

OVĚŘENÍ FYZIKÁLNĚ-MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ POLYMERNÍCH LEPICÍCH HMOT

ASSESSMENT OF PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMER ADHESIVE MATERIALS

Radek Hermann¹, Jana Majerová¹, Petr Figala¹

¹Fakulta stavební VUT v Brně, Brno University of Technology, Veveří 331/95, Czech Republic

Abstrakt

Tento článek se zabývá problematikou polymerních lepicích malt. V této studii byly použity vinyl-esterové a epoxidové pryskyřice v kombinaci s křemenným plnivem. Tato práce studuje fyzikálně-mechanické vlastnosti vyvinutých malt. Pevnost v tlaku, ohybu a ořezuvzdornosti. Pro každou maltu byl zjištěn maximální plnicí poměr při zachování použitelnosti zednickým způsobem (špachtlí či lžící). Výsledky ukazují, že epoxidová malta na bázi aminu vykazuje nižší fyzikálně-mechanické vlastnosti než lepicí malta na bázi vinylesteru, kromě odolnosti proti obrusu, u níž dosáhla hmota na bázi epoxidu výrazně lepších výsledků.

Klíčová slova

Lepicí hmota, polymer, epoxid, vinylester

Abstract

This paper deals with the problematics of polymer adhesive mortars. In this study, the vinyl ester and epoxy resins filled with siliceous filler were used. This paper studies physical-mechanical properties of developed mortars. The compressive strength, flexural strength, and abrasion resistance. The maximum filling ratio for each mortar was found while preserving the applicability in masonry way (by spatula). The results show that the amine-based epoxy mortar exhibits lower physical-mechanical properties than the vinylester-based adhesive mortar, except for the abrasion resistance, in which the epoxy-based composite has achieved significantly better results.

Keywords

Adhesive, polymer, epoxy, vinylester

1 ÚVOD

Polymerní lepicí malta je směs minerálního kameniva a polymerní pryskyřice, která nahrazuje portlandský cement a vodu jako pojivo v běžných opravných maltách. Polymerní malta vykazuje výrazně vyšší odolnost vůči celé řadě korozivních činidel a vykazuje vyšší pevnosti a nižší propustnost než běžné cementové opravné malty [1]. Nevýhodou polymerní malty je cena, která může být 100 – 200krát vyšší než u běžné cementové opravné či lepicí malty. Polymer-pryskyřičné lepicí a správkové malty lze použít například také pro opravy konstrukcí z vysokopevnostních betonů jako náhradu chybějícího nebo zkorodovaného betonu s použitelností již 24-48 hodin po aplikaci. Některé polymery mohou být zatíženy i po výrazně kratší době (2-5 hodin). Epoxidové malty a polymerbetony jsou velmi důležité v současných aplikacích oprav betonových prvků, používají se také zároveň pro lepení oceli, betonu a různých, téměř veškerých materiálů. Například lokální trhliny na komunikacích a mostech lze opravit ve velmi krátké době a opravy vykazují velmi dobrou odolnost vůči široké škále zatížení, srovnatelné či přesahující parametry opravované konstrukce [2]. Některé polymerní pryskyřice lze pro dosažení požadované konzistence/zpracovatelnosti a snížení ekonomické náročnosti plnit až z 90 % amorfními plnivými. Plniva se používají především pro snížení ekonomické náročnosti polymerních malt, zároveň však například pro zvýšení pevnosti v tlaku či chemické odolnosti [3]. V tomto článku bylo použito vodou ředitelné epoxidové pryskyřice a vinylesterové pryskyřice k přípravě lepicích malt a posouzení vybraných fyzikálně-mechanických vlastností.

