

## Válcované strusky pro podkladní vrstvy vozovek

(Dr.-Ing. R. Bialucha, Dipl.-Chem. A. Jakobs, Dr.-Ing. Th. Merkel, Dr.-Ing. H. Motz – Zpráva Institutu pro výzkum materiálů za rok 2003)

### Úvod

V Německu je v současné době při výrobě neželezných kovů, jako je olovo, měď, zinek atd. ročně vyrobeno více než 1 milion tun strusky. K těmto struskám z neželezných kovů patří podle DIN 4301 [1] mezi jinými i válcovaná struska z odzinkování, která vzniká při úpravě zbytkových látek obsahujících zinek pro následné použití v primární zinkovně.

Dosud existovaly, s ohledem na různé vstupní suroviny a postup zpracování, dva různé druhy válcované strusky, tzv. kyselá a bazická struska [2]. Ukázalo se však, že postup zpracování, při kterém vzniká bazická struska s poměrem  $\text{CaO/SiO}_2 > 1$ , nabízí metalurgické přednosti. Zejména může dojít k poklesu spotřeby energie při odvalování a může být dosaženo zlepšeného vyzískání oxidu zinečnatého. Proto budou v budoucnu veškerá německá pracoviště používat tento zlepšený postup. Na základě orientačních předběžných zkoušek se vycházelo z toho, že se spolu s modifikací postupu změní také technické vlastnosti a chování vznikající strusky s ohledem na životního prostředí. Použití válcované strusky bylo dosud ve značné míře omezeno na stavební práce při zemních pracích. Cílem zde představeného výzkumného úkolu proto je nyní vyráběné válcované strusky komplexně prozkoumat a otevřít nové, hodnotnější oblasti použití, např. použití do podkladních vrstev v silničním stavitelství.

### Odběr vzorků

Aby bylo možné pojmout rozpětí složení válcovaných strusek, byly z obou míst výroby v Německu, na kterých již byl proveden přechod na nový postup, během tří termínů v jednom týdnu odebrány vzorky. Těchto 6 vzorků bylo zkoumáno s ohledem na základní chemické, mineralogické a technické parametry. Jelikož výsledky výzkumu byly velmi podobné, mohly být provedeny další výzkumy ohledně technických vlastností a vlastností vyluhovatelnosti na každém jednotlivém vzorku.

### Technické výzkumy

Válcované strusky byly zkoumány jak s ohledem na jejich vhodnost pro použití do nestmelených vrstev vozovek, tak také pro použití do asfaltových směsí. Pro základní charakterizaci byly zkoumány maximální objemová hmotnost a sypaná objemová hmotnost strusek i jejich zrnitost. Přitom se projevil ve srovnání s většinou přírodního kameniva nápadně vysoké objemové hmotnosti, které souvisí se složením válcovaných strusek, obzvláště s vysokým obsahem železa.

### Použití v nestmelených vrstvách

Výzkumy válcovaných strusek pro použití v nestmelených vrstvách prokázaly, že požadavky technických předpisů jsou z největší části dodrženy. Výjimku představují ovšem výsledky zkoušky namrzavosti podle Technických zkušebních předpisů pro minerální látky v silničním stavitelství (TP Min-StB), Část 4.3.1, neboť odlupování leží daleko za požadavky Technických dodacích podmínek pro minerální látky v silničním stavitelství (TL Min-StB), vydání 2000. Jelikož na vozovkách, které byly v dosavadní praxi řešeny pokládkou směsí s válcovanými struskami nejsou odpovídající poškození známa, objevuje se otázka, zda standardní kritérium namrzavosti technických předpisů je správným podkladem pro posuzování těchto strusek. Reálnějším podkladem by možná mohla být zkouška mrazem celkové zrnitosti  $> 0,063$  mm, jak je popsána v TL Min-StB pro recyklaci stavebních látek a popelů ze spalování domácích odpadů.

