

Možnosti hodnocení vlastností nízkoteplotních asfaltových pojiv

Norma ČSN 65 7222-3 specifikuje požadavky na speciální polymerem modifikované asfalty, mezi které se počítají zejména pojiva s přísadami pro zlepšení zpracovatelnosti asfaltových směsí vyráběných nebo hutněných při snížených pracovních teplotách. Cílem článku je ověřit možnosti aplikace některých zkoušek uvedených v této normě pro hodnocení vlastností nízkoteplotních asfaltových pojiv. Bylo zvoleno pět nízkoteplotních pojiv, u nichž byly zjišťovány empirické i funkční vlastnosti.

Klíčová slova: Asfaltové pojivo, nízkoteplotní asfaltové pojivo, dynamický smykový reometr, Blackův diagram

Snížování pracovních teplot při výrobě a pokládce asfaltových směsí je v silničním stavitelství trendem již řadu let. Snížením pracovních teplot je možné dosáhnout zejména snížení produkce skleníkových plynů a emisí a redukovat energetickou náročnost výroby asfaltových směsí, která je spojena se spotřebou paliv nutných pro vytápění celého systému [2, 3, 4]. Kromě toho mají nízkoteplotní technologie i další výhody, například možnost prodloužení stavební sezóny, možnost dopravy asfaltové směsi na větší vzdálenosti (při nesnížení pracovní teploty), možnost dřívějšího uvedení asfaltové vrstvy do provozu (při rychlejším vychladnutí z nižší výrobní teploty), omezení oxidativního stárnutí asfaltového pojiva a podobně. Nevýhodou nízkoteplotních asfaltových směsí je zvýšená cena, která je zapříčiněna využitím nízkoteplotních přísad, zkrácení času nutného pro hutnění vrstvy asfaltové směsi při snížené pracovní teplotě či možné zhoršení citlivosti na vodu (v případě některých nízkoteplotních technologií). [5, 6]

Aby bylo dosaženo trvanlivosti, odpovídající trvanlivosti konvenční technologie asfaltových směsí vyráběných za horka, je nutné využít přísady, které snižují výrobní teplotu buď snížením viskozity nebo zvětšením objemu (napěněním) asfaltového pojiva, což umožní snadnější obalení kameniva pojivem při nižších teplotách. Existuje tedy několik přístupů, které je možné využít při výrobě nízkoteplotních asfaltových směsí. Jedná se zejména o snížení viskozity asfaltového pojiva využitím organických přísad (nejčastěji vosků) či o chemické přísady, které jsou schopny upravit povrchové vlastnosti kameniva, čímž dojde ke zlepšení přilnavosti k pojivu. Další možností, jak snížit pracovní teplotu, je využití technologie zpěněného asfaltu (pěnoasfaltu). [7, 8]

V České republice byly požadavky na nízkoteplotní asfaltové směsi donedávna uvedeny v předběžných technických podmínkách Ministerstva dopravy s označením TP 238 [9]. V současné době jsou tyto požadavky popsány v nové normě ČSN 73 6120 [10]. V tomto předpisu jsou uvedeny požadavky na návrh, výrobu, dopravu, pokládku, kontrolu a zkoušení nízkoteplotních asfaltových směsí, které jsou využitelné pro všechny typy asfaltových úprav aplikované v jednotlivých vrstvách konstrukce vozovky. Jedná se o směsi, které se vyrábějí a zpracovávají při teplotách nad 100 °C, přičemž dochází k využití přísad,

kteří upravují (snižují) viskozitu asfaltového pojiva, resp. směsi. Oproti běžným asfaltovým směsím u nich lze docílit dílčího snížení pracovních teplot, zpravidla v rozsahu 10 °C až 30 °C [10, 11].

Požadavky na silniční asfalty se sníženou teplotou zpracování (označení „NT“) jsou shrnuty v normě ČSN 65 7204 [12]. Předpis v tabulce 3 rozeznává tři druhy silničních asfaltů se sníženou teplotou zpracování: 20/30 NT, 35/50 NT a 50/70 NT.

Norma ČSN 65 7222-3 [13] popisuje požadavky na pět tříd polymerem modifikovaných asfaltů, obsahujících přísady pro zlepšení zpracovatelnosti asfaltových směsí (10/40-65 NT, 25/55-60 NT, 25/55-65 NT, 45/80-55 NT a 45/80-65 NT). Kromě běžných požadavků, jako je např. stanovení penetrace jehlou, bodu měknutí metodou kroužek a kulička, bodu lámavosti nebo silové a vratné duktility jsou zde uvedeny požadavky na stanovení komplexního modulu ve smyku G^* , resp. teploty T , při které je komplexní modul ve smyku roven 15 kPa, přičemž podrobný postup je uveden v příloze A dané normy. Jedná se o alternativní metodu ke zkoušce bodu měknutí, která může být podle [13] pro polymerem modifikované asfalty obsahující přísady na bázi vosků přesnější.

Druhou metodou je stanovení teploty přechodu fáze T_{pp} , která je popsána v příloze B téže normy. Postup se použije pro pojiva obsahující přísady na bázi vosků a slouží ke stanovení teploty, při níž dojde ke zřetelně odlišnému chování pojiva v důsledku smykového namáhání. Vlivem změny teploty u pojiv s obsahem organických přísad na bázi syntetických vosků dochází k výraznějšímu přechodu fáze (teplota tuhnutí vosku), která má vliv na viskoelastické chování asfaltového pojiva. Míra změny vlastností při přechodu pojiva z jedné fáze do druhé záleží na typu vosku i vlastnostech základního asfaltu [13].