2 POPIS SOUČASNÉHO STAVU

Trend ve stavebnictví dnešní doby směřuje k využívání stále většího množství polymerních hmot. Tato skutečnost vyplývá především z nároků zákazníků na fyzikálně-mechanické vlastnosti stavebních hmot v kombinaci s co největším snížením spotřeby materiálu, zvýšení štíhlosti atd. Tento trend dále směřuje k co největšímu zkrácení například odstávek ve výrobě (polymerní hmoty mají obecně výrazně kratší dobu zrání než např. cementové správkové či lepicí hmoty), použití za nízkých teplot, použití ve velmi malých tloušťkách při zachování vysokých odolností apod.

Nejvíce využívané polymerní materiály v dnešní době jsou na poli správkových a lepicích hmot epoxidy a polyestery. Oba materiály dosahují velmi vysokých fyzikálně-mechanických vlastností, vysoké hodnoty přídržnosti k betonu a dalším běžně využívaným materiálům, za relativně příznivé ekonomické náročnosti.

Polymerní materiály jsou ve stavebnictví využívány v celé řadě aplikací. Polymerní redispersgovatelné prášky se využívají například pro úpravu vlastností cementových malt a betonů za účelem úpravy užitných vlastností (modifikace modulu pružnosti, přídržnosti, odolnosti apod.). Další druhy polymerů, mezi které patří například polyuretany, vinylestery, polyestery, epoxidy se využívají především pro výrobu správkových a lepicích malt.

Polymerní materiály se standardně plní pomocí inertních plniv s přidávkem pigmentů pro zajištění především vhodné konzistence pro daný typ použití výsledné hmoty. Primární suroviny využívaných polymerních hmot jsou standardně relativně nízko viskózní, nelze je tedy využít bez dalších úprav reologických vlastností využít pro všechny aplikace. Přídavek plniv zároveň významným způsobem snižuje ekonomickou náročnost jinak velmi nákladných surovin.

V současné době je velká snaha opouštět od využívání primárních plniv, které se stávají nákladnými a zároveň jejich množství na světovém trhu ubývá. Zároveň se však zvyšuje významným způsobem snaha o recyklaci a druhotné využití odpadů, což vede současný výzkum k průzkumu dosud nezkoumaných surovin. Využití odpadů a druhotných surovin má za primární následek snížení ekonomické náročnosti vyráběných hmot, sekundárním účinkem je zvýšení poptávky po těchto produktech, z důvodu orientace dnešních zákazníků na environmentálně-příznivé produkty.

3 MATERIÁLY A METODIKA

V rámci této práce byla využita nízko viskózní vodou ředitelná epoxidová pryskyřice v kombinaci s polyaminovým tvrdidlem a epoxy-vinylesterová pryskyřice v kombinaci s methylethylketon peroxidovým tvrdidlem. Jako plnivo bylo využito odpadního písku s obsahem vodního skla z hutní výroby v kombinaci s železitým černým pigmentem.

Epoxidová pryskyřice

Pro výzkum v rámci této práce byla použita nízko viskózní diglycidyl ether epoxidová pryskyřice vyrobená kombinací bisphenolu A a F. K této pryskyřici bylo použito polyaminové tvrdidlo v poměru míchání 60 dílů pryskyřice, 40 dílů tvrdidla. Dle informací výrobce byla minimální doba zpracovatelnosti použité epoxidové pryskyřice (uváděná také jako pot life) 80 minut. Hustota pryskyřice smíchané s tvrdidlem byla $1,06 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Viskozita pojiva byla 500-800 mPas.

