

# Vývoj stínících barytových směsí

Fridrichová, M., Pospíšilová, P., Hoffmann, O.

## ÚVOD

I v začínajícím v 21. století nepříznivě ovlivňuje životní prostředí nejenom intenzivní a z hlediska ekologických důsledků nedomyšlená průmyslová výroba, ale často i činnost veskrze humánní, např. používání ionizujícího záření ve zdravotnictví pro diagnostiku a terapii některých onemocnění. Použití rentgenových přístrojů a dalších zdrojů ionizujícího záření v medicíně přitom má a bude mít své pevné nezastupitelné místo. Obecně je známo, že ionizující záření produkované různými lékařskými přístroji škodí životnímu prostředí, a pokud není zajištěna ochrana proti jeho působení, může iniciovat vznik závažných karcinogenních onemocnění. Proto je nutné všechna rentgenová pracoviště odstínit od vnějšího prostředí konstrukcí zabezpečující spolehlivou eliminaci vysílaného záření. V rámci výzkumného zadání MPO ČR je v návaznosti na výše uvedené řešen vývoj nových stavebních hmot sloužících k ochraně proti škodlivému ionizujícímu záření a využitelných všude tam, kde se s těmito zářeními můžeme setkat, tedy u onkologických ústavů, rentgenových pracovišť a dále pracovišť se zdroji vysokoenergetického záření - betatrony a lineárními urychlovači.

Na základě společného výzkumu VUT Brno a Rosomac, s.r.o. byly v letech 1992 až 1995 vyvinuty tři základní druhy průmyslově vyráběných stínících směsí, nyní komerčně produkovaných pod označením X-Ray Stop. Jednalo se o barytovou omítku jádrovou, barytovou omítku výplňovou a barytový potěrový beton, které jsou v současné době plně certifikované. K těmto základním výrobkům byly v rámci řešení popisovaného řešení navrženy a vyvinuty další stínící hmoty tak, aby byl vytvořen systémový program stínění proti ionizujícímu záření. Konkrétně se jednalo o barytový lepicí tmel, barytový vysprávkový tmel a barytovou omítku štukovou.

## 1. METODIKA VÝVOJE

Návrh metodiky úzce souvisel s charakterem vyvíjených hmot. U suchých maltových směsí, mezi které vyvíjené stínící barytové směsi náležejí, jde totiž o to, aby splňovaly nejen vlastnosti normové a stínící, ale i aplikační. V první řadě bylo tedy nutné vzorky hmot připravených dle navržených receptur odzkoušet na požadované aplikační vlastnosti. Tyto se

samozřejmě pro jednotlivé výrobky v závislosti na jejich určení a způsobu aplikace odlišují a pro jednotlivé skupiny vyvíjených hmot je lze charakterizovat následovně.

## **1.1. Zkoušky aplikačních vlastností**

### **Lepicí tmely**

Mezi nejdůležitější aplikační vlastnosti lepicích tmelů lze zahrnout lepidlost, technicky označovanou jako přilnavost, otevřený čas, a potenciální stékavost. Přilnavost je u lepicích tmelů bezprostředně vázána na použití přísad ze skupiny derivátů celulózy, které dále pozitivně ovlivňují retenci vody v čerstvě rozmíchaném tmelu. Obě dvě vlastnosti jsou nutné pro dobré usazení obkladu ve tmelu. Na straně druhé však zvýšený podíl derivátů celulózy, zejména v kombinaci s disperzní přísadou, vyvolává předčasnou tvorbu kůže na povrchu naneseného tmelu, která výrazně usazení obkladu do tmelu zhoršuje, neboť zkracuje dobu pokládky, tzv. otevřený čas. Z hlediska aplikačních vlastností je proto nutné dávkování derivátů celulózy optimalizovat tak, aby při zachování dobré lepidlosti a vodní retence nezkrátilo otevřený čas na dobu kratší než 20 minut.

### **Vysprávkové tmely**

Vysprávkové tmely jsou určeny jednak pro osazení omítníků a kovových hran a dále pro vysprávkou stěn či omítek po instalačních pracích typu osazování zárubní, elektrických krabic, zásuvek aj. Očekává se proto od nich snadná roztíratelnost, nestékavost a relativně krátký manipulační čas cca 20 minut, po kterém by mělo následovat rychlé zatuhnutí a zatvrdnutí. Přísadami, které uvedené aplikační vlastnosti zabezpečují, jsou v případě roztíratelnosti nejčastěji škroby a v případě požadovaného manipulačního času urychlovače.