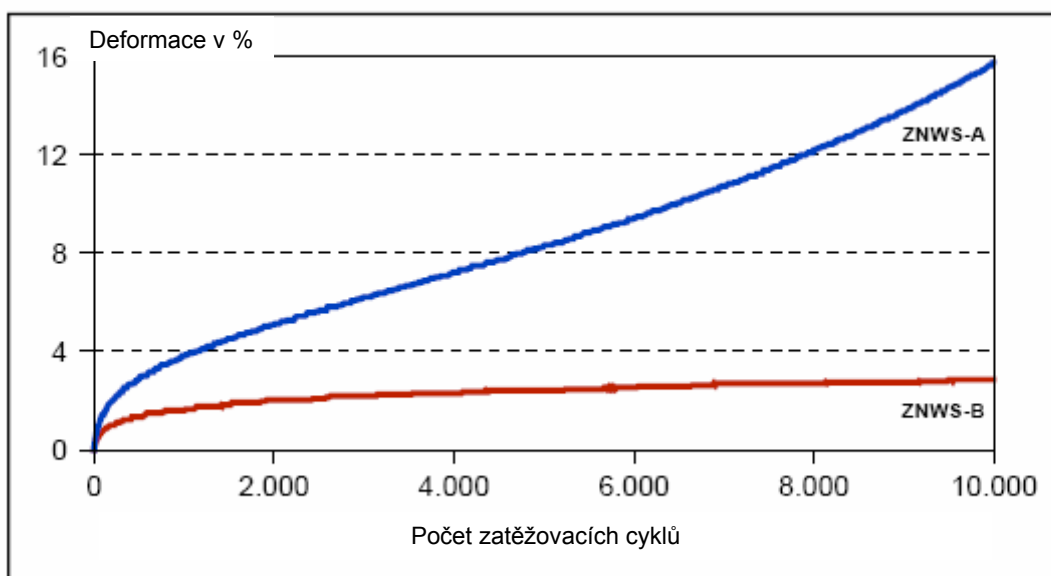
Se zkouškou namrzavosti bylo provedeno také zkoumání pevností, jak jsou zpravidla předpokládány pouze u granulovaných drtí pro stavbu obrusných vrstev vozovek. Zde se ukázalo, že při rázové zkoušce po zatížení mrazem je dosaženo lepších výsledků než u materiálu, který nebyl mrazu vystaven. To vyplývá ze skutečnosti, že se zrna zkušební zrnitosti 8/16 mm během mrazové zkoušky na slabých místech rozlamují na větší fragmenty, které pak v následné rázové zkoušce prokazují lepší pevnost než původní materiál. Z toho je možné vyvodit, že rozšířením úprav by bylo možné zřetelné zlepšení mechanických vlastností válcované strusky. Srovnání zrnitosti před a po zatížení pomocí různých postupů

mimo jiné prokázalo, že nedochází ke vzniku většího množství drobných zrn a tím prakticky k žádnému zvýšení obsahu jemných částic ovlivňující mrazovou odolnost.

### Výzkumy na asfaltových směsích

U zkoušek pro použití ve vrstvách z asfaltových směsí se nejprve u válcované strusky ZNWS-A ukázala špatná odolnost proti žáru, kterou požadavky TL Min-StB neobsahují. Zároveň bylo u této strusky nedochází ke vzniku většího množství drobných zrn při výrobě zkušební tělesa a dynamickým zatížením ještě menší, než u válcovaných strusek z jiných výrobních míst.

Návrh směsi na základě konvenčního zkoušení vhodnosti asfaltových směsí byl zvolen tak, že bylo možné očekávat podobné hodnoty stability. Na základě rozšíření průkazných zkoušek o dynamické zkoušky se ukázaly zřetelné rozdíly mezi oběma zkoumanými struskami. Zkušební tělesa vyrobená za použití strusky A vykazovala při použití dynamických metod jednoznačně hlubší poklesy, tedy zhoršené vlastnosti únosnosti. To pravděpodobně souvisí se špatnou odolností proti žáru strusky A. Na obrázku 1 lze vidět střední deformaci při zkoušce v tlaku na Marshallově zkušební tělese.



**Obrázek 1: Průběh protažení při zkoušce v tlaku na Marschallově zkušební tělese u obou válcovaných strusek A a B**

### **Výzkumy k ekologické únosnosti**

Kromě technologických vlastností má rozhodující význam pro použitelnost válcovaných strusek také jejich ekologická únosnost. Velkou roli pro posuzování ekologické únosnosti má vyluhovatelnost. V rámci výzkumného úkolu byly proto válcované strusky zkoumány pomocí různých postupů vyluhování. Důležité přitom je rozlišení mezi krátkodobým postupem, který je používán při rutinním dozoru nad materiálem a dlouhodobým postupem, který je použit v rámci zásadního průkazného posuzování.

### Zkoušky vyluhovatelnosti na nestmelených válcovaných struskách

Výsledky krátkodobé zkoušky vyluhovatelnosti ukázaly, že u válcované strusky z místa výroby B částečně překročily koncentrace eluátů navrhované hodnoty v Informačním listu FGSV (Výzkumné společnosti pro silniční stavitelství a dopravu) o používání strusek z kovohutí v silničním stavitelství [2].