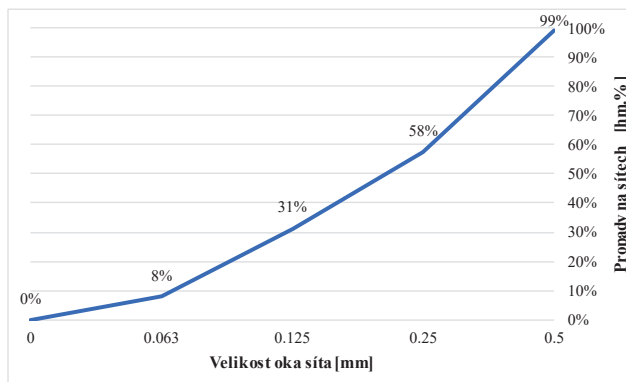
Epoxy-vinylesterová pryskyřice

Pro výzkum byla dále použita epoxy-vinylesterová pryskyřice. K této pryskyřici bylo použito methylethylketon peroxidové tvrdidlo v poměru míchání 98,75 dílů pryskyřice a 1,25 dílu tvrdidla. Dle informací výrobce byla minimální doba zpracovatelnosti použité epoxidové pryskyřice (uváděná také jako pot life) 30 minut. Hustota pryskyřice smíchané s tvrdidlem byla $1,05 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Viskozita pojiva byla 600-900 mPas.

Plnivo

V rámci výzkumu byl využit jako plnivo do lepicích malt slévárenský písek s obsahem vodního skla, jakožto druhotná surovina z hutnického průmyslu o zrnitosti 0-500 μm . Slévárenský písek s vodním sklem je materiál, který se používá jako bednicí materiál pro výrobu forem ve slévárně železa. Tento materiál lze po odbednění výrobků použít opakovaně, ale postupem času postupně degraduje vnášením nečistot, kousků železa a dalších cizích materiálů, které postupně snižují jeho kvalitu. Tento materiál je tvořen převážně velmi čistým křemenným pískem s obsahem 80-85 hm.% SiO_2 a menším množstvím rozpustného skla (křemičitan sodný). V České republice

se ročně vyrobí 30 000 tun tohoto materiálu [4]. Plnivo bylo předupraveno pomocí čelistového drtiče na požadovanou zrnitost a následně bylo smícháno s 2 hm.% černého železnatého pigmentu. Analýza granulometrie je znázorněna na Obr. 1.



Obr. 1 Sítový rozbor použitého plniva.

Formulace

V rámci výzkumu bylo využito jednoduchých formulací, které sestávaly ze smíchání pojivové složky s předem zhomogenizovanou plnivovou složkou v poměru takovém, který zajišťoval maximální míru naplnění při zachování zpracování zednickým způsobem (špachtlí či lžící).

Receptury

V rámci výzkumu byly stanoveny materiálové vlastnosti polymerních kompozitů u kterých byla stanovena maximální míra plnění při zachování zpracovatelnosti zednickým způsobem. V Tab. 1 jsou uvedeny použité receptury.

Tab. 1 Formulace receptur využitých v rámci výzkumu.

Míra plnění	80 hm.% EPOXID	68 hm.% VES
Pryskyřice [hm. %]	12,0	31,6
Tvrdidlo [hm. %]	8,0	0,4
Plnivo včetně 2 hm.% pigmentu [hm. %]	80,0	68,0

Metody

Epoxydová pryskyřice i epoxy-vinylesterová pryskyřice byly smíchány s tvrdidly a důkladně promíchány elektrickým míchadlem při rychlosti přibližně 400 otáček za minutu po dobu 2 minut. Po této době bylo do směsi postupně přidáváno plnivo s železitým pigmentem. Materiál byl následně míchán jednu minutu, aby vznikla homogenní směs, kterou lze aplikovat zednickým způsobem.

Pevnost v tlaku a v tahu za ohybu

Pevnost v tlaku a v tahu za ohybu byla stanovována na vzorcích o rozměrech 20x20x100 mm. Pevnost v tlaku byla stanovována v souladu s ČSN EN 13892-2:2003 na vzorcích po stanovení pevnosti v tahu za ohybu pomocí přílozek o velikosti 20x20 mm pro rovnoměrné rozložení síly laboratorního lisu po celé ploše vzorku. Pevnost v tahu za ohybu byla stanovována třibodovým ohybem. Zkušební vzorky byly vyrobeny v počtu 3 ks od každé receptury. Vzdálenost podpor byla 80 mm [5].

