

## METÓDY HODNOTENIA AFINITY BITÚMENU KU KAMENIVU

PAVOL DAUČÍK, MARCELA HADVINOVÁ  
a ELENA HÁJEKOVÁ

*Oddelenie technológie ropy a petrochémie, Ústav organickej chémie, katalýzy a petrochémie, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Radlinského 9, 812 37 Bratislava  
pavol.daucik@stuba.sk, marcela.hadvinova@stuba.sk, elena.hajekova@stuba.sk*

Došlo 28.11.11, prijaté 19.1.12.

Kľúčové slová: fázová afinita, bitúmen, kamenivo

### Úvod

Kvalita cestných asfaltových zmesí z hľadiska interakcií s vodou sa sleduje celým radom metód. Sledovanie týchto kvalitatívnych charakteristík má už dlhú históriu<sup>1</sup>. Metódy hodnotenia interakcií s vodou sú popísané v príslušných normách<sup>2,3</sup> a odbornej literatúre<sup>4–6</sup>. Okrem skúšok pevnosti v podmienkach mechanického namáhania<sup>7–9</sup> je významná príľnavosť bitúmenu ku kamenivu v prítomnosti vody<sup>10–13</sup>. Z dlhodobého hľadiska a reálneho namáhania je mechanická pevnosť cestnej zmesi dôsledkom príľnavosti bitúmenu a použitého kameniva. O príľnavosti bitúmenu ku kamenivu rozhodujú obidve látky, resp. ich vzájomná afinita. Chemické zloženie bitúmenu, ktoré je dané pôvodom ropy a výrobnou technológiou bitúmenu zohráva dôležitú úlohu. Polárne zložky, živice a asfaltény prítomné v bitúmene ovplyvňujú afinitu bitúmenu ku kamenivu<sup>14</sup>. Aj typ kameniva je významným faktorom, ktorý ovplyvňuje afinitu s bitúmenom<sup>15</sup>. Dobrá afinita zložiek je možná len za predpokladu, že kamenivo je zbavené prachových podielov a vlhkosti. Spravidla sa potvrdzuje, že príľnavosť bitúmenu je lepšia, ak je kamenivo suché. Kamenivá obsahujúce uhličitanové minerály majú lepšiu afinitu ku bitúmenom ako kamenivá obsahujú-

ce prevažne silikátové minerály<sup>15</sup>.

V moderných technológiách prípravy cestných asfaltových zmesí sa na zlepšenie afinity pridávajú do bitúmenov prísady. Pri posudzovaní kvality prísad sa používajú spomenuté metódy stanovenia afinity bitúmenov ku kamenivám<sup>16</sup>.

Metódy hodnotenia afinity bitúmenov ku kamenivám v prítomnosti vody založené na meraní deformačných síl (napr. Marshallovým testom) najlepšie simulujú namáhanie v reálnych podmienkach<sup>17,18</sup>. Tieto metódy sú náročné na experimentálnu techniku, zariadenia, kvalifikovaný tím pracovníkov a dobu konania experimentu.

Hodnotenia povrchovej energie sústav a jej korelácie s afinitnými vlastnosťami bitúmenov a kamenív je dominantné vo výskumných prácach<sup>19–21</sup>. Postupy sú náročné a takéto hodnotenie nie je v technickej praxi bežné. Zavedenie týchto metód medzi normované testy sa dosiaľ nerealizovalo.

V technickej praxi je bežné použitie normovaných skúšok<sup>2,3,10–13</sup>. Ich výhodou v porovnaní s vyššie spomenutými metódami je presný popis realizácie experimentov a ich vyhodnotenia. Sú tiež jednoduchšie, podstatne kratšie, lacnejšie a vyhovujú ako základné skríningové postupy. Popri týchto výhodách sú zrejme aj ich obmedzenia, ktoré sú predmetom novelizácií a úprav týkajúcich sa hlavne vyhodnotenia experimentov.

Literárne zdroje potvrdzujú, že otázka afinity bitúmenu ku kamenivu je významnou súčasťou hodnotenia cestných asfaltov aj v súčasnosti<sup>22,23</sup>.

### Experimentálna časť

#### Vzorky

V práci sa použil bitúmen, zvyšok z vákuovej destilácie, označený N4326 a zaradený ako vzorka č. 1. Vzorky č. 2 až 6 obsahovali bitúmen N4326 a polymérne prísady uvedené v tabuľke I.