### **Štukové omítky**

Nejdůležitějšími aplikačními vlastnostmi štukových omítek je jejich dostatečná objemová stálost a snadné zpracování povrchu, prováděné nejčastěji roztáčením neboli filcováním. Vápenný hydrát, který je prakticky univerzálním pojivem všech vnitřních štukových omítek, zaručuje sice jejich dobrou plastičnost a tedy povrchovou úpravu, na druhé straně však při vysychání štuky dochází v jeho důsledku k významnému smršťování, a tudíž ke vzniku nežádoucích trhlin. Proto je dávkování vápenného hydrátu a plniva štukových omítek vázáno na kompromisní řešení dobré zpracovatelnosti a minimálních objemových změn. Pokud tento problém není možné vyřešit pouhou optimalizací dávkování, je nutné použít ztekucovací přísadu, a tím snížit dávkování vody. Dalším možným prostředkem je eliminace potenciálních smršťovacích trhlin tzv. disperzní výztuží, tj. vlákny.

## **1.2. Zkoušky technologických vlastností**

Poté, co byly navržené hmoty optimalizovány z hlediska aplikačních vlastností, byly vzorky podrobeny technologickým zkouškám. Nejdůležitější sledovanou vlastností u všech vzorků byla jejich objemová hmotnost, která ve stavu čerstvé malty determinuje použitelnost dané směsi z hlediska jejích stínících schopností. Jde totiž o to, že na základě Rozhodnutí SÚJB ČR je použitelnost stínících barytových směsí řady X-Ray Stop, do které mají vyvíjené hmoty náležet, vázána na objemovou hmotnost  $2500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  v případě omítek a  $3000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  v případě betonů. Objemová hmotnost všech vzorků vyvíjených stínících hmot byla proto zkoušena jednak ve stavu suché směsi, a to jako sypaná a v setřeseném stavu, dále ve stavu čerstvé malty a konečně ve stavu zatvrdlé hmoty po době zrání 28 dní. Vedle toho byla v souvislosti s příslušnými normami zkoušena, vyjma hmoty pro tvarovky, přídržnost vzorku po 28 dnech zrání v laboratorním prostředí. Všechny vzorky bez výjimky byly podrobeny zkouškám pevnosti v tlaku a v tahu za ohybu, a to rovněž po 28 dnech uložení v laboratorním prostředí.

## **1.3. Zkoušky stínících schopností**

Vzorky jednotlivých hmot, jejichž složení bylo optimalizováno z hlediska aplikačních i technologických vlastností, byly závěrem podrobeny sledování stínících schopností. Stínící zkoušky byly uskutečněny jako porovnávací, kde referenčním vzorkem byla stínící barytová omítka X-Ray Stop.

# **2. VÝVOJ JEDNOTLIVÝCH STINÍCÍCH HMOT**

## **2.1. Lepicí barytový tmel**

Postupnou korekcí navržených receptur byly připraveny vzorky, který byly dále odzkoušeny z hlediska vlastností aplikačních, technologických a stínících. Zároveň byla zkoumána možnost ekvivalentní náhrady cementového pojiva směsným hydraulickým pojivem, jehož vývoj je v současné době předmětem řešení jiného výzkumného zadání ÚTHD VUT Brno.

Co se týče posouzení aplikačních vlastností vzorků lepicího tmele, bylo k oběma subjektivně vyhodnocovatelným vlastnostem, tj. stékavosti a plastičnosti tmele, konstatováno, že vzorky jsou zcela vyhovující. Výsledky stanovení otevřeného času činily při uložení na pórobetonovou desku bez úpravy povrchu 15 minut a na vystěrkovanou pórobetonovou desku 30 minut.