Tato práce reaguje na vznik nové normy ČSN 65 7222-3 Asfalty a asfaltová pojiva – Silniční modifikované asfalty – Část 3: Speciální polymerem modifikované asfalty. Do této normy byly zahrnuty některé zkušební postupy, s nimiž je v ČR dosud málo zkušeností. Cílem článku je popsat zkušenosti s prováděním některých laboratorních zkoušek, které jsou uvedeny v příloze A (Měření komplexního modulu ve smyku) a B (Stanovení teploty přechodu fáze) normy ČSN 65 7222-3 a tyto výsledky srovnat s konvenčními metodami hodnotícími vlastnosti asfaltových pojiv.

Tabulka 1: Porovnání použitých zkušebních postupů v DSR

Zkušební postup	ČSN EN 14770	ČSN 65 7222-3 Příloha A	FGSV 720 BTSV	ČSN 65 7222-3 Příloha B
Režim zkoušky [-]	Oscilační	Oscilační	Oscilační	Rotační
Režim kontroly [-]	Smykové přetvoření	Smykové přetvoření	Smykové napětí	Smyková rychlost
Průběh měření [-]	Bodový	Bodový	Teplotní rampa	Teplotní rampa
Průměr geometrie [mm]	8 a 25	25	25	25
Tloušťka vzorku [mm]	2 a 1	1	1	1
Teplota zkoušky [°C]	10–70	30–90	20–90	150–70
Frekvence [Hz]	0,1 až 10	1,59	1,59	–
Smyková rychlost [s ⁻¹]	–	–	–	2
Teplotní krok [°C]	5,0	10,0	–	–
Teplotní gradient [°C/min]	–	–	1,2	-1,2
Výsledek měření [-]	Změřená hodnota	Průměr z 10 měření	Změřená hodnota	Změřená hodnota
Výsledek zkoušky [°C, kPa, °]	Komplexní modul ve smyku a fázový úhel	Teplota při G* = 15 kPa a fázový úhel	Teplota při G* = 15 kPa a fázový úhel	Teplota při výrazném nárůstu smykového napětí

Použité zkušební metody

Vlastnosti srovnávaných asfaltových pojiv byly hodnoceny zkouškami penetrace jehlou podle ČSN EN 1426, bodu měknutí metodou kroužek a kulička podle ČSN EN 1427 a vratné duktility podle ČSN EN 13398. Dále byly stanoveny komplexní smykové moduly a fázové úhly podle ČSN EN 14770 (teploty 10 °C až 70 °C s krokem 5 °C a frekvence 0,1 Hz až 10 Hz), podle přílohy A normy ČSN 65 7222-3 a podle německého předpisu [14], což je postup označovaný zkratkou BTSV. V současnosti se pro tuto zkoušku zpracovává evropská norma s označením prEN 17643. V neposlední řadě byly určeny teploty přechodu fáze podle přílohy B normy ČSN 65 7222-3.

Příloha A normy ČSN 65 7222-3 čerpá z německého předpisu [15]. Měření se provádí v dynamickém smykovém reometru (DSR) s geometrií průměru 25 mm a tloušťkou vzorku 1 mm v oscilačním režimu s frekvencí 1,59 Hz v diskretních teplotních krocích, maximálně po 10 °C v teplotním intervalu 30 °C až 90 °C. Využívá se režim řízeného přetvoření. Následně se interpolací stanoví teplota, při které je komplexní modul ve smyku roven hodnotě 15 kPa.

Při zkoušce BTSV se v DSR také zjišťuje teplota pro komplexní smykový modul 15 kPa při frekvenci 1,59 Hz, ovšem využívá se režimu teplotní rampy (spojitý teplotní nárůst) s gradientem 1,2 °C/min v teplotním rozsahu 20 °C až 90 °C. Geometrie zkoušky (tloušťka vzorku, průměr geometrií) zůstává nezměněna, ovšem rozdíl oproti předchozí metodě je v tom, že se využívá režim řízeného smykového napětí s hodnotou 500 Pa.

V příloze B normy ČSN 65 7222-3 je uveden postup, pomocí kterého je možné určit teplotu přechodu fáze nízkoteplotních polymerem modifikovaných asfaltů, která je zapříčiněna tuhnutím přísady na bázi vosku. Při zkoušce se zvolí v DSR rotační režim se smykovou rychlostí 2 s⁻¹, přičemž se vzorek ochlazuje z teploty 150 °C na 70 °C rychlostí 1,2 °C/min. Sleduje se hodnota

smykového napětí v závislosti na klesající teplotě. Výsledkem zkoušky je teplota přechodu fáze, při které začne docházet k výraznému nárůstu smykového napětí. Tato teplota se určí s využitím tečny ke grafu smykového napětí v závislosti na teplotě – jakmile se začne křivka smykového napětí odchylovat od tečny, zaznamená se teplota jako teplota přechodu fáze. Postup čerpá z německého předpisu [16]. Přehledné srovnání okrajových podmínek jednotlivých zkoušek prováděných v DSR v rámci tohoto článku je uvedeno v tabulce 1.