#### Príprava modifikovaných vzoriek bitúmenu

Na miešanie vzoriek bitúmenu a polymérov sa použilo zariadenie: IKA-ULTRA-TURRAX® T18, ku ktorému bol pripojený dispergačný nástavec S 18N-19G. Do upevnenej plechovice sa navážilo 400 g bitúmenu a 16 g (4 %)

Tabuľka I

Použitý bitúmen a jeho zmesi s modifikátormi

Vzorka č.	Názov vzorky	Výrobca	Typ modifikátora
1	N4326 Bitúmen	Slovnaft a.s.	nemodifikovaný
2	N4326 + EUROPREN SOL T 6205	ENICHEM	SBS kopolymér
3	N4326 + KRATON D 1116	SHELL KRATON	SBS kopolymér
4	N4326 + GUMA 0820A	V.O.D.S	gumová drvína
5	N4326 + BRALEN SA 200-22	Slovnaft a.s.	LDPE
6	N4326 + ELVAX 350	DuPont	EVA kopolymér

polyméru. Bitúmen sa pred navážením zohrial na teplotu 150 °C. Teplota sa udržiavala počas 1 hodiny pri miešaní pomocou ohrevného zariadenia SCHOTT s teplotným čidlom. Teplota kolísala v intervale 147 až 153 °C. Rýchlosť miešania sa nastavila na 15500 otáčok/min. Pripraveným vzorkám bitúmenu modifikovaného polyméromi sa prideliť čísla zhodné s poradovým číslom jednotlivých polymérov v tabuľke I.

#### Kamenivo a obalovanie bitúmenom

Priľnavosť vzoriek bitúmenov modifikovaných polyméromi sa hodnotila na kamenive Sološnica 8/11 (bazaltmelafýr). Mineralogické zloženie kameniva<sup>24</sup>: 70 % plagioklas, 20 % klinopyroxén, 10 % albit, draselný, živec, chlorit, kremeň, epidot, kalcit, dolomit, baryt. Použité kamenivo malo objemovú hmotnosť 2740 kg m<sup>-3</sup> a plochu stanovenú metódou BET 1,65 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>.

Na každú skúšku sa pripravilo 600 g kameniva frakcie 8/11 mm. Kamenivo sa premylo vodou a vysušilo pri teplote 110 ± 5 °C (16 hodín). Do misky na miešanie zmesi bitúmenu a kameniva sa po vychladnutí navážilo 510 ± 2 g kameniva. Prikrytá miska s kamenivom sa vložila na 3 hodiny do sušiarne, ktorá sa nastavila na teplotu 165 ± 1 °C. Spojivo – bitúmen sa pred aplikáciou na kamenivo zohrieval prikrytý v nádobe za rovnakých podmienok ako kamenivo. Po skončení ohrevu kameniva a spojiva sa obe zložky samostatne premiešali a do misky s kamenivom sa navážilo 16 ± 0,2 g horúceho spojiva. Horúce kamenivo a bitúmen sa intenzívne premiešali. Obalené kamenivo sa ihneď umiestnilo na kovový povrch natretý silikónovým olejom Lukosiol M 350 firmy Mikro-Chem. Jednotlivé obalené kamienky sa voľne rozprestrelí, tak aby sa zrná nedotýkali. Obalená vzorka sa takto nechala 24 hodín pri teplote prostredia (20 °C) a chránila sa pred pôsobením slnečného svetla a prachu.

#### Hodnotenie afinity bitúmen – kamenivo

##### Metóda rotujúcej fľašky

Na skúšky sa navážilo 150 ± 2 g obaleného kameniva a 250 ml destilovanej vody vychladenej na teplotu 5 ± 2 °C. Do každej fľašky sa umiestni sklenená tyčinka. Na rotačnom zariadení rolovala fľaša so vzorkou 6 hodín rýchlosťou 40 otáčok za minútu. Po skúške sa kamenivo vysypalo na skúšobnú misku s destilovanou vodou. Misky sa položili na biely povrch a vizuálnym pozorovaním sa vy-

hodnotil a zaznamenal stupeň obalenia zrn kameniva bitúmenom. Hodnotenie vykonali nezávisle traja odborní pracovníci.

