

ROZPTÝLENÁ MIKROVÝZTUŽ ZE SKLENĚNÝCH VLÁKEN GLASS FIBRE CHOPPED STRAND REINFORCEMENT

TEODOR BENEŠ

Alkalivzdorná sekaná skleněná vlákna jako výztuž do betonu. Dva rozdílné požadavky na vlákna. Vlákna s rozplavitelnou úpravou proti smršťovacím trhlinám – ANTI-CRAK HD. Celkové zvýšení obrusnosti vyztužením betonu vlákny – ANTI-CRAK HP. Hybridní vyztužení skleněnými vlákny. Plošné vyztužení samonivelačních stěrek rohoží Cem-MAT.

Alkali resistant chopped strand glass fibres as reinforcement for concrete. Two different requirements for fibres. Strands with dispersible sizing for high efficiency in early age of concrete – ANTI-CRAK HD. Integral abrasion resistant chopped strands reinforcement for concrete ANTI-CRAK HP. Hybrid glass fibre reinforcement. Positioned reinforcement Cem-MAT for self levelling top floor screeds.

Na rozdíl od již třicetileté historie skloce-mentu jsou aplikace skleněných vláken do betonu mnohem mladší (druhá polovina devadesátých let), neboť dříve nebyly k dispozici vhodné typy pramenů alkalivzdorných skleněných vláken použitelných do betonové směsi. Ze stejného důvodu se používání skleněných vláken do pytlovaných suchých směsí rozšířilo až později.

SKLENĚNÁ VLÁKNA

Sklo ve tvaru vláken má vlastnosti velmi vhodné výztuže. Roztavená sklovina o teplotě až 1 560 °C protéká přes platinoiridiové perforované destičky. Na vzniklá rychle chladnoucí monovlákna je nánášena povrchová lubrikace, která je spojuje do pramenů a je rozhodující pro jejich další použití (obr. 1). Technologie výroby kontinuálních vláken umožňuje zajistit i zdravotní nezávadnost výrobku. Kritérium karcinogenity pro vlákna stanovuje jako kritický průměr vláken do 3 μm. Průměry skleněných vláken typu Cem-FIL jsou 14 μm, což je vysoko nad požadovanou hranicí (obr. 2).

Hmoty na cementové bázi kladou další požadavek na skleněné vlákno a tím je odolnost proti silně alkalickému prostředí (pH 12 až 14). Koncem šedesátých let bylo ve Velké Británii vyvinuto alkalivzdorné skleněné vlákno Cem-FIL tzv. zirkoniči-

tého typu. Alkalirezistence vláken je měřena speciální zkouškou SIC (strand in cement). Výsledkem zkoušky je pevnost vlákna v tahu po expozici v alkalickém prostředí cementového tělíska ve vodě za vysokých teplot. Skleněné vlákno typu E (eutralové) je v prostředí cementové matrice rychle napadáno a brzy zcela ztrácí vyztužnou schopnost (obr. 3).

Kromě složení skloviny má pro alkalivzdornost velký význam i zmíněná lubrikace vláken. Speciální lubrikace Cem-FIL druhé generace problém alkalivzdornosti prakticky vyřešily. Lubrikace kromě ochranné funkce plní ještě jednu, pro aplikace do betonu a malt stejně podstatnou roli, tou je zajištění rovnoměrného rozmíšení ve směsi ve tvaru pro vyztužování nejvýhodnějším.

Lubrikacemi lze přizpůsobit typ skleněné mikrovýztuže na míru. Použití vláknité mikrovýztuže do betonu se dá rozdělit na dvě oblasti. První je zabránit, nebo výrazně omezit vznik trhlin v betonu nebo maltách během zrání. Druhou je zvýšení pevností vyzrálého betonu.

OCHRANA BETONU PROTI TRHLINÁM BĚHEM ZRÁNÍ

Aby pro toto určení byla vláknitá mikrovýztuž účinná, musí být v krychlovém metru přítomna ve stovkách milionů kusů, musí být tak dlouhá, aby překlenovala v matrici dostatečně velkou vzdálenost a zároveň musí být dobře a rovnoměrně rozmístěná v objemu. Jako pro každou výztuž, platí i zde, že modul pružnosti výztuže musí být vyšší než modul pružnosti vyztužované hmoty. Nízkomodulová organická vlákna nejsou schopna beton vyztužovat a jejich účinnost je omezena pouze na několik prvních hodin tuhnutí a ztuhnutí betonu, viz obr. 4. Lubrikace také musí zajišťovat tzv. cementonosnost – schopnost smáčení v cementové pastě.