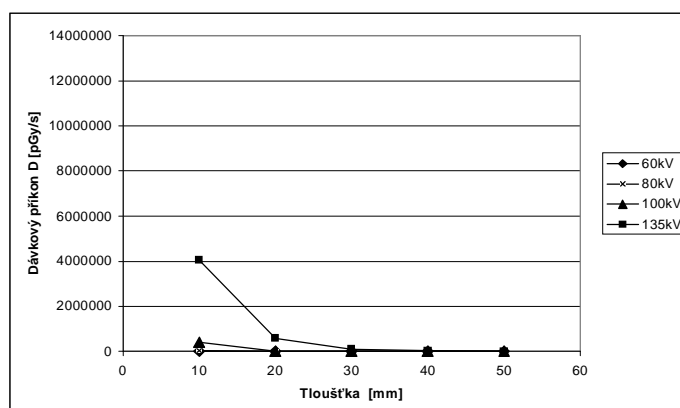
Z výsledků zkoušek technologických vlastností, uvedených v tab. 1, je patrné, že přídržnost mezi obkladem a zkoušeným cementovým tmelem je při uložení v laboratorním prostředí

dostačující pro nejvyšší třídu lepicích tmelů C2, a se směsným hydraulickým pojivem alespoň pro třídu C1, která je pro obklady v interiérech zcela postačující.

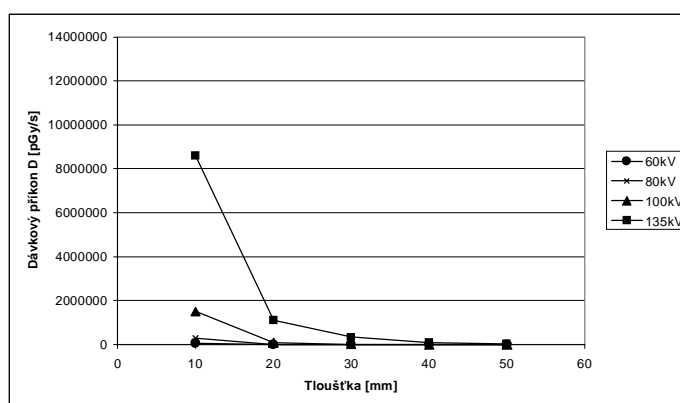
**Tab.1:** Technologické vlastnosti lepicího tmelu

Sledovaná vlastnost	Lepicí tmel	
	Cementové pojivo	Směsné hydraulické pojivo
Vodní součinitel [-]	0,18	0,27
Přídržnost po 28 dnech [MPa]	1,7	0,6
Pevnost v tlaku 28 dnech [MPa]	33,4	1,3
Objemová hmotnost suché směsi [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]		
- sypaná	2060	1490
- v setřeseném stavu	2440	1900
Objemová hmotnost malty [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]		
- čerstvé	2705	2540
- po 28 dnech zrání	2380	2370

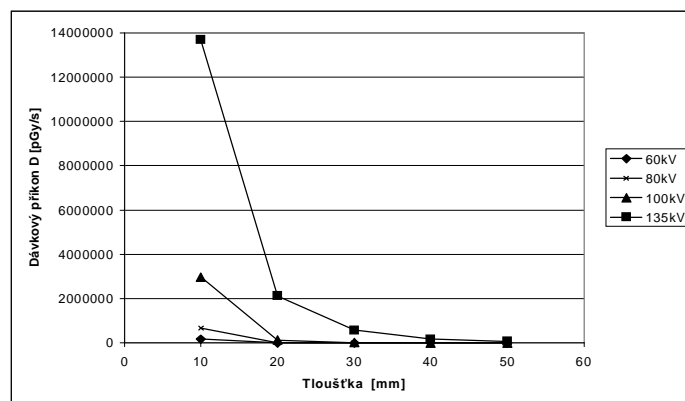
Výsledky stanovení stínících schopností, vyjádřené jako hodnoty dávkového příkonu, jsou pro referenční omítku X-Ray Stop uvedeny v grafu na obr. 1, pro lepicí tmel s cementovým pojivem na obr. 2 a pro lepicí tmel se směsným pojivem na obr. 3.



**Obr. 1:** Dávkový příkon v závislosti na tloušťce desky – srovnávací omítku X-Ray Stop



**Obr. 2:** Dávkový příkon v závislosti na tloušťce desky - lepicí tmel s cementovým pojivem



**Obr. 3:** Dávkový příkon v závislosti na tl. desky - lepicí tmel se směsným hydraulickým pojivem

Jak vyplývá z grafického vyjádření, má barytový lepicí tmel s cementovým pojivem srovnatelné stínicí vlastnosti jako atestovaná barytová omítka X-Ray Stop, avšak lepicí tmel se směsným hydraulickým pojivem naopak vlastnosti horší. Důvodem byl mimořádný pokles objemové hmotnosti vyzrálého tmelu ve vztahu k objemové hmotnosti čerstvé malty, jehož příčiny se však nepodařilo doposud hodnověrně vysvětlit.

