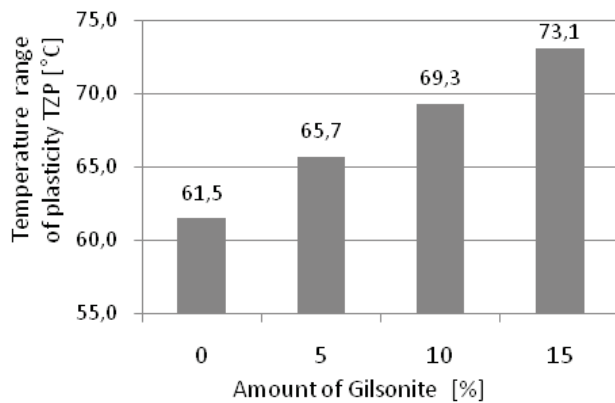


Fig. 5. Temperature range of plasticity TZP versus Gilsonite content

Analyzing the results obtained from experiments, it should be noted that increasing of Gilsonite content, cause growing of penetration index and reduce the temperature sensitivity of the bitumen. Temperature range of plasticity correlates with the penetration index value, which means that as temperature range

of plasticity increases, the penetration index also increases.

An important element of the study was to evaluate the effect of the addition of asphalt Gilsonite on the dynamic viscosity of bitumen 50/70 (Fig. 6 and 7), which is one of the most important parameters of assessment of the bitumen behavior in case of long-term load of road pavement [7].

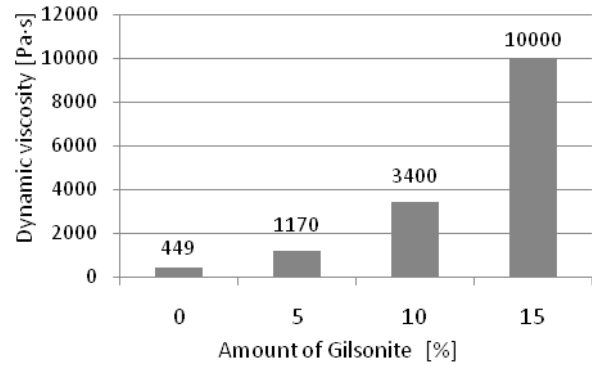


Fig. 6. Dynamic viscosity at 60°C

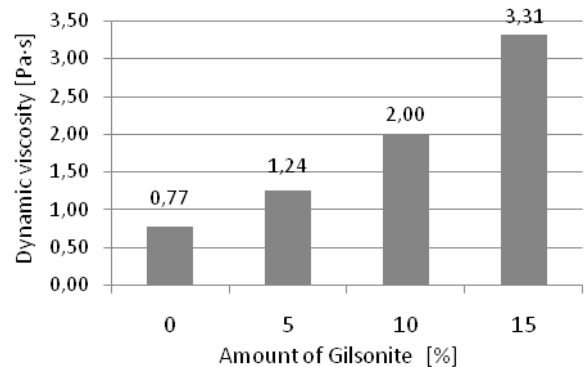


Fig. 7. Dynamic viscosity at 135°C

Based on the analysis of test results which were shown in Figure 6 and 7 it can be seen considerable increase viscosity in operation temperature of 60°C, as well as at temperature of 135°C. Particularly significant increase was noted at 60°C, where the value of dynamic viscosity of bitumen 50/70 with 15% addition of Gilsonite is 10000 Pa·s and it is over twenty times higher than the dynamic viscosity of the unmodified petroleum bitumen. Therefore, the asphalt which was made on the basis of modified bitumen will be more resistant to the deformations than using a reference unmodified bitumen.

3. Conclusions

On the basis research of road bitumen 50/70 with the addition of natural asphalt Gilsonite the following conclusions can be drawn:

1. Road bitumen 50/70 modified by natural asphalt Gilsonite was characterized by increasing of a softening point in relation to the road bitumen and lower penetration in each variant of dosage.
2. Increase in the amount of natural asphalt Gilsonite additive significantly affect the increase of the dynamic viscosity at 60°C, as well as at 135°C.
3. Modifier additive contributes to the lower thermal sensitivity of bitumen 50/70 and increasing of the penetration index values.

References

- [1] Gawęł J., Kalabińska M., Piłat J., *Asfalty drogowe*, WKiŁ, Warszawa 2001.
- [2] Błażejowski K., Styk S., *Technologie warstw asfaltowych*, WKiŁ, Warszawa 2009.
- [3] Piłat J., Radziszewski P., *Nawierzchnie asfaltowe*, WKiŁ, Warszawa 2004.
- [4] Iwański M., Mazurek G., *Odporność na oddziaływanie wody i mrozu betonu asfaltowego z modyfikatorem niskowiskozowym*, 56 Konferencja Naukowa, Krynica 2010, s. 295-302.
- [5] Grabowski W., Słowik M., Bilski M., *Ocena wpływu dodatku asfaltu naturalnego Trinidad Epuré na wybrane właściwości asfaltów drogowych*, Proc. of 56 Conf., Krynica 2010, s. 279-286.
- [6] Kalabińska M., Piłat J., Radziszewski P., *Technologie materiałów i nawierzchni drogowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
- [7] Stefańczyk B., Mieczkowski P., *Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wykonawstwo i badania*, WKiŁ, Warszawa 2008.