Použité materiály

V rámci této studie byly hodnoceny vlastnosti sedmi asfaltových pojiv od různých výrobců, z nichž čtyři byly nízkoteplotní polymerem modifikované asfalty (PMB NT), jedno nízkoteplotní nemodifikovaný silniční asfalt a pro srovnání byl využit běžný silniční asfalt a polymerem modifikovaný asfalt:

- ▶ pojivo A – PMB 25/55-55 NT (PMB NT s přísadou amidových vosků),
- ▶ pojivo B – PMB 45/80 NT (PMB NT s přísadou Fischer-Tropschových parafínů),
- ▶ pojivo C – 50/70 NT (silniční asfalt NT s přísadou Fischer-Tropschových parafínů),
- ▶ pojivo D – PMB 25/55 NT (PMB NT s přísadou Fischer-Tropschových parafínů),
- ▶ pojivo E – PMB 25/55-60 (srovnávací polymerem modifikovaný asfalt),
- ▶ pojivo F – PMB 25/55-60 NT (PMB NT – pojivo E s přísadou 0,5 % chemické nízkoteplotní přísady),
- ▶ pojivo G – 50/70 (srovnávací silniční asfalt).

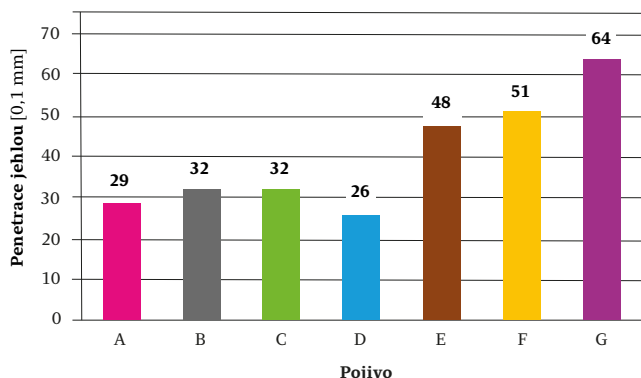
Všechna pojiva byla získána jako hotový výrobek od dodavatelů asfaltových pojiv, pouze pojivo F bylo připraveno laboratorně – do PMB 25/55-60 (E) bylo přidáno 0,5 % chemické nízkoteplotní přísady.

Výsledky zkoušek

V této kapitole jsou uvedeny výsledky empirických zkoušek i zkoušek funkčních, prováděných v zařízení DSR.

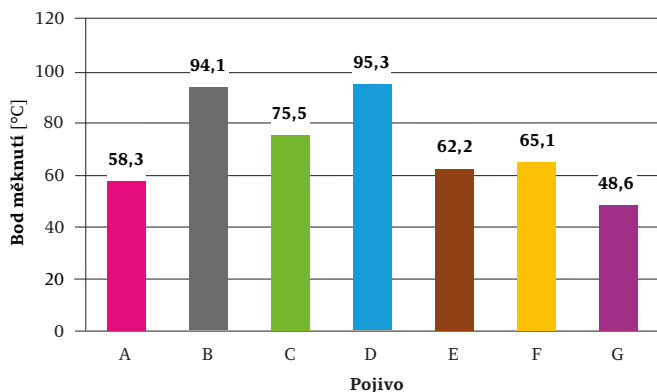
Empirické zkoušky

Výsledky stanovení hodnot penetrace jehlou srovnávaných pojiv jsou uvedeny v obrázku 1. Pojiva PMB 45/80 NT (pojivo B) a 50/70 NT (pojivo C) nedosahují hodnot penetrace definovaných ve svých označeních. Nízké hodnoty penetrací těchto dvou pojiv jsou pravděpodobně způsobeny přidávkem nízkoteplotních přísad, které při vysokých teplotách snižují viskozitu, ale při nižších teplotách můžou naopak v některých případech zapříčinit její zvýšení.



Obrázek 1: Výsledky zkoušky penetrace jehlou srovnávaných pojiv

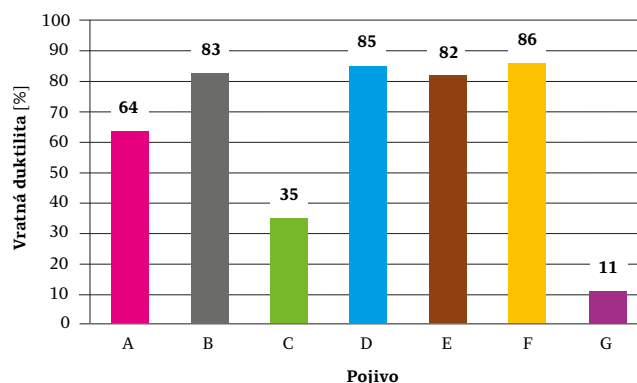
Hodnoty bodu měknutí, stanovené metodou kroužek a kulička, jsou srovnány v obrázku 2. Všechna pojiva splnila požadovaný rozsah či minimální hodnotu bodu měknutí, které jsou pro silniční asfalty a pro nízkoteplotní silniční asfalty uvedeny v ČSN 65 7204 [12], pro polymerem modifikované asfalty v ČSN 65 7222-1 [17] a pro PMB NT v ČSN 65 7222-3 [13]. Silniční asfalt nízkoteplotní (C) a PMB NT s označením B a D dosahují značně vysokých hodnot bodu měknutí, ostatní pojiva dosahují bodu měknutí do 5 °C nad minimální požadovanou hodnotu.