## 2.2. Vysprávkový barytový tmel

Vysprávkový tmel byl vyvíjen pouze na bázi cementového pojiva. Co se týče subjektivně vyhodnocovaných aplikačních vlastností, tj. roztíratelnosti a stékavosti, bylo konstatováno, že konečná verze tmelu vykazuje vhodné chování v tom smyslu, že se dobře nanášel a položený omítník nevykazoval samovolný vertikální pohyb neboli skluz. Co se týče objektivně měřitelných aplikačních vlastností, vykázal tmel dobu zatuhnutí v délce cca 25 minut.

Technologické vlastnosti vysprávkového tmelu uvádí tab.2.

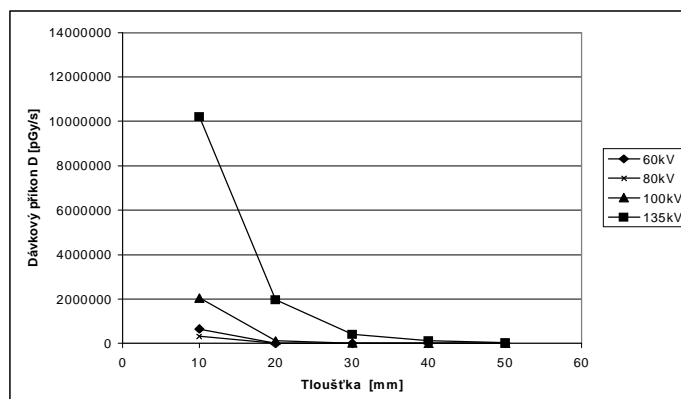
**Tab.2:** Technologické vlastnosti vysprávkového tmelu

Sledovaná vlastnost	Vysprávkový tmel	
	Cementové pojivo	
Vodní součinitel [-]	0,25	
Přídržnost po 28 dnech [MPa]	0,5	
Pevnost v tlaku 28 dnech [MPa]	4,9	
Objemová hmotnost suché směsi [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]		
- sypná	1580	
- v setřeseném stavu	1880	
Objemová hmotnost malty [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]		
- čerstvé	2705	
- po 28 dnech zrání	2380	

Vzhledem k tomu, že vysprávkový tmel nemá doposud vytvořenou harmonizovanou normu, byly hodnoty přídržnosti vyhodnoceny dle normy pro lepicí tmely. Z naměřených výsledků vyplynulo, že hodnota přídržnosti 0,50 MPa vyhovuje požadavku na třídu lepicího tmelu C1,

a měla by být proto bez problému vyhovující i pro tuto, z hlediska technologických vlastností, zcela nenáročnou hmotu.

Výsledky měření dávkového příkonu vyvinutého vysprávkového tmelu uvádí obr. 4.



**Obr. 4:** Dávkový příkon v závislosti na tloušťce desky – vysprávkový tmel s cem. pojivem

Stínicí schopnosti vysprávkového tmelu byly podobné, event. jen mírně horší, než barytové omítky X-Ray Stop. Pro daný účel použití je však jejich stínění plně dostačující.

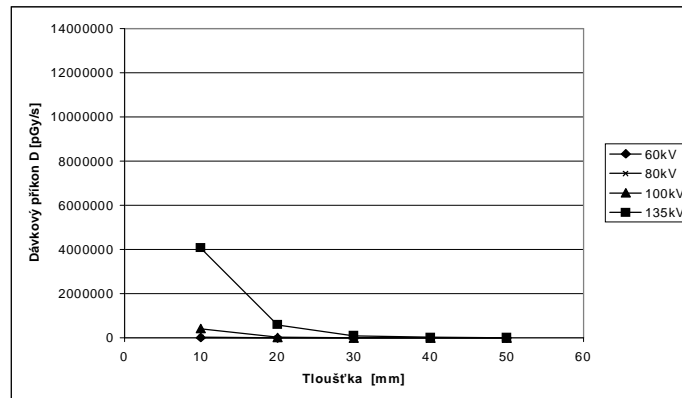
### 2.3. Štuková barytová omítka

Co se týče aplikačních vlastností, vyvinutá štuková omítka se dobře nanášela i filcovala, doba zavadnutí byla 2-3 minuty. Byla však poněkud hrubozrnnější než běžné omítky, jelikož z hlediska stínění bylo nutné sestavit zrnitostní křivku tak, aby co nejvíce omezovala pravděpodobnost tvorby trhlin.