Vyhodnotenie afinity bitúmenu ku kamenivu sa uskutočnilo aj z fotografií vzoriek uložených na miskách pomocou programu „Photoshop“. Program umožnil určiť počet pixelov v ohraničených plochách s rovnakou intenzitou sfarbenia. Pomer pixelov v ohraničených plochách k celkovému počtu pixelov zodpovedajúcich sumárnej ploche zrn kameniva udával zlomok plochy kameniva nepokrytej bitúmenom.

Vzorky kameniva sa po vizuálnom a fotografickom hodnotení extrahovali toluénom. Z hmotnostnej bilancie bitúmenu získaného z extraktu po odparení rozpúšťadla a vysušeného kameniva zbaveného bitúmenu sa usudzovalo na afinitu bitúmenu ku kamenivu. Za základ úplne obaleného kameniva sa zvolil návažok bitúmenu na extrahované kamenivo.

##### Metóda hodnotenia afinity bitúmenu ku kamenivu pôsobením vriacou vodou

Afinita bitúmenu ku kamenivu sa skúšala na obalenom kamenive (200 g) pri miernom varení v 600 ml destilovanej vody počas 10 min. Obalené zrná kameniva boli jednotlivito uložené na kovovom site. Po skončení testu sa do systému napustila studená voda a kamenivo sa ochladilo. Kamenivo sa prenieslo do kadičky, v ktorej sa zalialo 0,1 M-HCl.

Na kamenivo pôsobilo 200 ml roztoku HCl počas 5 min. V polovici času pôsobenia kyseliny sa roztok nad kamenivom homogenizoval pokojným premiešaním. Po uplynutí predpísaného času pôsobenia sa roztok kyseliny zliat. Titráciou 25 ml roztoku kyseliny chlorovodíkovej roztokom 0,1 M-NaOH sa zistil obsah kyseliny, ktorá sa nespotrebovala v reakcii s povrchom kameniva. Povrch kameniva nepokrytého bitúmenom sa určoval z kalibračnej závislosti. Táto závislosť sa získala experimentálnym stanovením spotreby 0,1 M-HCl pri rôznych pomeroch obaleného a neobaleného kameniva.

#### Výsledky a diskusia

Parametre bitúmenu N4326 sme stanovili podľa príslušných noriem. Bod mäknutia<sup>25</sup> bol 44 °C, penetrácia<sup>26</sup> 122 penetračných jednotiek a bod lámavosti<sup>27</sup> –11 °C. Skupinové zloženie použitého bitúmenu stanovene kombináciou extrakcie a kvapalinovej chromatografie<sup>28</sup> je v tab. II.

Tabuľka II  
Zloženie bitúmenu

Zloženie	(P+N) <sup>a</sup>	Aromáty	Aromáty	Polárne látky	Asfáltény	Straty
Eluent	hexán	hexán	toluén	toluén + etanol		
Obsah [% m/m]	5,6	8,8	48,0	22,3	13,6	1,7

<sup>a</sup> (P+N) sú parafinické a naftenické (nasýtené) uhl'ovodíky



Obr. 1. Vzorka č. 5 po skúške afinity bitúmenu ku kamenivu

Pri hodnotení príľnavosti bitúmenových zmesí ku kamenivu sa použili rôzne postupy. V prvom postupe podľa normovanej metódy<sup>11</sup> časť A sa namáhaniu vzoriek v rotujúcej fľaške podrobili vzorky kameniva obaleného bitúmenom. Príklad vzhľadu kameniva po skúške afinity je na obr. 1. Vizúálne vyhodnotenie vzorky bitúmenu (č. 1) a vzoriek s modifikátormi (č. 2 až 6) je zaznamenané v tab. III.

Spracovanie fotografických záznamov po skúške afinity v programe „Photoshop“ je zbavené subjektívneho prístupu osôb hodnotiacich vzorky kameniva. Výhodou fotografického stanovenia plochy je aj možnosť archivácie

obrazu čiastočne obaleného kameniva po skúške príľnavosti. Vizúálna metóda hodnotenia má rovnako ako metóda fotografická prístup len k ploche kameniva otočenej k hodnotiteľovi. Oba spôsoby hodnotenia sa môžu konfrontovať. Rozdielnosť poradia vzoriek medzi vizuálnym a fotografickým hodnotením je značná. Zhoda je v poprednom hodnotení vzoriek bitúmenu modifikovaného SBS kaučukmi (vzorky č. 2 a 3) a v rovnakom zaradení nemodifikovaného bitúmenu (vzorka č. 1) na koniec poradia. Výsledky fotografického hodnotenia sú zhrnuté v tab. IV.