Obrázek 2: Výsledky zkoušky bodu měknutí srovnávaných pojiv

V obrázku 3 jsou srovnány hodnoty vratné duktility jednotlivých pojiv. Norma ČSN 65 7204 neobsahuje logicky požadavky na hodnotu vratné duktility nemodifikovaných asfaltů (konvenčních – G ani NT – C). Všechny asfalty – PMB NT i srovná-

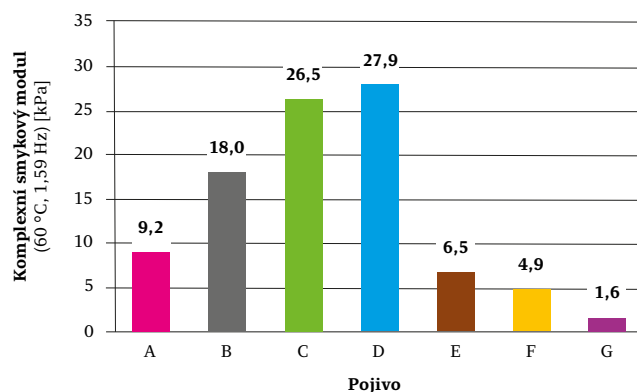
vací polymerem modifikovaný – s rezervou splnily požadavky na hodnotu vratné duktility, které jsou uvedeny v odpovídajících normách. Zajímavá byla poměrně vysoká hodnota vratné duktility silničního asfaltu 50/70 NT (C) 35 % oproti hodnotě vratné duktility srovnávacího silničního asfaltu 50/70 (G) 11 %.



Obrázek 3: Výsledky zkoušky vratné duktility srovnávaných pojiv

Komplexní smykový modul stanovený podle ČSN EN 14770

Pro stanovení komplexního smykového modulu a fázového úhlu byl použit DSR s geometrií typu deska-deska s průměrem 8 mm s tloušťkou vzorku 2 mm (teploty 10 °C až 40 °C) a s průměrem 25 mm s tloušťkou vzorku 1 mm (teploty 40 °C až 70 °C). Při měření byl nastaven frekvenční rozsah zatěžování od 0,1 Hz do 10 Hz. Srovnání hodnot komplexního smykového modulu je pro zkušební teplotu 60 °C a frekvenci zatěžování 1,59 Hz uvedeno v obrázku 4. Podle očekávání dosahoval nejnižší hodnoty komplexního smykového modulu srovnávací nemodifikovaný silniční asfalt (G). Naproti tomu nejvyšší hodnotu komplexního smykového modulu vykazoval PMB 25/55 NT (D). I přesto, že se jedná o soubor pojiv s poměrně nesourodými vlastnostmi, bylo možné mezi výsledky komplexního smykového modulu a penetrace jehlou, resp. komplexního smykového modulu a bodu měknutí najít vzájemnou závislost, koeficient determinace byl 0,65, resp. 0,69.

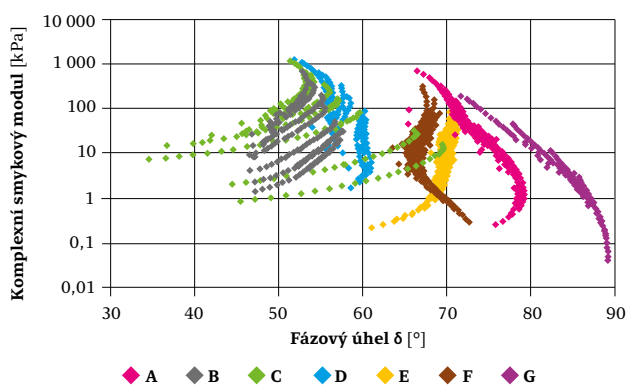


Obrázek 4: Hodnoty komplexního smykového modulu srovnávaných pojiv stanovené při teplotě 60 °C a frekvenci 1,59 Hz podle ČSN EN 14770

Na obrázku 5 jsou zaznamenány Blackovy diagramy srovnávaných pojiv, stanovené podle ČSN EN 14770 s výše uvedenými podmínkami zkoušky. Blackův diagram je závislost komplexního smykového modulu a fázového úhlu při daných okrajových

podmínkách zkoušky (teplota, frekvence). Asfaltová pojiva PMB 25/55 55 NT (A), PMB 25/55-60 (E), PMB 25/55-60 NT (F) a srovnávací silniční asfalt 50/70 (G) mají hladký průběh Blackova diagramu. Oproti tomu u ostatních pojiv (B, C a D) je patrný „široký“ průběh Blackova diagramu, což může mít vztah k vnitřní koloidní stabilitě pojiva či použité nízkoteplotní přísadě.

Srovnávací silniční asfalt (G) vykazuje obloukový tvar typický pro nemodifikované asfalty, který se ve své spodní části asymptoticky blíží k fázovému úhlu v hodnotě 90°. Ostatní pojiva (i nemodifikovaný nízkoteplotní silniční asfalt 50/70 NT označený písmenem C) dosahují zvlněného průběhu Blackova diagramu a umístění doleva směrem k nižším hodnotám fázového úhlu, což je typické pro modifikované asfalty. Dalším poznatkem je, že u asfaltu PMB 45/80 NT (B), 50/70 NT (C) a PMB 25/55 NT (pojivo D) se nachází v průbězích jejich Blackova diagramu přetržka mezi dvěma teplotami – v případě PMB 45/80 NT (B) mezi teplotami 55 °C a 60 °C, u pojiva 50/70 NT (C) je přetržka mezi 60 °C a 65 °C a u pojiva PMB 25/55 NT (D) mezi teplotami 55 °C a 60 °C. Toto chování je často typické pro pojiva obsahující plastomerní přísady. U pojiv s plastomerními přísadami může docházet k měření rozdílných reologických parametrů v závislosti na tom, zda je pojivo při zkoušce v DSR ochlazováno, nebo ohříváno.