Małgorzata Cholewińska
Marek Iwański

Modyfikacja ponaftowego asfaltu drogowego 50/70 asfaltem naturalnym Gilsonit

1. Wstęp

Rosnące natężenie ruchu samochodowego, coraz większe obciążenie osi samochodowych oraz zwiększające się wymagania użytkowników dróg w Europie i na świecie przyspieszyły rozwój nowych technologii drogowych oraz zaowocowały powstaniem technologii asfaltów modyfikowanych.

Celem modyfikacji asfaltu jest poprawa właściwości użytkowych mieszanek mineralno-asfaltowych oraz wydłużenie okresu eksploatacji nawierzchni drogowej. Wymaga to zwiększenia odporności nawierzchni dróg na odkształcenia trwałe, pękanie, zmęczenie, starzenie oraz na oddziaływanie czynników zewnętrznych [1]. Jednym z dodatków modyfikujących do asfaltu, dzięki któremu uzyskuje się mieszanki mineralno-asfaltowe o lepszych parametrach użytkowych, przede wszystkim zwiększonej odporności na odkształcenia trwałe, jest Gilsonit [2].

Gilsonit jest naturalnym, stałym węglowodorem wydobywanym w kopalniach na wschodzie stanu Utah w USA. Z wyglądu przypomina węgiel lub twardą skałę asfaltową [3]. Produkcja tego unikalnego materiału rozpoczęła się w 1885 roku, kiedy

to Samuel H. Gilson scharakteryzował rudę odkrytą w 1860 roku i nazwał ją Gilsonitem. Obecnie ten wyjątkowy minerał jest używany w ponad 100 produktach, przede wszystkim w ciemnych farbach i lakierach, tonerach i tuszach drukarskich, płuczkach wiertniczych, jako modyfikator do asfaltu oraz dodatek w szerokim wachlarzu produktów chemicznych.

Gilsonit jest materiałem kruchym i lekkim, kruszony jest różnymi metodami przemysłowymi i stosowany jako dodatek do asfaltu destylacyjnego w postaci rozdrobnionej 0/2 mm lub w postaci sproszkowanej. W warunkach naturalnych występuje w bardzo czystym stanie, co pozwala na bezpośrednie dozowanie go do zbiornika lub mieszalnika z mieszanką mineralno-asfaltową. Po rozpuszczeniu w asfalcie stanowi trwałą, stabilny roztwór, nieulegający rozwarstwieniu.

Surowiec ten w swoim składzie chemicznym zawiera: węgiel – 84,9%, wodór – 10,0%, azot – 3,3%, siarkę – 0,3%, tlen – 1,4% oraz pierwiastki śladowe – 0,1%. Wysoka zawartość azotu, czyli pierwiastka związanego chemicznie w grupach amidowych i aminowych, powoduje tworzenie się swoistego rodzaju kotwic do wiązania powierzchni bieżunowych w śro-

dowisku mieszanek asfaltowych, co ma korzystniejszy wpływ niż na przykład zastosowanie dużej ilości parafin [4]. Ze względu na niską zawartość siarki Gilsonit nie powoduje zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Nie jest rakotwórczy. Duża masa cząsteczkowa – ok. 3000 (czyli 10 razy większa w porównaniu z konwencjonalnymi produktami asfaltowymi z ropy naftowej) powoduje, iż Gilsonit zachowuje się podobnie do polimerów – utwardza ropopochodne masy asfaltowe, jednocześnie wzmacniając i znacząco zwiększając ich lepkość.

Wymienione zalety Gilsonitu jako modyfikatora do asfaltu zostały potwierdzone w praktycznych zastosowaniach w innych krajach europejskich m.in. w Austrii, Belgii, Finlandii czy Słowenii, gdzie powstało już kilkanaście odcinków dróg z zastosowaniem mieszanek mineralno-asfaltowych z tym materiałem. W Polsce nadal materiał ten nie jest do końca poznany, dlatego podjęto próbę zbadania wpływu asfaltu naturalnego Gilsonit na właściwości asfaltu ponaftowego 50/70.

2. Metodyka oraz wyniki badań

W badaniach jako materiał wyjściowy zastosowano ponaftowy asfalt drogowy 50/70. Modyfikator – asfalt naturalny Gilsonit, występujący w postaci sproszkowanej, dodawano w ilości 5%, 10% i 15%. Przygotowano w ten sposób następujące próbki:

- asfalt 50/70 z dodatkiem 5% asfaltu naturalnego Gilsonit,
- asfalt 50/70 z dodatkiem 10% asfaltu naturalnego Gilsonit,
- asfalt 50/70 z dodatkiem 15% asfaltu naturalnego Gilsonit.