V tabulce 1 jsou například uvedeny výsledky analýzy eluátů po provedení modifikované zkoušky S4 podle TP Min-StB, Část 7.1.1. Tabulka ukazuje překročení hodnot u zinku a vodivosti. U zkoušky vyluhovatelnosti, německy nazývané Trogverfahren podle TP Min-StB, Část 7.1.2, byla mimo to zjištěna také zřetelně zvýšená vyluhovatelnost u olova. Zde by bylo třeba přezkoušet, do jaké míry je to pravidelně případ změněných metalurgických podmínek procesu.

Kromě těchto standardních postupů k zachycení krátkodobého chování vyluhovatelnosti byly provedeny také zkoušky perkolace, a to jak prosakování z vrchu dolů (nenasyčená perkolace podle TP Min-StB, Část 7.1.3, tak i nadřazením a průtokem ze spodu nahoru (nasyčená perkolace podle nizozemské normy NEN 7343). Ve srovnání s přírodním kamenivem a ocelářskou struskou vykazovala válcovaná struska zřetelně vyšší hodnoty při vyluhování olova a zinku i chloridů a síranů.

Ze strany úřadů je v narůstající míře požadován důkaz, že se materiál chová ekologicky nezávadně také v extrémních podmínkách. Obzvláště je dotazováno, jak se mění chování při vyluhování materiálů, když jím protékají kyselé vody (dešťové nebo povrchové vody). Zde provedená zkouška pH ukázala, že – ve srovnání s pufrací kapacitou různých zemín – zkoumané válcované strusky mohly kyselý déšť a kyselou prosakující vodu dobře a dlouho regulovat.

Parametr	Struska A	Struska B	Směrná*, příp. hraniční hodnota pro zásadité strusky [2]
pH*	11,6	11,8	9 – 12
LF* [mS/m]	89	153	≤ 140
Pb [mg/l]	0,002	0,089	≤ 0,30
Zn [mg/l]	0,07	0,25	≤ 0,20

**Tabulka 1: Koncentrace v eluátu S4 nestmelených válcovaných strusek**

#### Zkoušky vyluhování na asfaltových zkušebních tělesech s válcovanou struskou

Nakonec byly na zkušebních tělesech z asfaltové směsi s válcovanými struskami provedeny také zkoušky vyluhování Trogversuch i v Nizozemsku vyvinutá difúzní zkouška (64denní zkouška podle NEN 7345). Jak bylo možné očekávat, vykázaly eluáty ze zkoušky Trogversuch na Marshallově zkušebním tělese podstatně nižší koncentrace než eluáty nestmelených zkušebních těles. Dále se ukázalo, že byly průběžně dodrženy hraniční hodnoty stanovené v Nizozemsku na základě usnesení o stavebních materiálech. Mechanismus vyluhování řízený difúzí, jak je známý u monolitických materiálů, nemohl být ovšem doložen. Zjevně hrají roli převážně jiné mechanismy vyluhování.

#### **Souhrn a výhled**

Na základě částečně zvýšené vyluhovatelnosti těžkých kovů je při použití válcované strusky v nestmelených vrstvách požadováno dodržování hydrogeologických okrajových podmínek. Účelné by byly doplňující výzkumy, do jaké míry mohou být těžké kovy ve strusce lépe vázány. Upřednostňováno je v současné době použití strusek do asfaltových směsí. Je třeba sledovat v současnosti nedostačující odolnost proti žáru jedné ze dvou zkoumaných válcovaných strusek. Výzkumy však také ukázaly, že může být docíleno zlepšení mechanických vlastností pravděpodobně již pomocí relativně jednoduché úpravy s pouze jedním stupněm lámavosti. To může platit také pro odolnost proti žáru. K tomuto parametru by měly být prováděny další výzkumy.

Zde představené výzkumy byly provedeny v rámci výzkumného úkolu č. 12956 N/1 z prostředků Spolkového ministerstva pro hospodářství a práci přes Pracovní společenství průmyslového sdružení pro výzkum „Otto von Guericke“ (AiF).

#### **Literatura**

- [1] DIN 4301: 1981-04: Eisenhüttenschlacke und Metallhüttenschlacke im Bauwesen  
Železářská struska a struska z neželezných kovů ve stavebnictví
- [2] Forschungsgesellschaft für Straßenund Verkehrswesen (Hrsg.): Merkblatt über die Verwendung von Metallhüttenschlacken im Straßenbau, Ausgabe 1999  
Výzkumná společnost pro silniční stavitelství a dopravu: Informační list o používání strusek z neželezných kovů v silničním stavitelství, vydání 1999