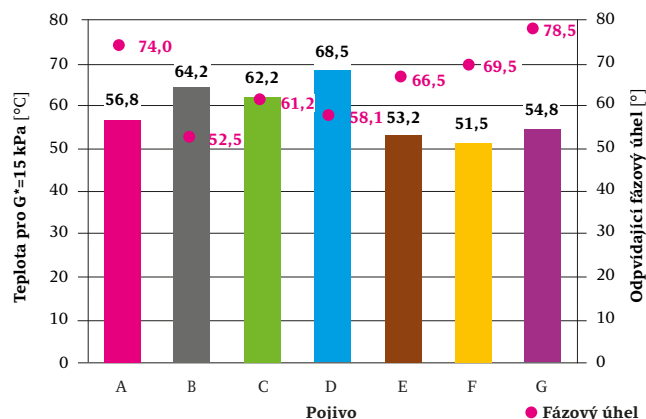
Obrázek 5: Blackovy diagramy srovnávaných pojiv stanovené na základě měření provedeného podle ČSN EN 14770

Komplexní smykový modul stanovený podle přílohy A normy ČSN 65 7222-3

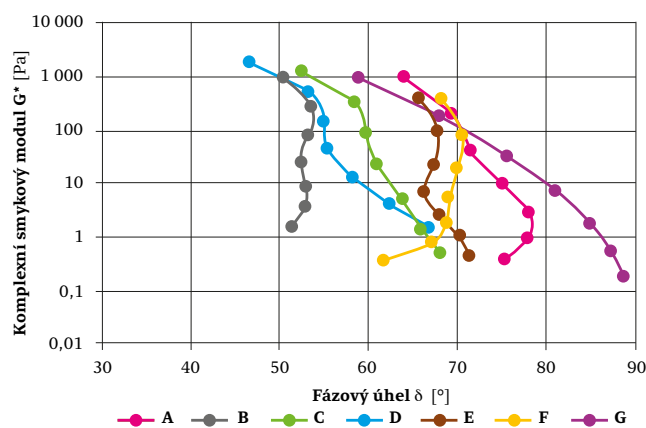
Výsledné charakteristické teploty odpovídající komplexnímu smykovému modulu v hodnotě 15 kPa a odpovídající fázové úhly jsou pro jednotlivá pojiva srovnány v obrázku 6. Pokud dosahuje pojivo určitou hodnotu tuhosti při vyšší teplotě a zároveň vykazuje nižší hodnotu fázového úhlu, znamená to, že dosahuje vyšší odolnosti vůči deformaci. Nejvyšší teplotu dosahovalo pro komplexní smykový modul pojivo PMB 25/55 NT (D) a následně PMB 45/80 NT (B) a překvapivě i 50/70 NT (C). Nejnižší charakteristickou teplotu dosahovala pojiva F, E a G. Zajímavé je rovněž srovnání Blackova diagramu, který byl vytvořen na základě měření komplexních smykových modulů a fázových úhlů podle přílohy A normy ČSN 65 7222-3 (obrázek 7). Vzhledem k tomu, že tento postup předepisuje měření pouze při jedné frekvenci, jedná se o hladké čáry.

Při srovnání Blackových diagramů uvedených v obrázcích 5 a 7 lze nalézt určitou podobnost mezi tvarem a umístěním vzá-

jemně odpovídajících si průběhů, ovšem tato podobnost není zcela dokonalá. To je zřejmě způsobeno odlišnými okrajovými podmínkami zkoušek v DSR (tabulka 1).



Obrázek 6: Teploty pro $G^* = 15$ kPa zjištěné podle přílohy A normy ČSN 65 7222-3 a odpovídající fázové úhly



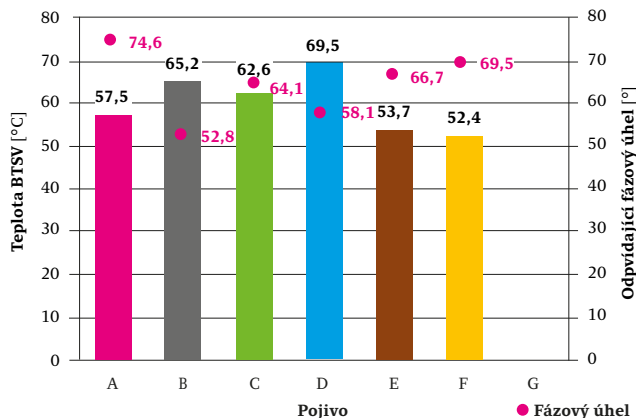
Obrázek 7: Blackovy diagramy srovnávaných pojiv stanovené na základě měření provedeného podle přílohy A normy ČSN 65 7222-3

