

Existují rozdíly v jakosti u polymerem modifikovaných pojiv stejného druhu?

(Manfred Hase a Carstev Oelkers, *Strasse + Autobahn*, č. 2/2006, str. 95 – 98)

Cílem výzkumného projektu FA 7.196 bylo optimalizovat zkušební podmínky pro dynamický smykový reometr (DSR) tak, aby mohla být silniční nemodifikovaná pojiva a pojiva modifikovaná polymery, která jsou používána v současnosti v Německu, diferencována a jejich užité vlastnosti přijatelně posouzeny a mohly být stanoveny reologické vlastnosti. Za tímto účelem je třeba zkušební podmínky pro DSR co nejvíce sjednotit a zdokumentovat v Pracovním návodu. Reologické vlastnosti úhel fázového posunu δ a komplexní smykový modul G^* , které byly stanoveny při doporučených zkušebních podmínkách, byly zaznamenány v Blackově diagramu. Tento diagram dokázal, že zkoušených 8 druhů původních a zestárých druhů pojiva lze od sebe podle reologického chování dobře odlišit a tak je tedy možné objektivně posoudit reologické chování zkoušených polymerem modifikovaných pojiv.

1. Úvod

V nedávné minulosti proběhlo v silničním stavitelství mnoho diskuzí o tom, zda použití určitého pojiva může prodloužit dobu životnosti asfaltového krytu, případně zda je možná redukce tloušťky vrstvy použitím „výkonnějšího“ asfaltu a z toho plynoucí minimalizace stavebních nákladů. Znalost materiálového chování pojiva se stává středem pozornosti.

Zadavatelé musí vycházet z toho, že se při použití např. polymerem modifikovaného pojiva stejného druhu, kdy je třeba splnit požadavky Technických dodacích podmínek TL PmB 2001, očekává podobné mechanické chování asfaltů při jinak konstantních okrajových podmínkách. Tento předpoklad představuje věcné podklady pro prognózu týkající se délky životnosti a návrhu. Je ale tento předpoklad správný?

Po zpracování výzkumného projektu FA 7.196 Společného výzkumného programu BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung – Spolkového ministerstva dopravy, stavebnictví a rozvoje měst) a FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – Výzkumné společnosti pro silniční stavitelství a dopravu) s názvem „Optimalizace zkušebně technických rámcových podmínek pro provedení a vyhodnocení výzkumu asfaltu zaměřené na funkční charakteristiky pomocí dynamického smykového reometru (DSR)“, je třeba si položit otázku, zda existují rozdíly v jakosti polymerem modifikovaného pojiva stejného druhu.

Cílem bylo optimalizovat zkušební podmínky a vyhodnotit zkoušky pomocí DSR tak, aby v Německu často používaná polymery modifikovaná pojiva a silniční asfalty byla diferencována a jejich užité vlastnosti přijatelně posouzeny.

Vypracování objektivního posouzení reologického chování materiálu od polymerem modifikovaných pojiv po znalosti reologických veličin byl hlavní úkol projektu.

Výsledky projektu i další závěry a výzkumy budou představeny v tomto příspěvku.

2. Postup

Při zkoušce oscilace (Zkouška kmitání) byly pro 8 původních pojiv a pro 8 zestárnutých pojiv (podle EN 12607-1 Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení odolnosti proti stárnutí vlivem tepla a vzduchu – Část 1: Metoda RTFOT) systematicky obměňovány následující zásadní veličiny:

- teplota T ve 4 stupních: $T = 50\text{ °C}, 60\text{ °C}, 70\text{ °C}, 80\text{ °C}$;
- frekvence f ve 3 stupních: $f = 1,59\text{ Hz}, 4,0\text{ Hz}, 6,0\text{ Hz}$;
- deformace d ve 3 stupních: $d = 4\%, 6\%, 8\%$.

Protože podle kombinace parametrů by mělo být provedeno trojitě stanovení pro použití statického způsobu vyhodnocení, vytvořilo 1728 oscilačních zkoušek základ pro další pozorování.

Následně jsou uvedeny používané druhy pojiv od různých výrobců:

- výrobce 1: silniční pojivo 70/100
- výrobce 1: silniční pojivo 30/45
- výrobce 2: PmB 25 A
- výrobce 2: PmB 45 A
- výrobce 2: PmB H
- výrobce 1: PmB 45 A
- výrobce 3: PmB 25 A
- výrobce 4: PmB H.