Výrobkem tohoto typu jsou prameny s rozplavitelnou lubrikací typu ANTI-CRAK HD. Tato lubrikace umožňuje, že se nasekané prameny tvořené z výroby 800 kusy monovláken rozvolní ve směsi na jednotlivé velmi jemné fibrilky. Na rozdíl od nízkomodulových organických vláken je tato skleněná mikrovýztuž funkční i ve vyzrálém betonu a ovlivňuje příznivě především jeho trvanlivostní parametry.



Obr. 1 Výroba kontinuálního skleněného vlákna

Fig. 1 Continuous glass fibres manufacturing

SKLENĚNÁ ROZPTÝLENÁ VÝZTUŽ

Druhou oblastí použití skleněných alkalivzdorných vláken je zvýšení pevnosti betonu v tahu za ohybu, rázu a houževnatosti. Zde již musí jemná vlákna působit v prameni.

U skleněných pramenů do betonu mimořádně stoupá význam lubrikace pramene. Ve výrobě kontinuálních skleněných vláken se používá řada lubrikací specifikovaných podle technologických požadavků na použití pramenů. Pro aplikace do betonu i při výrobě suchých směsí musí prameny odolat tření při míchání s kamenivem. Došlo-li by při míchání k rozbití pramene, mohou vznikat shluky rozbitých vláken, jejichž vyztužná schop-

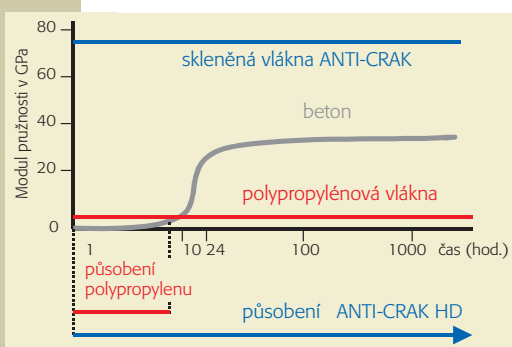
Obr. 2 Porovnání azbestových a skleněných vláken Cem-FIL
Fig. 2 Comparison of asbestos fibres and Cem-FIL AR glass fibre





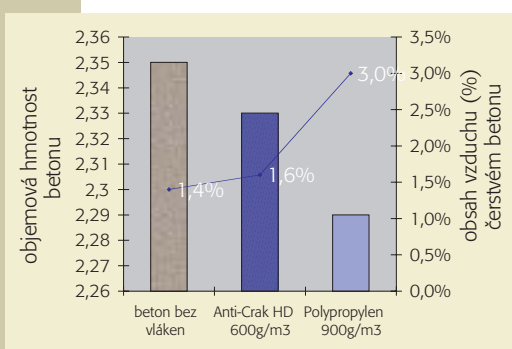
Obr. 3 Vlevo vlákno typu E po několika týdnech v betonu, vpravo vlákno Cem-FIL po několika letech expozice v betonu

Fig. 3 E-glass in concrete after a few weeks -left, Cem-FIL AR Glass fibre in concrete after several years -right



Obr. 4 Porovnání účinnosti vysokomodulových vláken ANTI-CRAK a polypropylénových vláken v ranném věku betonu

Fig. 4 Efficiency comparison of high modulus ANTI-CRAK fibres and polypropylene fibres in early age concrete



Obr. 5 Vlastnosti čerstvého betonu

Fig. 5 Characteristics of fresh concrete (Universidade de Sao Paulo, Brazil)

nost je téměř nulová. Lubrikace musí umožnit, aby pramen byl při míchání ohebný a aby nedocházelo k jeho zlomení. Obvykle lubrikace sehrává i roli dodatečné ochrany vlákna proti alkalitě v cementové hmotě.

rozplavitelné prameny ANTI-CRAK HD	
nasekané prameny vláken, které se při kontaktu s vlhkostí rozpadnou na 800 kusů monovláken	
Počet vláken v 1 kg	200 miliónů kusů
Modul pružnosti	72 GPa
Pevnost v tahu	3500 MPa
Délka vláken	12 mm (standard), 6 mm, 3 mm
Průměr monovláknka	14 μm (0,014 mm)
Balení	v 600 g sáčcích, krabice po 25 sáčcích
Dávkování	1 sáček – 0,6 kg na 1 m ³ betonu, 1,2 až 1,8 kg do omítek
Míchání	přidávat lze v kterémkoli stadiu míchacího cyklu

otěruvzdorné prameny ANTI-CRAK HP	
nasekané prameny, které jsou tvořeny 100 kusy monovláken spojených dohromady	
Počet pramenů v 1 kg	2 milióny kusů
Délka pramenů	12 mm (standard), 6 mm, 18 mm
Balení	krabice po 18 kg, 36 krabic na paletě
Dávkování	– do podlahových potěrů a konstrukčních betonů 1 až 10 kg/m ³ – do stříkaných betonů 3 až 20 kg/m ³
Míchání	přidávat na konci míchacího cyklu (promíchávat cca 2 minuty) nebo vysypávat do domíchávače před transportem