Přidržnost k podkladu

Přidržnost k podkladu byla stanovována pomocí laboratorního odtrhoměru na vzorcích aplikovaných na předem připravený prefabrikovaný betonový vzorek dlaždice. Přidržnost k podkladu byla provedena po 7 dnech od zamíchání. Přidržnost k podkladu byla provedena v souladu s ČSN EN 1542:1999. Polymerní hmota byla nanášena ihned po zamíchání zednickým způsobem pomocí špachtle v tloušťce přibližně 3 mm. Zkušební vzorky byly vyrobeny v počtu 3 ks od každé receptury. Zrání polymerní hmoty probíhalo v laboratorním prostředí [6].

Objemová hmotnost

Objemová hmotnost připravených těles byla stanovována v souladu s ČSN EN ISO 845. Objemová hmotnost byla stanovena na laboratorních vzorcích o rozměrech 20x20x100 mm před stanovením pevnosti v tahu za ohybu [7]. Zkušební vzorky byly vyrobeny v počtu 3 ks od každé receptury.

Odolnost proti obruš

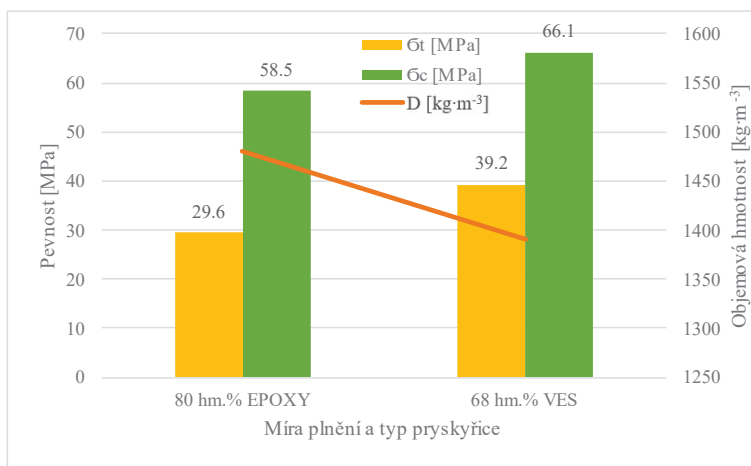
Odolnost proti obruš byla stanovena dle ČSN EN 13892-3:2003. Odolnost proti obruš byla testována metodou Böhme. Z každé polymerní lepicí malty byly připraveny tři zkušební vzorky o rozměrech 70x70x50 mm [8].

4 VÝSLEDKY

V této kapitole jsou popsány výsledky dosažené v rámci výzkumu.

Pevnost v tlaku a tahu za ohybu a objemová hmotnost

Pevnosti v tlaku a tahu za ohybu jsou znázorněny v kombinaci s objemovou hmotností na Obr. 2.



Obr. 2 Pevnost v tlaku, pevnost v tahu za ohybu a objemová hmotnost.

Na výše uvedeném obrázku obr. 2 je graficky znázorněna pevnost v tlaku, pevnost v tahu za ohybu a objemová hmotnost vzorků polymerní malty. Z grafu vyplývá, že polymerní kompozit na bázi epoxidové pryskyřice vykazuje o 12-20 % nižší pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku než polymerní kompozit z epoxy-vinylesterové pryskyřice.

Přidržnost k podkladu

Přidržnost k podkladu testovaných vzorků kompozitních polymerních lepicích malt byla stanovena pomocí ručního laboratorního odtrhoměru DYNA. Přidržnost byla stanovována k podkladu z prefabrikovaného betonu. U všech testovaných vzorků došlo k porušení v podkladu při pevnosti vyšší než 3,2-3,5 MPa, kdy došlo k tahovému porušení podkladního betonu. Přidržnost lepicích malt je tedy dostačující pro většinu aplikací.