Zkoušky na zjištění vlivu zkušebně technických rámcových podmínek na veličiny

- komplexní smykový modul G^* [$P \cdot a$];
- úhel fázového posunu δ [$^\circ$].

byly následně nastaveny tak, že zjištěné změny výše uvedených veličin mohou být podmíněny druhem pojiva, teplotou, frekvencí a deformací, ale i jinou veličinou.

3. Analýza naměřených dat

Analýza naměřených dat byla provedena vícenásobnými variačními analýzami a regresními analýzami.

3.1 Výsledky čtyřnásobné variační analýzy

Pro původní druhy pojiv a zestárlá pojiva platily následující souvislosti:

- vliv na δ : druh $> T \gg f \gg$ deformace;
- vliv na G^* : $T \gg$ druh $\gg f \gg$ deformace.

Z toho souhrnně vyplývá silný vliv zkušební teploty. Návazně byly proto provedeny variační analýzy trojitě klasifikace.

Druhy pojiva, frekvence a deformace jsou chápány jako následné ovlivňující veličiny. Výsledky cílových veličin G^* a δ byly popsány v závislosti na zkušební teplotě.

3.2 Výsledky trojitě variační analýzy

Platí pro všechny původní i zestárlé druhy pojiva:

- vliv na δ (T): druh $\gg \gg f \gg$ deformace;
- vliv na G^* (T): druh $> f \gg$ deformace.

Neboť veličiny δ a G^* nejvíce ovlivňuje druh pojiva, bylo možné se domnívat, že různé druhy pojiva při určitých rámcových podmínkách mohou být posouzeny tak, že je možná jejich jednoznačná diferenciací.

4. Stanovení rámcových podmínek pro provedení a vyhodnocení oscilační zkoušky

Při optimální kombinaci parametrů zkušebních podmínek by měly mít na jedné straně jednotlivé zkoušky co nejmenší rozptyl a na druhé straně by se měly výsledky jednotlivých sledovaných druhů pojiv od sebe co nejvíce diferencovat, aby mohly být vypracovány rozdíly v reologickém chování materiálů jednotlivých druhů pojiva. Proto byly jako první krok sledovány součty variačních koeficientů jednotlivých kombinací parametrů, aby bylo možné znázornit rozptyl a vyhodnotit naměřené výsledky. Následně byl pomocí Blackova diagramu znázorněn a posouzen příklon výsledků týkající se rozdílných druhů pojiva v závislosti na posuzovaných kombinacích parametrů. Do Blackova diagramu byly zaznamenány známé hodnoty komplexního smykového modulu a úhlu fázového posunu pojiva při různých teplotách a frekvencích ve vzájemné závislosti v systému souřadnic $x - y$.

Kombinace parametrů teploty $T = 50$ °C a frekvence $f = 1,59$ Hz v příslušném Blackově diagramu je znázorněna na obrázku 1.

Při zkušebních podmínkách

- teplota $T = 50$ °C;
- frekvence $f = 1,59$ Hz;
- deformace $d = 6$ %

je možné zkoumaná pojiva od sebe dobře rozlišit z hlediska reologického chování materiálu.