Tato problematika je složitá a vývoj speciální lubrikace byl časově i finančně náročný. Aplikace skleněných vláken do betonu mají zhruba dvacetileté zpoždění oproti použití pramenů vláken při výrobě sklocementu technologií premix – vmíchávání sekaných pramenů do cementopískové břečky. Integrální prameny vláken určené do sklocementových břeček (typy Cem-FIL 60/2 nebo NEG H350Y) mají nízkou odolnost proti rozbití pramene v betonu nebo suchých směsích. Tyto typy jsou někdy z neznalosti doporučovány i do betonu. Výsledky jsou však neuspokojivé, což lze z uvedených důvodů očekávat. Každá technologie s použitím skleněných vláken klade specifické požadavky na lubrikace a jednotlivé typy skleněných vláken nelze zaměňovat.

Speciálním typem skleněných pramenů s otěruvzdornou lubrikací určenou do betonu a suchých směsí jsou prameny ANTI-CRAK HP. Pramen je tvořen 100 kusy monovláken a jejich spojení lubrikací je zároveň dostatečně odolné otěru a dostatečně poddajné, aby nedocházelo ke zlomení pramene. Tato lubrikace zvyšuje alkalivzdornost pramenů na nejvyšší světovou úroveň (Cem-FIL 2).

Vliv otěruvzdorné integrální lubrikace pramenů na zpracovatelnost betonové směsi ukazuje obr. 7. Prameny ANTI-CRAK HP výrazně méně snižují sednutí Abramsova kužele ve srovnání s polypropylénovými vlákny.

Ve srovnání s ocelovými drátky jsou prameny ANTI-CRAK HP velmi jemné. Jejich množství je v kg řádově vyšší, díky svým

rozměrům i nižší objemové hmotnosti. Příznivé parametry skleněných vláken se projevují v účinnosti vyztužení, obr. 8.

Oba typy ANTI-CRAK jsou u nás již běžně používány. Rozplavitelný typ ANTI-CRAK HD se používá především do podlah, které se snadno strojně zahlazují a vlákna netrčí z povrchu (např. podlahy v Carrefour Hradec Králové, velkoskladu Monroe atd.), do opravných hmot na beton (např. hmoty firem Betosan, s. r. o., Saman, s. r. o., Firesta, a. s.) a v délkách 3 nebo 6 mm i do kosmetiky betonu a tmelů. V zahraničí se užívá, kromě uvedeného, pro betonáž do tzv. klouzavých forem.

ANTI-CRAK HP jako účinnější rozptýlená vyztuž nachází uplatnění v betonových

Obr. 6 Pramen vláken Cem-FIL ANTI-CRAK HP v betonu – zvětšeno

Fig. 6 Cem-FIL ANTI-CRAK HP strand on concrete – enlargement



podlahách (např. podlahy v objektu Inocomtrans CZ v Praze, rekonstrukce podlah Slovanského domu v Praze, Janáčkova divadla v Brně atd.), opravách vodních děl (např. jez na Ostravici v Ostravě-Vítkovicích), mostech, potěrech, stříkaných betonech, samonivelačních hmotách (např. výrobky firem Panbex, Hasit) a jako náhrada konstrukční výztuže v malých prefabrikátech. Předností je, že skleněné prameny nepotřebují krycí vrstvy, protože nepodléhají korozi, snadno se zapracovávají a netrčí z povrchu.

HYBRIDNÍ VÝZTUŽE ZE SKLENĚNÝCH VLÁKEN

Dva popsané základní typy pramenů – rozplavitelný a integrální antiabrazivní působí v betonu jakoby odděleně. Není překvapením, že se oba typy kombinují. Pro potěry, zvláště při opravách balkonů se v zahraničí (Německo, Dánsko atd.) a nyní i u nás, používá hybridní výztuž ANTI-CRAK HDP – kombinace výše uvedených pramenů HD a HP v délkách 12 mm.

Pro speciální hmoty jako jsou samonivelační stěrky je nutná kombinace délek pramenů. Vyšší dávkování pramenů ANTI-CRAK HP v délce 12 mm vede ke snížení roztékavosti stěrky. Proto je při zachování vysoké výztužovací schopnosti používána kombinace délek 6 a 12 mm v poměru, který zaručuje optimální vlastnosti. Tato hybridní výztuž je dodávána v sáčcích po 250 g pod názvem ANTI-CRAK HLP.