Výsledky technologických zkoušek jsou uvedeny v tab. 3, hodnoty dávkového příkonu štukové omítky jsou graficky znázorněny na obr. 5.

**Tab.3:** Technologické vlastnosti štukové omítky

Sledovaná vlastnost	Štuková omítka s vápenným pojivem
<b>Vodní součinitel [-] :</b>	0,24
<b>Přídržnost po 28 dnech [MPa]</b>	0,1
<b>Pevnost v tahu za ohybu 28 d [MPa] :</b>	0,4
<b>Objemová hmotnost suché směsi [kg·m<sup>-3</sup>] :</b>	
- sypná	1600
- v setřeseném stavu	1780
<b>Objemová hmotnost malty [kg·m<sup>-3</sup>] :</b>	
- čerstvé	2520
- po 28 dnech zrání	2260



**Obr. 5:** Dávkový příkon v závislosti na tloušťce desky - štuková omítka

Dle výsledků měření technologických vlastností lze říci, že vlivem silné plastifikace vykázala omítka nízkou spotřebu záměsové vody, díky níž měla následně dostatečně vysokou objemovou hmotnost ve stavu čerstvé malty. Z hlediska stínění měla vyvinutá štuková omítka dokonce lepší stínicí schopnosti než omítka srovnávací .

## ZÁVĚR

Lze konstatovat, že provedený vývoj stínících barytových směsí kompletuje ucelený systém barytového stínění X-Ray Stop. Z hlediska stavebního využití se jednalo o vývoj tmelu na lepení obkladů a dlažeb, štukové omítky a tmelu pro vysprávky povrchů a rychlé osazení omítníků, hran či podobných prvků. Jelikož se vyjmenovaný sortiment vzájemně podstatně odlišuje v potřebné granulometrii, vytváří tak předpoklad pro efektivní využití široké frakce barytového kameniva, které je v současnosti nakupováno jen pro potřebu výroby barytových omítek jádrových a barytových potěrových betonů. S tímto souvisí i možnost racionálního využití barytových odprašků za sušicí a třídící linkou, které lze bez větších problémů dávkovat do jemnozrnných směsí především typu tmelů event. i štuk.

Náhrada cementu směsným hydraulickým pojivem byla ve všech zkoušených případech do jisté míry problematická. Jde o to, že směsné hydraulické pojivo má samo o sobě poměrně nízkou objemovou hmotnost, a proto snižuje i objemovou hmotnost stínících barytových směsí. Vedle toho vykazuje podobně jako celá skupina hydraulických vápen, do které náleží, i podstatně nižší pevnosti než cement. U vyvíjených barytových hmot na této bázi se proto další vývoj bude orientovat na použití směsného pojiva se směšovací poměrem co nejvíce zvýšeným ve prospěch popílku a na úkor vápenného hydrátu.

*Příspěvek vznikl za podpory grantového projektu POKROK 1H-PK/43 a grantového projektu GA 103/05/H044.*

## Literatura

- [1] FRIDRICHOVÁ, M.; HOFFMANN, O.; POSPÍŠILOVÁ, P., Barytové směsi pro stínění ionizujícího záření, *Konference – Ekologie a nové stavební hmoty a výrobky*, 2005, BRNO, ISBN 80-239-4905-5
- [2] HOBST, L.; VÍTEK, L.; FRIDRICHOVÁ, M., Vývoj přípravy a technologie stínících barytových omítek. Sborní konference Beton TKS, ČR, ISBN 1213-3116
- [3] FRIDRICHOVÁ, M.; POSPÍŠILOVÁ, P.; VEHOVSKÁ, L., Ochranné barytové směsi proti ionizujícímu záření, článek v *Stavební a investorské noviny*, SNi, Zlín, 2005