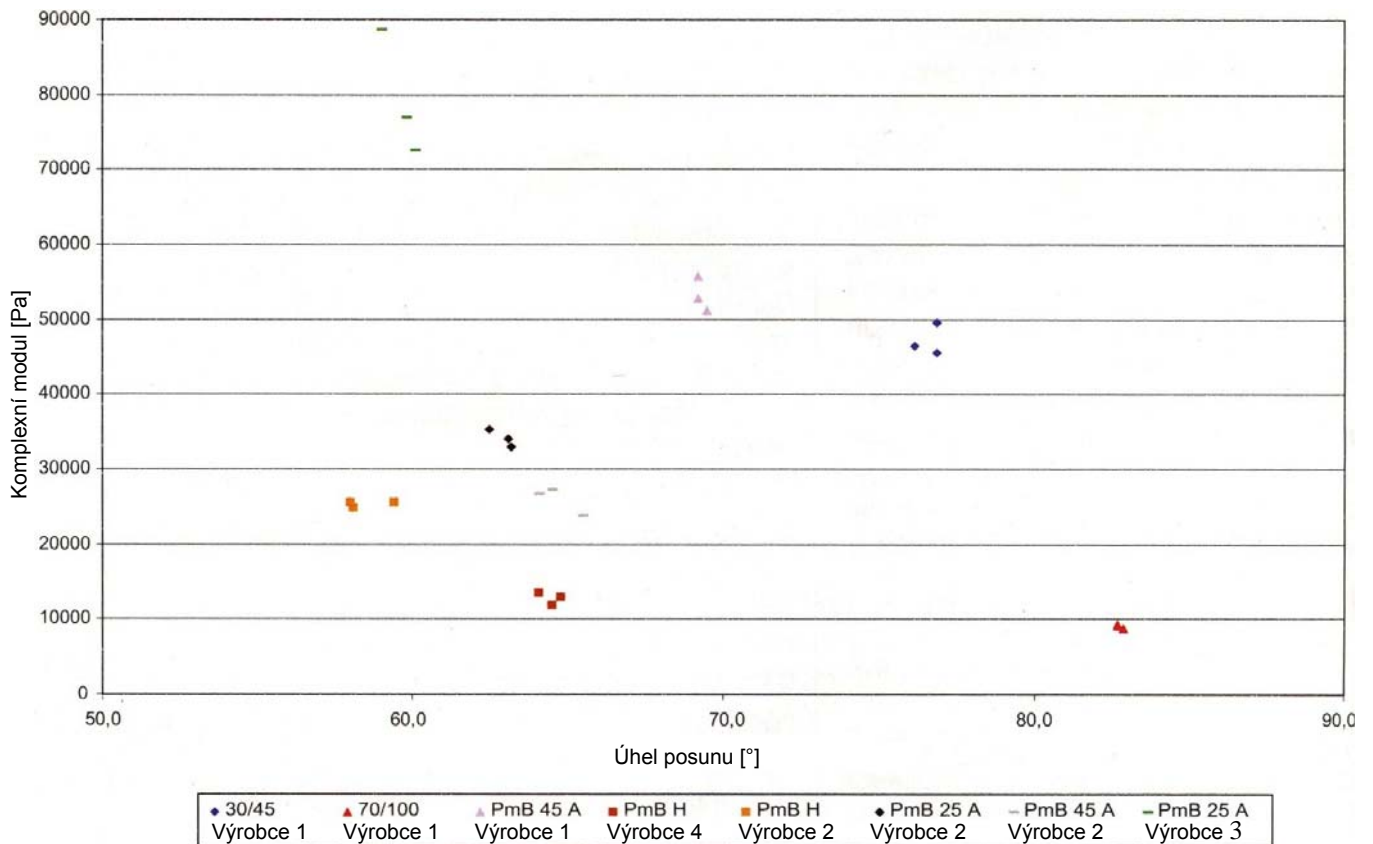
5. Následky

Po posouzení obrázku 1 jsou markantní následující aspekty:

- polymerem modifikovaná pojiva podle technických podmínek TL PmB stejného druhu vykazují rozdíly v reologickém chování materiálu;
- PmB 45 A výrobce 1 # PmB 45 A výrobce 2;
- PmB H výrobce 2 # PmB H výrobce 4.

Zde vzniká otázka, zda mají zjištěné souvislosti vliv na vlastnosti asfaltu a pokud ano, jaké?

Mohou být, např. na základě znalosti zjištěných reologických dat pojiva G^* a δ vytvořeny prognózy týkající se chování asfaltů za tepla (vysoká stabilita)? Proto byly na asfaltech provedeny další zkoušky (viz kapitola 6).



Obrázek 1 – Komplexní modul v závislosti na fázovém úhlu při variacích druhu pojiva a zkušební teplotě $T = 50\text{ °C}$ a frekvenci $f = 1,59\text{ Hz}$ (Blackův diagram)

6. Pokračující zkoušky asfaltů

Pomocí „Technických předpisů pro asfalt v silničním stavitelství (TP A-StB), Část: Zkouška v tlaku v jednoosém přístroji – Stanovení chování při trvalé deformaci asfaltových směsí hutněných za tepla“, vydány v roce 1999, lze stanovit chování při trvalé deformaci asfaltů ve vysokých provozních teplotách při simulovaném osovém dynamickém zatížení.