Po vizuálnom vyhodnotení a fotografickom zachytení podoby vzoriek sa vzorky extrahovali toluénom. Vyhodnotila sa látková bilancia extrakcie a zisťoval sa obsah kameniva a bitúmenu vo vzorkách po skúške afinity. Výsledky látkovej bilancie sú zhrnuté v tab. V. Množstvo vyextrahovaného bitúmenu z kameniva sa zobralo ako kritérium pre posúdenie obalenia kameniva po namáhaní. Opakovateľnosť množstva bitúmenu extrahovaného z kameniva sa overovala na dvoch rovnakých extrakčných zariadeniach. Na každom Soxletovom extrakčnom zariadení sa vykonali opakovane tri extrakcie bitúmenu z kameniva po skúške afinity (tab. VI).

Výsledky získané extrakciou bitúmenu z kameniva môžu byť ovplyvnené prienikom plniva alebo jemného prachu z kameniva do extraktu. Výsledky meraní naznačujú určitú zhodu medzi vizuálnym hodnotením a množstvom bitúmenu extrahovaného z kameniva po namáhaní. Najlepšiu afinitu podľa tohto vyhodnotenia mali

Tabuľka III

Porovnanie vzoriek po skúške príľnavosti pri vizuálnom hodnotení v závislosti od plochy kameniva obalenej bitúmenom

Vzorka č.	Poradie			Plocha obalená bitúmenom [%]	Konečné poradie
	posudzovateľ A	posudzovateľ B	posudzovateľ C		
1	6.	6.	6.	15	6.
2	2.	2.	2.	35	2.
3	1.	3.	1.	40	1.
4	3.	5.	5.	20	5.
5	5.	4.	3.	25	4.
6	4.	1.	4.	30	3.

Tabuľka IV

Vyhodnotenie príľnavosti v programe „Photoshop“ z fotografií vzoriek po skúške

Vzorka č.	Počet pixelov zodpovedajúci		Plocha obalená bitúmenom [%]	Poradie
	ploche kameniva	ploche prikytej bitúmenom		
1	1,32E+06	3,72E+05	28,1	5.
2	1,25E+06	5,76E+05	46,3	1.
3	1,36E+06	5,06E+05	37,3	2.
4	1,18E+06	3,96E+05	33,4	3.
5	1,31E+06	3,50E+05	26,6	6.
6	1,32E+06	4,01E+05	30,5	4.

Tabuľka V

Poradie vzoriek po skúške priľnavosti pri hodnotení extrakciou

Vzorka č.	Hmotnosť [g]			Množstvo bitúmenu po skúške [%]	Poradie účinnosti
	obaleného kameniva	návažku bitúmenu	extrahovaného bitúmenu		
1	156,8	4,76	2,91	61	6.
2	159,7	4,85	3,95	81	2.
3	164,6	5,00	4,25	85	1.
4	156,0	4,73	3,34	71	4.
5	159,4	4,85	3,26	67	5.
6	156,8	4,73	3,42	72	3.

Tabuľka VI

Opakovateľnosť stanovenia obsahu bitúmenu v zmesi s kamenivom extrakciou toluénom

Pokus č.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Priemer	$\pm \sigma$
Parameter, % m/m]								
Bilancia extrakcie	100,4	100,3	100,2	100,6	100,0	100,0	100,3	0,23
Obsah kameniva	97,9	97,9	97,7	98,2	97,4	97,6	97,8	0,28
Obsah bitúmenu	2,4	2,4	2,5	2,4	2,6	2,5	2,5	0,08
Výťažok bitúmenu	96,9	97,7	98,6	97,6	104,0	99,7	99,1	2,59

Tabuľka VII

Návažky a spotreby pre získanie kalibračnej závislosti

Návažok neobaleného kameniva, g	200	80	60	40	20	0
Návažok kameniva obaleného bitúmenom, g	0	0	0	0	0	200
Hmotnosť kameniva použitá na korekciu, g	0	120	140	160	180	0
Obnaženie použité pre kalibráciu, %	100	40	30	20	10	0
Spotreba 0,1 M-HCl, ml	4,62	2,11	1,37	0,84	0,40	0,30
Spotreba 0,1 M-HCl korigovaná alikvotnou spotrebou na obalené kamenivo, ml	4,62	2,29	1,58	1,08	0,67	0,30

vzorky bitúmenu, ktoré obsahovali SBS modifikátory KRATON a EUROPREN. Najhoršiu priľnavosť mal pôvodný bitúmen N4326 bez prídavku polymérnej prísady. Gumová drvina v bitúmene N4326 sa ako prísada zlepšujúca priľnavosť prejavila zo skúmaných vzoriek najslabšie. Prísady polyetylénu (BRALEN) a vinylacetátu (ELVAX) mali pri hodnotení priľnavosti približne rovnakú účinnosť.