Odolnost proti obru su

Odolnost proti obru su připravených vzorků polymerních lepicích pryskyřic byla stanovena metodou Böhme na laboratorním brusném talíři. Výsledky odolnosti proti obru su jsou uvedeny v následující tabulce (vyšší hodnota naměřená při stanovení odolnosti proti obru su značí nižší odolnost proti obru su)

Tab. 2 Výsledky odolnosti proti obru su.

Míra plnění a typ pryskyřice	80 hm.% EPOXID	68 hm.% VES
Odolnost proti obru su [$\text{cm}^3 \cdot 50\text{cm}^{-2}$]	6,28	5,56

5 ZÁVĚR

V rámci této studie byly studovány rozdíly fyzikálně-mechanických vlastností epoxidové pryskyřice (bisphenol A/F) v kombinaci s polyaminovým tvrdidlem (PA) a epoxy-vinylesterové pryskyřice v kombinaci s methylethylketon peroxidovým tvrdidlem (MEKP). Součástí výzkumu bylo provedení stanovení maximální míry plnění při zpracovatelnosti zednickým způsobem (špachtlí či lžíci). Tato byla stanovena pro epoxidovou lepicí maltu na 80 hm.% a pro epoxy-vinylesterovou lepicí maltu na 68 hm. %. Rozdíly v maximální míře plnění jsou dány především rozdílnou viskozitou pryskyřic po zamíchání, kdy epoxidová pryskyřice vykazovala výrazně nižší viskozitu. Jako plnivo bylo využito druhotné suroviny z výroby forem v hutním průmyslu, křemenného písku s obsahem vodního skla. Toto plnivo bylo smícháno s 2 hm. % železitého černého pigmentu. V rámci výzkumu bylo zjištěno, že epoxidová pryskyřice dosahuje i při výrazně vyšším plnění nižších pevností a to v tlaku ale také v tahu za ohybu. Přičemž předpoklad je, že polymerní pryskyřice ať už epoxidová, či epoxy-vinylesterová jsou nositeli především pevností v tahu za ohybu, kdežto plnivo je nositelem především pevností v tlaku. Ze stanovení přidržnosti k podkladu prefabrikovaného betonu bez použití adhezivních můstků bylo zjištěno, že obě lepicí malty dosahují velmi vysokých přidržností a k porušení došlo u všech vzorků až ve chvíli, kdy došlo k porušení tahových pevností podkladního betonu. Zároveň ze stanovení odolnosti proti obru su vyplývá, že epoxidová pryskyřice dosahuje také nižších odolností, než pryskyřice epoxy-vinylesterová.

Poděkování

Tento příspěvek byl podpořen projektem FAST-J-21-7318 „Studium správkových a lepicích hmot s vyšším obsahem druhotných surovin se zvýšenou odolností vůči extrémním zatížením pro obkladové prvky a betonové konstrukce“.

Použité zdroje

- [1] R. Bedi, R. Chandra and S. P. Singh, Mechanical Properties of Polymer Concrete, Journal of Composites. 2013, 1-12.
- [2] X. Xie, X. Zhang, Y. Jin, and W. Tian, “Research Progress of Epoxy Resin Concrete”, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 186, Sep. 2018.
- [3] D. G. Walters, Polymer Concrete. Detroit: American Concrete Institute, 1993.
- [4] BÍLEK, V. Možnosti využití odpadních písků z výroby vodního skla ve stavebnictví. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta chemická. 2013.
- [5] ČSN EN 13892-2: Zkušební metody potěrových materiálů - Část 2: Stanovení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku. 2003. Praha: Český normalizační institut, 2003
- [6] ČSN EN 1542: Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Zkušební metody - Stanovení soudržnosti odtrhovou zkouškou Praha: Český normalizační institut, 1999. ČSN EN 1542.
- [7] ČSN EN ISO 845: Lehčené plasty a pryže - Stanovení objemové hmotnosti. 1/10. Praha, 2010.
- [8] ČSN EN 13892-3: Zkušební metody potěrových materiálů - Část 3: Stanovení odolnosti proti obru su metodou Böhme. 2014. Praha: Český normalizační institut, 2015