Zkouška BTSV provedená podle FGSV 720

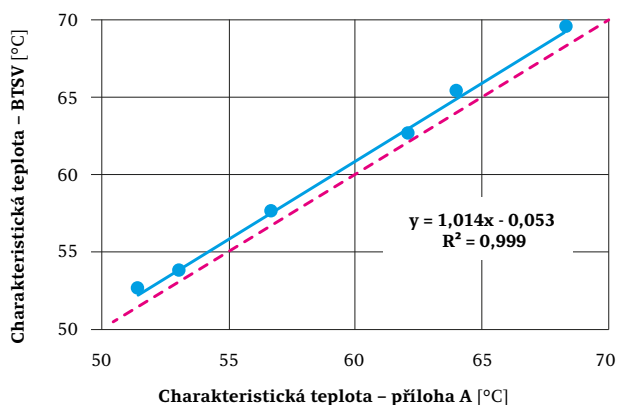
Srovnání výsledků zkoušky BTSV, čili teploty odpovídající komplexnímu smykovému modulu 15 kPa a odpovídající fázový úhel, je pro pojiva A až F uvedeno v obrázku 8. Při srovnání s obrázkem 6 je patrné, že metodou BTSV bylo dosaženo velice podobných hodnot charakteristické teploty i odpovídajících fázových úhlů jako metodou popsanou v příloze A normy ČSN 65 7222-3. Koeficient determinace je pro vzájemné porovnání charakteristických teplot 0,999 (obrázek 9) a pro fázové úhly 0,980 (obrázek 10). Metoda BTSV poskytuje mírně vyšší hodnoty charakteristické teploty (průměrně o 0,7 °C) a rovněž mírně vyšší fázové úhly (o 0,7°). Pokud se ovšem srovnají závislosti hodnoty komplexního smykového modulu a fázového úhlu na teplotě zkoušky popsané v příloze A normy ČSN 65 7222-3 a zkoušky BTSV, jsou dosaženy vzájemně větší rozdíly hodnot, což je patrné z tabulky 2 pro vybrané pojivo A. Rozdílné výsledky jsou pravděpodobně způsobeny odlišným způsobem temperace zkušební vzorku pojiva.

Blackovy diagramy pojiv A až F, vytvořené na základě postupu BTSV, jsou uvedeny v obrázku 11. Opět se jedná o hladkou křivku, protože se hodnoty zjišťují při konstantní frekvenci, a navíc

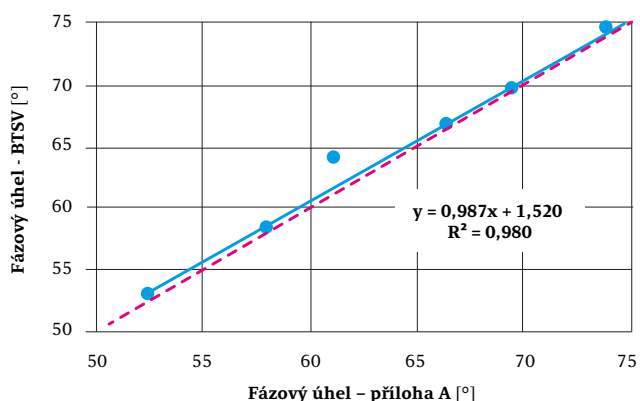
zkouška probíhá při pozvolném nárůstu teploty. Také je možné nalézt určitou geometrickou podobnost odpovídajících si průběhů ostatních dvou Blackových diagramů (obrázek 5 a 7). Tvar a umístění odpovídajících si křivek (zejména ve spodní části při nízkých komplexních smykových modulech) se ale přece jen více odchylují od křivek zaznamenaných v obrázcích 5 a 7, což je pravděpodobně způsobeno spojitým nárůstem teploty při zkoušce oproti diskretním teplotním krokům zbylých dvou postupů.



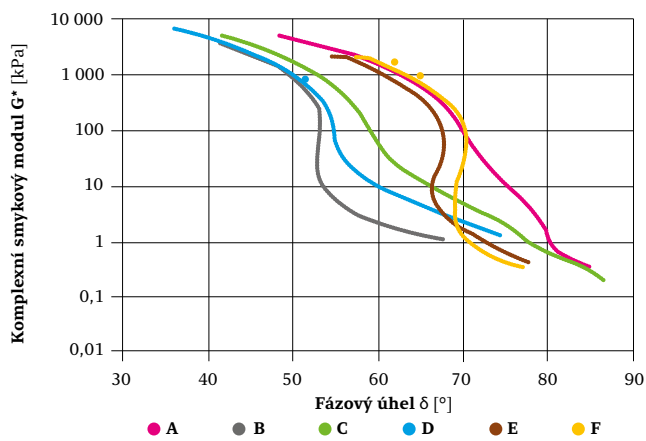
Obrázek 8: Teploty označené jako BTSV zjištěné podle FGSV 720 a odpovídající fázové úhly



Obrázek 9: Závislost charakteristických teplot získaných podle přílohy A normy ČSN 65 7222-3 a metodou BTSV



Obrázek 10: Závislost fázových úhlů získaných podle přílohy A normy ČSN 65 7222-3 a metodou BTSV