*Metóda obnažovania kameniva pokrytého bitúmenom vriacou vodou<sup>11</sup> (postup C)*

Hodnotenie priľnavosti vzoriek bitúmenov modifikovaných polymérmi ku kamenivu metódou obnažovania vriacou vodou sa vykonalo na kamenive Sološnica 8/11. Kalibračná závislosť plochy kameniva nepokrytého bitúmenom od spotreby 0,1 M-HCl sa získala spätnou titráciou nespotrebovanej kyseliny použitím 0,1 M-NaOH. Na určenie jednotlivých bodov závislosti namiesto 200 gramových vzoriek (obalené kamenivo + odkryté kamenivo) bol použitý len príslušný návažok neobaleného kameniva. Na

záver sa stanovil posledný bod kalibračnej závislosti, t.j. spotreba 0,1 M-HCl na 200 g kameniva úplne pokrytého bitúmenom. Táto spotreba kyseliny chlorovodíkovej ( $V_0$ ) na úplne obalené kamenivo sa použila aj na výpočet korekcie spotreby 0,1 M-HCl pre ostatné body kalibračnej závislosti. Korigované spotreby ( $V_{k,i}$ ) sa počítali podľa vzťahu (1):

$$V_{k,i} = V_i + (V_0 / 200) \cdot m \quad (1)$$

kde  $m$  je hmotnosť obaleného kameniva v gramoch, ktorá mala byť pri titrácii v danom bode ( $i$ ) použitá. V tab. VII sú podmienky stanovenia kalibračnej závislosti.

Konštantné podmienky experimentu (t.j. 200 g vzorky, 200 ml 0,1 M-HCl, čas pôsobenia kyseliny na vzorku kameniva, odoberanie 25 ml kyseliny po skončení pôsobenia, titrácia 0,1 M-NaOH) umožňujú hodnotiť priľnavosť bitúmenu ku kamenivu. Spotreba 0,1 M-HCl je funkciou percenta plochy obnaženia kameniva. Pre praktické merania je výhodné použiť závislosť percenta obnaženia kameniva od spotreby 0,1 M-HCl (obr. 2).

Po skúške vo vriacej vode sa spotreba 0,1 M-HCl zistená pre danú vzorku odhaleného kameniva použila na výpočet percenta plochy obnaženého kameniva podľa rovnice (2):

$$P_0 [\%] = 0,7015 V^2 + 19,145 V - 3,7766 \quad (2)$$

kde  $P_0$  je plocha obnaženia kameniva a  $V$  spotreba 0,1 M-HCl na kamenivo. ( $V = 25 -$  spotreba 0,1 M-NaOH). Percento pokrytia kameniva bitúmenom  $P_p = 100 - P_0$ .

Poradie účinnosti polymérov na priľnavosť ku kamenivu podľa metódy C je v tab. VIII.

V tomto prípade (postup C) namáhania vzoriek pri vysokej teplote mal najvyššiu afinitu ku kamenivu bitúmen modifikovaný polymérom BRALEN (pokrytie 58 %). Nasledovala prísada ELVAX (pokrytie 55 %). Vzorky, ktoré obsahovali SBS modifikátory KRATON a EUROPREN, mali pri tejto metóde o niečo nižšiu účinnosť (pokrytie 45 % resp. pokrytie 52 %). Najhoršiu afinitu mal pôvodný bitúmen N4326 bez prídavku polymérnej prísady (pokrytie 30 %). Gumová drviná v bitúmene N4326 sa prejavila ako prísada najmenej zlepšujúca priľnavosť (pokrytie 43 %). Prísady polyetylénu (BRALEN) a vinylacetátu (ELVAX) mali pri hodnotení priľnavosti podobnú účinnosť.

## Záver

V postupoch stanovenia afinity bitúmenu ku kamenivu je celý rad krokov, pri zmene ktorých môže prísť k ovplyvneniu výsledkov. Významným krokom je obalovanie kameniva bitúmenom a stabilizácia obalených kameniek pred vykonaním skúšky.