Kromě toho je možné posouzení chování při deformaci asfaltů ve vyšších teplotách pomocí cyklické zkoušky v tlaku podle čísla 868 „Vytváření pozadí pro hodnocení k prognostice stability asfaltu pomocí cyklické zkoušky v tlaku – hlavní fáze“ v řadě spisů „Výzkum silničního stavitelství a inženýrství silniční dopravy“ (2003).

6.1 Postupy

Následující postupy byly zvoleny pro provedení zkoušky v tlaku v jednoosém přístroji:

- výroba směsi pro AKM 0/11 S u variace druhu pojiva ve dvou stupních a o stejné zrnitosti a zhutnění;
- provedení zkoušky v tlaku na jednoosém přístroji pokaždé na třech zkušebních tělesech;
- použitá pojiva: PmB 45 A výrobce 1 a PmB 45 A výrobce 2;
- zjištění komplexního smykového modulu G^* a úhlu fázového posunu δ při 50 °C a $1,59\text{ Hz}$ původního pojiva, krátce zestárnutého pojiva a znovuzískaného pojiva.

6.2 Výsledky výzkumu

V tabulce 1 jsou uvedeny zjištěné reologické parametry.

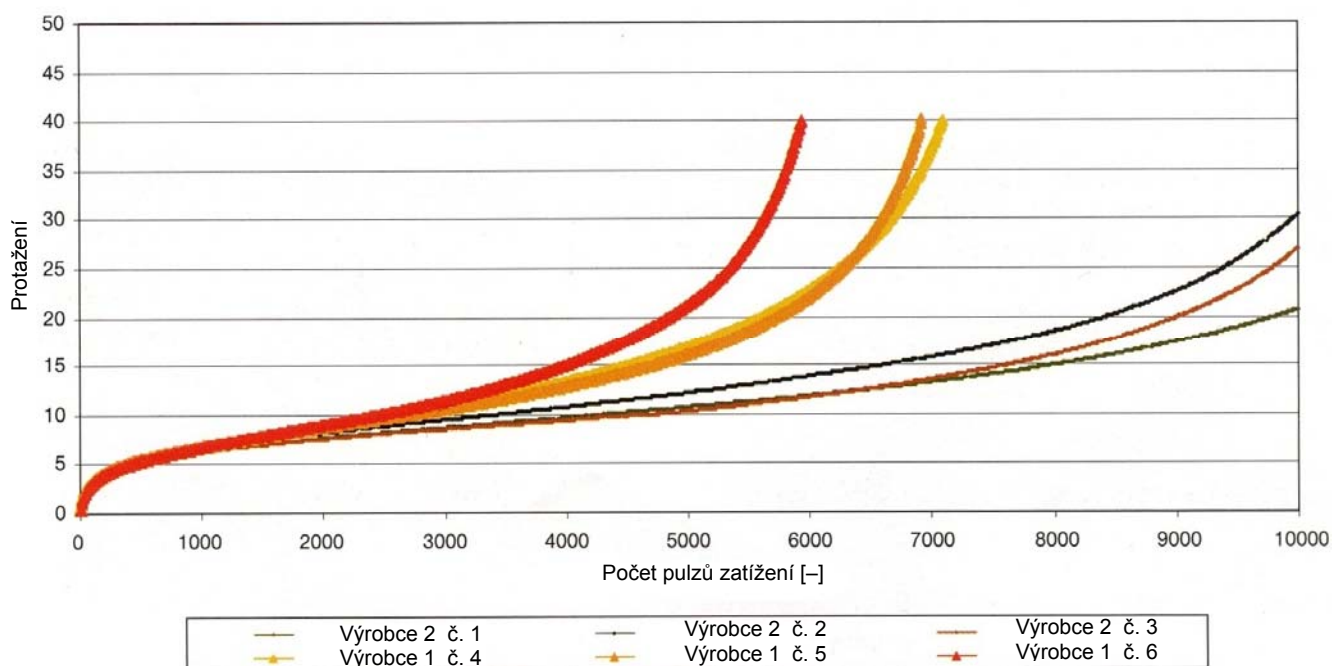
Tabulka 1 – Komplexní smykový modul a úhel fázového posunu polymerem modifikovaného pojiva druhu PmB 45 A různých výrobců při rozdílném stavu namáhání

Druh pojiva	Stav	Komplexní smykový modul při 50 °C a 1,59 Hz	Úhel fázového posunu při 50 °C a 1,59 Hz
PmB 45 A výrobce 2	původní	25366	66,1
	zestárlé	52531	61,8
	znovuzískané	53137	61,1
PmB 45 A výrobce 1	původní	57952	69,2
	zestárlé	97241	65,9
	znovuzískané	100796	63,5

Z tabulky 2 je možné získat výsledky zkoušky v tlaku v jednoosém přístroji, obrázek 2 graficky znázorňuje získaná data.