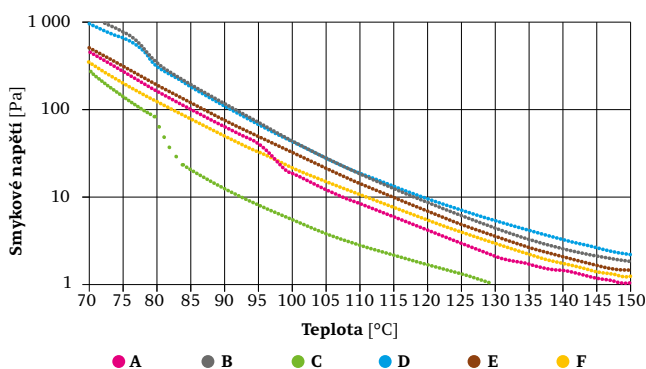


Obrázek 11: Blackovy diagramy srovnávaných pojiv stanovené při zkoušce BTSV

Stanovení teploty přechodu fáze podle přílohy B normy ČSN 65 7222-3

V obrázku 12 jsou znázorněny průběhy smykového napětí pojiv A až F, pomocí kterých je možné na základě přílohy B normy ČSN 65 7222-3 hodnotit teplotu přechodu fáze. U asfaltových pojiv, obsahujících organické přísady na bázi syntetických vosků, dochází vlivem změny teploty k výraznějšímu přechodu mezi fázemi. Druh použitého vosku a také volba základního asfaltového pojiva má zásadní vliv na viskoelastické chování asfaltů. Nízkoteplotní silniční asfalt 50/70 NT (C) dosahoval nejvýraznějšího přechodu fáze. Další asfaltová pojiva, u kterých lze pozorovat teplotu přechodu fáze, jsou PMB 25/55-55 NT (A), PMB 25/55 NT (D) a PMB 45/80 NT (B). U pojiva PMB 25/55-60 (E) logicky nenastala žádná změna fáze, jelikož se jedná o srovnávací polymerem modifikovaný asfalt bez nízkoteplotní přísady. U PMB 25/55-60 NT (pojivo F) nedošlo vlivem použité nízkoteplotní přísady k výraznému skokovému nárůstu napětí, a tím také není zřetelná teplota přechodu fáze.

Při stanovení teploty přechodu fáze lze říci, že se jedná o teplotu, při které musí být ukončena hlavní fáze hutnění asfaltové směsi. Na základě uvedeného měření je možné odhadnout teploty přechodu fáze, které jsou uvedeny v tabulce 3.



Obrázek 12: Závislost smykového napětí na klesající teplotě srovnávaných pojiv

Tabulka 2: Zjištěné teploty přechodu fáze nízkoteplotních pojiv

Pojivo A		30	40	50	60	70	80	90
Příloha A ČSN 65 7222-3	G* [kPa]	923	190	39,7	9,65	2,81	0,959	0,391
	[°]	64,3	69,6	71,7	75,3	78,1	77,9	75,3
BTSV	G* [kPa]	1321	234	45,4	10,5	2,83	0,900	0,302
	[°]	61,8	68,6	71,6	75,6	79,0	80,8	85,5

Tabulka 3: Zjištěné teploty přechodu fáze nízkoteplotních pojiv

Pojivo	Označení	Teplota přechodu fáze [°C]
PMB 25/55-55 NT	A	101
PMB 45/80 NT	B	82
50/70 NT	C	90
PMB 25/55 NT	D	83
PMB 25/55-60 NT	F	neurčitelné

V tabulce 3 normy ČSN 65 7222-3 jsou uvedeny typické oblasti teplot přechodu fáze pro hlavní druhy používaných vosků. Naměřené hodnoty přechodu fáze vybraných pojiv těmto interválům odpovídají (pro pojivo A s přísadou amidových vosků 100 °C až 120 °C a pro pojiva B, C a D s přísadou Fischer-Tropschových parafinů 80 °C až 100 °C).

Závěr

Cílem článku bylo provést srovnání vlastností vybraných nízkoteplotních pojiv podle nové normy ČSN 65 7222-3. Tato norma v přílohách A a B obsahuje poměrně nové postupy hodnotící komplexní smykové moduly nízkoteplotních polymerem modifikovaných asfaltů a teplotu přechodu fáze. Při vyhodnocení empirických vlastností srovnávaných pojiv bylo zjištěno, že dvě ze sedmi srovnávaných pojiv vykázala nižší hodnotu penetrace, než požadují odpovídající výrobní normy a že tři ze srovnávaných pojiv dosahovala značně vysokých hodnot bodu měknutí.

Hlavní náplní článku bylo srovnání komplexních smykových modulů, které byly určeny třemi metodami:

- ▶ komplexní smykový modul stanovený podle ČSN EN 14770,
- ▶ komplexní smykový modul stanovený podle přílohy A normy ČSN 65 7222-3,
- ▶ zkouška BTSV provedená podle FGSV 720.

Tyto tři postupy využívají pro zjišťování komplexních smykových modulů dynamický smykový reometr, ale okrajové podmínky jednotlivých zkušebních postupů jsou značně odlišné. Z toho také vyplývají vzájemně mírně odlišné výsledné hodnoty komplexních smykových modulů a vzájemně rozdílné tvary křivek Blackových diagramů. Z toho vyplývá, že na výsledné hodnoty komplexních smykových modulů má vliv, jaký postup stanovení se v dynamickém smykovém reometru zvolí (oscilační/rotační režim, kontrolované smykové napětí/přetvoření, diskrétní či spojitý průběh měření atd.).

V neposlední řadě byly podle přílohy B normy ČSN 65 7222-3 určeny teploty přechodu mezi fázemi nízkoteplotních pojiv.

Z pěti asfaltových pojiv, která obsahovala přísadu na bázi vosku, se u čtyř pojiv projevila náhlý nárůst smykového napětí při rotační zkoušce v dynamickém smykovém reometru. Páté pojivo (F), u kterého se přechod fáze neprojevil, pravděpodobně obsahovalo nedostatečné množství nízkoteplotní přísady nebo přísada pracuje na jiném principu, než je schopna popsat náhlá změna fáze. Uvedená norma také dává určité vodítko pro ověření typu nízkoteplotní přísady, protože je možné srovnat výslednou hodnotu teploty přechodu fáze s typickými oblastmi teplot přechodu fáze pro hlavní druhy používaných vosků.

Norma ČSN 65 7222-3 uvádí dvě inovativní metody, podle kterých je možné určit komplexní smykové moduly a teploty přechodu fáze nízkoteplotních polymerem modifikovaných asfaltů. Pro následný výzkum by bylo zajímavé zhodnotit vliv stárnutí jednotlivých nízkoteplotních pojiv na změnu jejich vlastností.