Podľa normy EN 12697-11 sa jednotlivé bitúmenom obalené častice kameniva rozložia na kovovú platňu alebo silikónom pokrytý papier. Priľnavosť bitúmenu ku kovom je značná a dochádzalo k narušeniu povrchu kameniva pokrytého bitúmenom. Bitúmenom obalené kamenivo sa na papier napustený silikónom lepilo silnejšie ako na kovový povrch natretý silikónovým olejom. Pri skúškach sa najlepšie osvedčilo ukladanie obaleného kameniva na plech potretý silikónovým olejom. Použitie silikónového oleja bolo optimálnym riešením pre obmedzenie prilepenia chladničného obaleného kameniva na kovovú podložku a zabezpečovalo dobrú reprodukovateľnosť meraní.

Normovaná metóda<sup>11</sup> postup A hodnotí afinitu bitúmenu ku kamenivu pri nízkej teplote v kombinácii s mechanickým namáhaním. Vizualne hodnotenie, rovnako ako aj metóda fotografického vyhodnotenia, má jednostranný prístup k ploche kameniva otočenej k hodnotiteľovi. Výhodou fotografického stanovenia je odstránenie subjektívneho hodnotenia skúšky, ako aj možnosť archivácie obrazu čiastočne obaleného kameniva po skúške priľnavosti. Oba spôsoby hodnotenia ukázali rozdiely v poradí hodnotených vzoriek, ale môžu sa konfrontovať. Stanovenie množstva bitúmenu na kamenive po skúške afinity pomocou extrakcie toluénom dáva obraz o hmotnosti vrstvy bitúmenu pokrývajúceho kamenivo. Táto hmotnosť nemusí odrážať plochu kameniva pokrytú bitúmenom. Bitúmen môže odkryť plochu aj zmrštením na povrchu kameniva. Medzi výsledkami spôsobu hodnotenia afinity metódou extrakcie, fotograficky a vizualne sú preto určité rozdiely.

Pri použití metódy<sup>11</sup> postup B sa používa počas 48hodinového úseku statické pôsobenie vody na vzorku obaleného kameniva pri laboratórnej teplote. Pri tejto nízkej záťaži vzoriek dochádzalo k zanedbateľným zmenám. Hodnotí sa počet zrn kameniva, na ktorých je povrch bitúmenu na kamenive neúplný. Nepozorovali sa významné rozdiely pri hodnotení vzoriek touto metódou.

Pri metóde<sup>11</sup> postup C obnažovania kameniva pokrytého bitúmenom vriacou vodou predstavuje vyššie tepelné zaťaženie. Kalibrácia každého typu kameniva, ktoré sa použije na obalovanie kladie primerané nároky na čas, kvalitu personálu a vybavenie skúšobne. Rozdiely v afinite medzi bitúmenmi, ktoré boli modifikované polymermi a gumovou drvinou neboli veľmi veľké, boli v intervale 43 až 58 % pokrytia kameniva. Výrazne nižšia bola afinita bitúmenu bez modifikátora.

Hodnotenie priľnavosti bitúmenu ku kamenivu je významnou skúškou kvality a pri rovnakom spôsobe merania, vyhodnotenia a spracovania výsledkov prispieva k posúdeniu vhodnosti a kvality danej zmesi.

## Zoznam skratiek

$w_i$	hmotnostný zlomok
$\pm \sigma$	smerodajná odchýlka priemeru

Tabuľka VIII

Vyhodnotenie stanovenia priľnavosti vzoriek bitúmenov ku kamenivu metódou C – obnažovanie vriacou vodou

Vzorka č.	Názov vzorky	Spotreba HCl [ml]	Plocha obalená bitúmenom [%]	Poradie
1	N4326	3,83	30	6.
2	N4326 + 4% EUROPREN	2,70	52	3.
3	N4326 + 4% KRATON	3,03	45	4.
4	N4326 + 4% GUMA	3,13	43	5.
5	N4326 + 4% ELVAX	2,51	55	2.
6	N4326 + 4% BRALEN	2,38	58	1.