Obr. 10 Rozlévání stěrky s vlákny na rozvinutou rohož na dřevěné podlaze

Fig. 10 Pouring of self-levelling top screed with fibres on the wooden floor with mat.



Obr. 7 Zpracovatelnost směsi s vlákny ANTI-CRAK HP a polypropylénovými vlákny

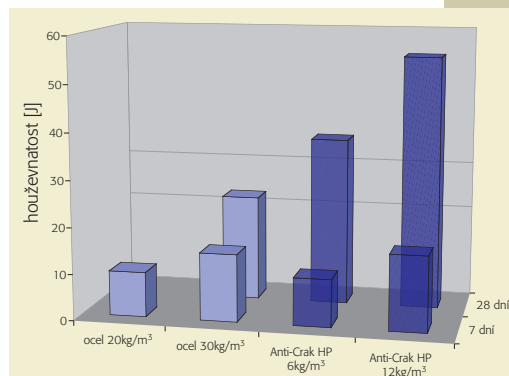
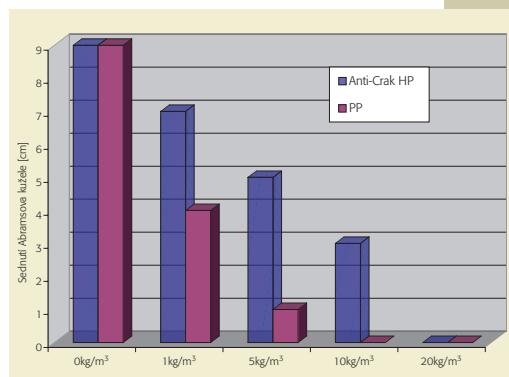
Fig. 7 Workability of ANTI-CRAK HP and polypropylene fibres (Laboratoire Mecanique Materiaux INSA Lyon, France)

PLOŠNÉ VÝZTUŽE ZE SKLENĚNÝCH VLÁKEN

Relativně nově je uplatnění plošných výztuží z AR vláken, které lze rozdělit na mířky – sítě, orientované prameny a rohože. Plošné výztuže z alkalizdomných vláken jsou používány v technologiích výroby desek na linkách např. technologie Durapack. Mimo tuto oblast se v zahraničí a v posledních letech i u nás nejčastěji používají rohože Cem-MAT. Jedná se o plošnou výztuž z 50 mm dlouhých pramenů Cem-FIL o plošné hmotnosti 120 g spojených dohromady ve vodě rozpustným lepidlem. Tato mimořádná vlastnost umožňuje, že rohož nemusí být kotvena k podkladu a že případné vzdušné vlny po rozvinutí role zmizí, jakmile je rohož zalita směsí. Rohože se používají především do tenkovrstvých samonivelačních sterek. Oblast jejich použití se rozšiřuje i na problematické podklady jako jsou dřevěné nebo jinak nerovné podlahy.

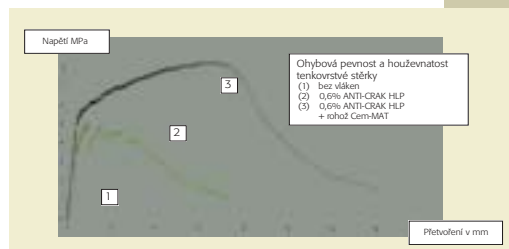
Použití rohože Cem-MAT a pramenů ANTI-CRAK HLP zcela mění vlastnosti původní stěrky. Vzniká již houževnatý sklo-cementový kompozit (nyní v normách ne zcela vhodně pojmenovaný jako sklovláknobeton), o němž byla zmínka úvodem. Díky této speciální rohoži, hybridní výztuži HLP a samonivelačním hmotám, je to však zcela jiná technologie.

Tento článek vznikl jako reakce na diskusi na oficiálním fóru i v kuloárech Be-



Obr. 8 Porovnání vlivu vláken na houževnatost

Fig. 8 Comparative testing the influence of the fibres – ductility (Universidade de Sao Paulo, Brazil)



Obr. 9 Porovnání ohybové pevnosti a houževnatosti samonivelační stěrky

Fig. 9 Bending strength and toughness comparison of the top screed

tonářských dnů 2001 v Pardubicích. Ukazuje se, že téma skleněných mikrovýztuží je pro odbornou veřejnost zajímavé a že lze očekávat jejich další rozšíření v běžné praxi.

Ing. Teodor Beneš, CSc.
SKLOCEMENT BENEŠ, s. r. o.
Korunní 22, 709 00 Ostrava
tel.: 069 662 0750, fax: 069 662 0757
e-mail: teodor.benes@sklocement.cz,
www.sklocement.cz