Tabulka 2 – Výsledky zkoušky v tlaku v jednoosém přístroji na AKD 0/11 S za použití různých druhů pojiva a při zkušební teplotě T = 50 °C

Druh pojiva	Poř. číslo	Počet zatěžovacích pulzů v bodě zvratu	Protažení v bodě zvratu v %	Míra protažení v bodě zvratu v %/10000n
PmB 45 A výrobce 2	1	3816	0,951	0,987
	2	3000	0,951	1,280
	3	3784	0,922	0,862
Průměrná hodnota		3533	0941	1,043
PMB 45 A výrobce 1	4	1716	0,823	1,899
	5	2048	0,883	1,793
	6	1984	0,896	2,197
Průměrná hodnota		1916	0,867	1,963



Obrázek 2 – Křivky impulzu dotvarování AKM 0/11 S za použití různých druhů pojiva a zkušební teplotě T = 50 °C

Pro posouzení výsledků výzkumu je možné využít údajů z tabulky.

Po prostudování tabulky 3 vyplývá pro variantu „AKM 0/11 S s PmB 45 A výrobce 2“, že po zatížení dopravou až po 20 milionech pojezdů v minimálně 10 případně 20 letech je možné počítat s vyjetými kolejiemi nejvýše 10 mm a že pro variantu „SMA 0/11 S s PmB 45 A výrobce 1“ je možné očekávat při použití výše uvedené směsi po době životnosti minimálně 15 let a zatížení dopravou až 13,2 milionů pojezdů koleje o maximální hloubce 10 mm.

Tabulka 3 – Požadavky na míru protažení zkouškou v tlaku v závislosti na třídě dopravního zatížení a očekávané době životnosti vozovky

Třída dopravního zatížení	Dopr. zatížení po 10 letech v mil. pojezdů	Dopr. zatížení po 15 letech v mil. pojezdů	Dopr. zatížení po 20 letech v mil. pojezdů	Požadavky na míru protažení v bodě zvratu		
				Doba životnosti minimálně 20 let	Doba životnosti minimálně 15 let	Doba životnosti minimálně 10 let
Kategorie 1	do 30,0	–	do 70,0	$\epsilon^* < 5 \text{ ‰} \cdot 10^{-4}/n$		$\epsilon^* < 9 \text{ ‰} \cdot 10^{-4}/n$
Kategorie 2	do 20,0	–	do 50,0	$\epsilon^* < 6 \text{ ‰} \cdot 10^{-4}/n$		$\epsilon^* < 13 \text{ ‰} \cdot 10^{-4}/n$
Kategorie 3	–	do 13,2	do 20,0	$\epsilon^* < 13 \text{ ‰} \cdot 10^{-4}/n$	$\epsilon^* < 21 \text{ ‰} \cdot 10^{-4}/n$	

7. Souhrn

Jednoznačná diferenciací pojiv s ohledem na jejich reologické chování materiálu mohla být v práci v rámci výzkumného projektu FA 7.196 prokázána, PmB 45 A jednoho výrobce není v reologickém smyslu podmíněčně shodná s PmB 45 A jiného výrobce.

Tyto zjištěné souvislosti vedly k otázce, nakolik se popsané reologické rozdíly projeví na mechanickém chování asfaltů a zda je možné hovořit o rozdílech v jakosti.

Na základě výsledků zkoušky v tlaku v jednoosém přístroji je nejprve nutno vycházet ze skutečnosti, že s ohledem na teplotní stabilitu jakostních rozdílů obou zkoumaných pojiv stejného druhu je nutné vycházet z rozdílných výrobců.

Aby bylo možné posoudit předložené poznatky systematicky, měl by být tento souhrn rozveden po dalších výzkumných projektech.