Poděkování

Článek vznikl s podporou Technologické agentury České republiky, projekt CK01000158 „Využití vyšších množství R-materiálu v asfaltových směsích s asfaltovými pojivy typu PmB“ a projekt CK01000022 „Optimalizace výroby asfaltových směsí s nadlimitním množstvím R-materiálu na obalovnách s dvouplášťovým bubnem“.

Ing. Ondřej Dašek, Ph.D., doc. Ing. Petr Hýzl, Ph.D., VUT v Brně, Fakulta stavební
Ing. Tomáš Koudelka, Ph.D., Eurovia CS, a.s.

Literatura:

- [1] Zábranský I. *Vlastnosti nízkoteplotních polymerem modifikovaných asfaltů. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav pozemních komunikací 2019.*
- [2] Valentin J., Mondschein P. *Vybrané experimentální poznatky o nízkoteplotních asfaltových směsích. Silnice železnice 2010. ISSN 1803-8441.*
- [3] Kim H., Lee S-J., Amirkhanian S. N. *Effects of warm mix asphalt additives on performance properties of polymer modified asphalt binders. Canadian Journal of Civil Engineering 2010, vol. 37(1), p. 17–24. DOI: 10.1139/L09-118.*
- [4] Edwards Y., Tasdemir Z. Butt, A. A. *Energy saving and environmental friendly wax concept for polymer modified mastic asphalt. Materials and Structures 2010, vol. 43, p. 123–31. DOI: 10.1617/s11527-010-9603-y.*
- [5] <https://eapa.org/warm-mix-asphalt/>
- [6] Diab A., Sangiorgi C., Ghabchi R., et al. *Warm Mix Asphalt (WMA) technologies: Benefits and drawbacks – a literature review. Functional Pavement Design – Erkens et al. (Eds). London 2016. ISBN 978-1-138-02924-8.*

- [7] Chmelíková M. Nízkoteplotní asfaltové směsi s vyšším obsahem R-materiálu. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební 2018.
- [8] Oner J., Sengoz B., Rija, S. F., et al. Investigation of the rheological properties of elastomeric polymer-modified bitumen using warm-mix asphalt additives. *Road Materials and Pavement Design* 2017, vol. 18(5), p. 1049–66. DOI: 10.1080/14680629.2016.1206484.
- [9] TP 238: Nízkoteplotní asfaltové směsi (NTAS). Předběžné technické podmínky. Ministerstvo dopravy 2012.
- [10] ČSN 73 6120 Stavba vozovek – Ostatní asfaltové vrstvy – Provádění a kontrola shody, 2021.
- [11] TP 238: Nízkoteplotní asfaltové směsi (NTAS). Předběžné technické podmínky. Ministerstvo dopravy 2012.
- [12] ČSN 65 7204 Asfalty a asfaltová pojiva – Silniční asfalty, 2016.
- [13] ČSN 65 7222-3 Asfalty a asfaltová pojiva – Silniční modifikované asfalty – Část 3: Speciální polymerem modifikované asfalty, 2018.
- [14] AL DSR-Prüfung (BTSV) – Arbeitsanleitung zur Bestimmung des Verformungsverhaltens von Bitumen und bitumenhaltigen Bindemitteln im Dynamischen Scherrheometer (DSR) – Teil 4: Durchführung des Bitumen-Typisierungs-Schnell-Verfahrens; FGSV 720, Ausgabe 2017.
- [15] AL DSR-Prüfung (T-Sweep) – Arbeitsanleitung zur Bestimmung der Verformungsverhaltens von Bitumen und bitumenhaltigen Bindemitteln im Dynamischen Scherrheometer (DSR) – Durchführung im Temperatursweep; FGSV 722, Ausgabe 2014.
- [16] AL DSR-Prüfung (konstante Scherrate) – Arbeitsanleitung zur Bestimmung der Phasenübergangstemperatur viskositätsveränderte Bindemittel mittels Dynamischem Scherrheometer (DSR) – Teil 3: Durchführung mit konstanter Scherrate; FGSV 721, Ausgabe 2016-08.
- [17] ČSN 65 7222-1 Asfalty a asfaltová pojiva – Silniční modifikované asfalty – Část 1: Polymerem modifikované asfalty, 2017.
- [18] ČSN EN 14770 Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení komplexního modulu ve smyku a fázového úhlu – Dynamický smykový reometr (DSR), 2013
- [19] ČSN EN 1426 Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení penetrace jehlou, 2016
- [20] ČSN EN 1427 Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení bodu měknutí – Metoda kroužek a kulička, 2016
- [21] ČSN EN 13398 Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení vratné duktility modifikovaných asfaltů, 2018

Abstract: The standard ČSN 65 7222-3 specifies the requirements for special polymer-modified bitumens, which include in particular binders with additives for improving the workability of asphalt mixtures produced or compacted at reduced operating temperatures. The aim of the article is to verify the possibilities of application of some laboratory tests, which are listed in the standard ČSN 65 7222-3 for the evaluation of the properties of low-temperature asphalt binders. Five low-temperature binders were chosen for this work, in which empirical and functional properties were determined.

Keywords: asphalt binder, low-temperature asphalt binder, dynamic shear rheometer, Black space diagram

Inzerce



KONFERENCE

ASFALTOVÉ VOZOVKY 2021

Motto: Bez kvalitních vozovek Evropu nedoženeme

Témata:

1. Zkoušení materiálů a konstrukcí vozovek
2. Výstavba, údržba a opravy asfaltových vozovek
3. Udržitelnost a oběhové hospodářství

23. – 24. listopadu 2021

České Budějovice, Dům kultury Metropol

Informace na www.asfaltove-vozovky.cz



AV '21