



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A DÍLCŮ

INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS

TENKOVSTVÉ OMÍTKOVÉ SMĚSI

THIN-LAYER MORTAR MIXTURES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Aneta Ďurtová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MARCELA FRIDRICHOVÁ, CSc.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607R020 Stavebně materiálové inženýrství
Pracoviště	Ústav technologie stavebních hmot a dílců

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Aneta Ďurtová
Název	Tenkvrstvé omítkové směsi
Vedoucí práce	prof. Ing. Marcela Fridrichová, CSc.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,
MBA
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,
MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Online databáze SCOPUS, ELSEVIER, WEB OF SCIENCE.

České technické normy.

HEWLETT, P., C., Hewlett, Lea's Chemistry of Cement and Concrete, Fourth Edition, ISBN-13 978-0-7506-6256-7.

DUDA, H., W., Cement Data-book, Bauverlag GmbH Wiesbaden und Berlin, 1975.

HLAVÁČ, J., Základy technologie silikátů, 1. vydání. Praha: SNTL, 1981.

VAVŘÍN, F., Maltoviny, 3. vydání. Brno: Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1987.

ŠAUMAN, Z., Maltoviny I, VUT v Brně, 1993

LACH, V., DAŇKOVÁ, M., Mikrostruktura stavebních látek, 2. vydání, VUT Brno, ISBN 80-214-0309-8.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Průmyslová výroba maltových a omítkových směsí se neustále rozvíjí ve směru ulehčení stavebních prací. Klasickou technologií omítání je aplikace dvojrstvého systému jádrové a štukové omítky. Usnadnění představuje tzv. jednovrstvá neboli tenkovrstvá omítka, spojující požadavky na klasický dvojrstvý systém, která je však dosud poměrně drahá. Proto je cílem práce vývoj jednovrstvé omítky s dílčí substitucí pojivých složek odpadní příměsí.

Práce bude provedena v souladu s následujícími pokyny:

- Rešerše stavu poznání.
- Návrh substituční příměsí.
- Vývoj receptury.
- Odzkoušení základních technologických vlastností.

Rozsah práce cca 40 stran formátu A4 včetně příloh.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

prof. Ing. Marcela Fridrichová, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na vývoj a vlastnosti jednovrstvé neboli tenkovrstvé omítky tvořené dílčí substitucí pojivých složek odpadní příměsí, portlandským cementem a vápenným hydrátem. U navržených směsí, které byly laboratorně připraveny, byly odzkoušeny normou předepsané vlastnosti.

KLÍČOVÁ SLOVA

Omítky, tenkovrstvá omítka, portlandský cement, vápenný hydrát, kamenivo, odpadní příměsí

ABSTRACT

The bachelor thesis focuses on the development and properties of single-layer or thin-layer reliefs formed by the partial substitution of binder components of waste materials, Portland cement and lime hydrate. For the proposed mixtures that have been prepared in the laboratory, they have been verified by the standard of prescribed properties.

KEYWORDS

Plasters, thin-film plaster, portland cement, lime hydrate, aggregates, waste impurities

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Aneta Ďurtová *Tenkovrstvé omítkové směsi*. Brno, 2017. 56 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce prof. Ing. Marcela Fridrichová, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2017

Aneta Ďurtová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ:

Poděkování patří zejména paní prof. Ing. Marcele Fridrichové, CSc., za odborné a pedagogické vedení, dále pak Ing. Dominiku Gazdičovi, Ph.D. a všem zaměstnancům z ÚTHD FAST VUT Brno, kteří mi v průběhu bakalářské práce pomáhali. V neposlední řadě patří velké poděkování mé rodině, především rodičům, kteří mě po celou dobu podporovali.

Obsah

Úvod	11
TEORETICKÁ ČÁST	12
1 HISTORIE OMÍTEK	12
2 ROZDĚLENÍ OMÍTEK	13
2.1 Rozdělení omítek podle místa přípravy.....	13
2.1.1 Omítky připravované v „in situ“	13
2.1.2 Průmyslově vyráběné omítky	13
2.2 Rozdělení technologie provádění.....	14
2.2.1 Omítky pro ruční nanášení	14
2.2.2 Omítky pro strojní nanášení	14
2.3 Rozdělení podle použití.....	15
2.4 Rozdělení omítek podle aplikačního postupu.....	16
2.4.1 Jednovrstvý omítkový systém.....	16
2.4.2 Vícevrstvý omítkový systém	16
2.5 Rozdělení podle použití ve stavbě	17
2.5.1 Vnitřní (interiérové) omítky	17
2.5.2 Vnější (exteriérové) omítky	17
3 SLOŽENÍ OMÍTEK.....	17
3.1 Druh pojiva.....	18
3.1.1 Vápno	18
3.1.2 Cement.....	23
3.2 Druh plniva.....	24
3.2.1 Anorganická plniva	25
3.2.2 Organická plniva.....	25
3.3 Přísady.....	26
3.3.1 Přírodní přísady	26
3.3.2 Syntetické přísady	27
3.4 Záměsová voda	28