SBS styrén-butadién-styrén  
 EVA etylénavinylacetát  
 LDPE nízkohustotný polyetylén  
 (P+N) parafinické a naftenické, t.j. nasýtené uhlovodíky

*Táto práca vznikla s finančnou podporou Vedeckej grantovej agentúry SR VEGA v rámci výskumného projektu č. 1/0012/09.*

#### LITERATÚRA

- Klobouček B., Kaun M., Luxemburk F., Procházka M., Stahl J.: *Silniční laboratoř*. SNTL/ALFA, Praha 1979.
- ČSN 73 6160 Zkoušení silničních živých směsí (2008).
- Schmidt H., Urban R.: *Strasse Autobahn 26*, 251 (1975).
- Komačka J.: *Materiály asfaltových vrstiev vozoviek. Požiadavky a skúšanie*. EDIS, Žilina 2008.
- Grünner K.: *Asfalt v cestnom staviteľstve. História a súčasnosť*. Vydavateľstvo STU, Bratislava 2006.
- Grünner K.: *Asfaltové emulzie pri výstavbe a údržbe ciest*. C.S. BITUNOVA, Bratislava 2007.
- EN 12272-3 Surface dressing. Test method. Part 3: Determination of binder aggregate adhesivity by the Vialit plate shock test method. (2004).
- EN 13880-10 Hot applied joint sealants – Part 10: Test method for the determination of adhesion and cohesion following continuous extension and compression. (2004).
- EN 13880-11 Hot applied joint sealants – Part 11: Test method for the preparation of asphalt test blocks used in the function test and for the determination of compatibility with asphalt pavements. (2003).
- EN 12697-14 Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 14: Water content. (2002).
- EN 12697-11/AC Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 11: Determination of the affinity between aggregate and bitumen. (2007).
- EN 13614 Bitumen and bituminous binders. Determination of adhesivity of bituminous emulsions by water immersion test. (2011).
- ČSN 73 6161 Stanovení přilnavosti asfaltových pojiv ke kamenivu. (2000).
- Jada A., Salou M.: *J. Pet. Sci. Eng.* 33, 185 (2002).
- Bagampadde U., Isacsson U., Kiggundu B. M.: *Int. J. Pavement. Eng.* 6, 229 (2005).
- Kök B. V., Yilmaz M.: *Constr. Build. Mater.* 23, 1999 (2009).
- He G. P., Wong W. G.: *Constr. Build. Mater.* 22, 30 (2008).
- Sengoz B., Agar E.: *Build. Environ.* 42, 3621 (2007).
- Howson J., Masad E., Bhasin A., Little D., Lytton R.: *Constr. Build. Mater.* 25, 2554 (2011).
- Ensley E. K., Petersen J. C. Robertson R. E.: *Thermochim. Acta* 77, 95 (1984).
- Ensley E. K.: *Dev. Pet. Sci.* 40, 401 (1994).
- Blažek J., Šebor G., Maxa D.: *Silniční obzor* 61, 166 (2000).
- Vilem J.: Celoštátna konferencia „Hydroizolácie mostov a tunelov“. Vysoké Tatry, 7.–9. novembra 2011, Zborník prednášok, (bez editora), str. 67.
- <http://www.build.gov.sk/mvrrsr/source/document/003695.pdf>, stiahnuté 17.12.2011.
- EN 1427 Asfalty a asfaltové spojivá. Stanovenie bodu mäknutia. Metóda krúžkom a guľčkou. (2007).
- EN 1426 Asfalty a asfaltové spojivá. Stanovenie penetrácie ihlou. (2007).
- EN 12697 Asfalty a asfaltové spojivá. Stanovenie bodu lámavosti podľa Fraassa. (2007).
- Daučík P., Bučínská A.: *Ropa Uhlie* 32, 291 (1990).

**P. Daučík, M. Hadvinová, and E. Hájeková**  
*(Department of Petroleum Technology and Petrochemistry, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology in Bratislava, Slovak Republic):*  
**Methods for Evaluation of Affinity of Bitumen to Aggregate**

The purpose of the study was to compare techniques related to a laboratory method for determination of affinity of bitumen to aggregate. The standard method EN 12697-11/AC was used for the purpose. Three methods can be used: the rolling bottle method, static method and boiling water method. Visual, photographic and extraction evaluation of stripped surface on aggregate after the rolling bottle method was used and compared. The static method showed submarginal differences among modified bitumen. The boiling water method showed the best repeatability in evaluation of stripped surface by acidimetry. The acidimetric determination of the affinity is recommended for the bottle rolling method instead of visual evaluation. Polymer modifiers as additives affecting the affinity were also compared.