W celu określenia wpływu dodatku asfaltu naturalnego Gilsonit na właściwości ponaftowego asfaltu drogowego 50/70 wykonano następujące badania:

- penetracja w temperaturze 25°C, zgodnie z PN-EN 1426,
- temperatura mięknięcia wg metody „Pierścień i Kula”, zgodnie z PN-EN 1427,
- temperatura łamliwości wg Fraassa, zgodnie z PN-EN 12593,
- lepkość dynamiczna w temperaturze 60°C i 135°C.

Zmiany podstawowych właściwości asfaltu tj. penetracji i temperatury mięknięcia w zależności od ilości dodanego modyfikatora przedstawiono na rysunkach 1 i 2.

Analiza wyników badań pozwala stwierdzić, iż asfalt naturalny Gilsonit, wraz ze wzrostem jego ilości,

wpływa na zmiany wybranych cech reologicznych asfaltu 50/70. Dodatek modyfikatora powoduje znaczne zmniejszenie się penetracji (z $50 \cdot 10^{-1} \text{ mm}$ – asfalt 50/70 do $16 \cdot 10^{-1} \text{ mm}$ – asfalt 50/70 + 15% dodatku Gilsonitu) oraz proporcjonalny wzrost temperatury mięknięcia. Oznacza to, iż nawierzchnie wykonane z mieszanek mineralno-asfaltowych z dodatkiem Gilsonitu są mniej podatne na rozmiękanie, deformacje i zniszczenie nawierzchni w wysokich temperaturach, niż w przypadku stosowania innego dodatku – asfaltu naturalnego Trynidad Epuré [5].

Wyniki oznaczenia temperatury łamliwości wg Fraassa przedstawiono na rysunku 3.

Wartość temperatury łamliwości wraz ze wzrostem ilości dodatku asfaltu naturalnego Gilsonit nieznacznie rośnie. Jest to jednak niewielka zmiana temperatury, aby można było uznać, że Gilsonit przyczynia się do pęknięcia nawierzchni w niskich temperaturach.

Na podstawie wyników oznaczenia penetracji w temperaturze 25°C, temperatury mięknięcia oraz temperatury łamliwości obliczono wartości indeksu penetracji *PI* oraz temperaturowy zakres plastyczności *TZP* korzystając ze wzorów (1) i (2). Obliczone wg wzoru (1) i (2) wartości indeksu penetracji oraz temperaturowy zakres plastyczności asfaltu 50/70 modyfikowanego dodatkiem Gilsonitu przedstawiono na rysunkach 4 i 5.

Analizując otrzymane wyniki należy stwierdzić, iż wraz ze wzrostem ilości dodawanego Gilsonitu wartość indeksu penetracji rośnie, tym samym obniża się wrażliwość temperaturowa lepiszcza. Temperaturowy zakres plastyczności koreluje z wartością indeksu penetracji, przez co ulega wzrostowi, co oznacza, iż zwiększa się zakres temperatur, w których asfalt zachowuje właściwości lepkosprężyste.

Istotnym elementem badań była ocena wpływu dodatku asfaltu Gilsonit na lepkość dynamiczną asfaltu 50/70 (rys. 6 i 7), która jest jednym z najważniejszych parametrów oceny zachowania się asfaltu w przypadku wystąpienia długotrwałych obciążeń nawierzchni drogowych [7].

Na podstawie analizy wyników przedstawionych na rysunkach 6 i 7 można zauważyć wzrost lepkości dynamicznej oznaczonej zarówno w temperaturze eksploatacji 60°C, jak i w temperaturze wbudowania 135°C. Szczególnie znaczący wzrost widać w temperaturze 60°C, gdzie wartość lepkości dynamicznej asfaltu 50/70 z 15% dodatkiem Gilsonitu wynosi 10 000 Pa·s i jest ponad 20-krotnie wyższa od lepkości niemodyfikowanego asfaltu ponaftowego. Tym samym nawierzchnia asfaltowa wykonana

na bazie modyfikowanego asfaltu będzie bardziej odporna na powstawanie odkształceń niż kiedy stosuje się tylko asfalt zwykły.

3. Wnioski

Na podstawie wykonanych badań asfaltu drogowego 50/70 z dodatkiem asfaltu naturalnego Gilsonit można sformułować następujące wnioski:

1. Asfalt 50/70 modyfikowany asfaltem naturalnym Gilsonit charakteryzuje się wzrostem temperatury mięknięcia w porównaniu do asfaltu zwykłego oraz niższą penetracją w każdym wariantcie dozowania.
2. Wzrost ilości dodatku asfaltu naturalnego Gilsonit istotnie wpływa na zwiększenie się lepkości dynamicznej zarówno w temperaturze 60°C, jak i w temperaturze 135°C.
3. Dodatek modyfikatora przyczynia się do mniejszej wrażliwości termicznej asfaltu 50/70 i powoduje wzrost wartości indeksu penetracji.