4 TENKOVSTVÁ OMÍTKA	29
4.1 Obecně	29
4.1.1 Sádrové tenkovrstvé omítky	29
4.1.2 Vápenocementové tenkovrstvé omítky	30
4.1.3 Akrylátové tenkovrstvé omítky	30
4.1.4 Silikonové tenkovrstvé omítky	30
4.1.5 Silikátové tenkovrstvé omítky	30
4.2 Aplikace omítek	30
4.2.1 Příprava podkladu	31
4.2.2 Nanášení vrstev omítky	31
4.2.3 Finální zpracování povrchu	32
4.3 Firmy zabývající se výrobou	32
5 NORMOVÉ POŽADAVKY NA MALTY	34
5.1 Prováděné zkoušky	34
5.1.1 Stanovení konzistence čerstvé malty	34
5.1.2 Retence vody ČSN EN 413-2	35
5.1.3 Pevnost v tahu za ohybu a v tlaku	36
5.2 Další zkoušky	37
5.2.1 Stanovení obsahu vzduchu v čerstvé maltě ČSN EN 1015-7	37
5.2.2 Stanovení objemové hmotnosti ztvrdlé malty – ČSN EN 1015-10	38
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	39
1 Metodika práce	39
2 Postup prací	40
2.1 Příprava vzorků	40
2.2 Stanovení konzistence malty	40
2.3 Stanovení retence vody	41
2.4 Výroba zkušebních těles	41
2.5 Stanovení normou sledovaných vlastností	41
3 Použité suroviny a přístroje	42
3.1 Použité suroviny	42

3.2 Použité přístroje.....	43
4 Vyhodnocení výsledků	46
4.1 Návrh složení omítkové směsi.....	46
4.2 Technologické vlastnosti.....	47
4.3 Aplikační vlastnosti	49
5 Diskuze výsledků	50
Závěr	51
Seznam použité literatury.....	52
Seznam obrázků.....	55
Seznam tabulek.....	56

Úvod

Omítka je jedno či vícevrstvá úprava stěn a stropů. Slouží k vyrovnávání nerovností zdí, jejich ochraně a jako finální úprava povrchu nebo jako podklad pro konečnou úpravu povrchu zdi. Na omítky jsou kladeny poněkud jiné požadavky v porovnání s ostatními maltovinami, především co se týče adheze k povrchu, nasávání vody i estetických vlastností. Tato povrchová úprava svou existencí sahá několik tisíciletí do historie.

Za jednu z prvních omítek lze považovat jílovou omazávku neolitické chaty, která tvořila nejen technickou ale i vzhledovou úpravu stavby. V průběhu staletí procházely omítky stavebním vývojem, často zdobené architektonickými prvky nebo jinými úpravami tehdejší doby. Po celou dobu své existence si však zanechaly svou technologii zpracování, princip složení hmoty a techniky jejího vytváření.

Nejvíce používaným pojivem bylo, a také stále je vápno. Vápenné malty, které sloužily k přípravě podkladu, tj. postříku, jádra, štuky, byly obohacovány látkami, které působily jako plnivo, ale i chemicky jako součást vápenného pojiva. Tyto malty s přídavkem drceného a mletého keramického střepu se nejvíce používaly v Řecku a antickém Římě. Díky tomuto postupu vykazovaly omítky dostatečnou pevnost a hydraulicitu.

V současné době se stále více rozšiřuje používání moderních typů omítkových směsí. Mezi takové typy patří tenkovrstvá omítka, označovaná rovněž jako jednovrstvá omítka, která je schopna nahradit dříve používaný dvojevrstvý systém (spodní vrstva jádro, horní vrstva štuk). Jednovrstvé omítky jsou ve srovnání s dvojevrstvými méně pracné, nevyžadují technickou přestávku po dokončení jádrové vrstvy, která musí před nanášením štuky zatvrdnout. [1, 2, 15]

TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE OMÍTEK

S omítkami se setkáváme v pozůstatcích staveb již z dávných dob. Za první omítky by se daly považovat již první výmazы jílovou hlínou na proutěných či rákosových stavebách starověku. Nepočítáme – li hlíny, bylo nejstarším pojivem v omítkách vápno. Nejstarší omítkové vrstvy pocházejí z období 7. až 6. století př. n. l. ze střední východní oblasti. V Sýrii v době 7000 let př. n. l. byly používány omítky na bázi sádry.

V Egyptě se nacházejí první tenkovrstvé sádrové, nebo sádrovápenné omítky na stěnách hrobek. Na Kyklopských ostrovech byly nalezeny dvouvrstvé vápenné omítky s přísadou křemenného písku a jílu. V římských stavebách byla vytvářena podkladová vrstva omítky z vápna, písku a na ni byla nanášena jemné vrstva ze směsi sádry, vápna, písku a mramorové moučky o celkové tloušťce 20 – 30 mm. Kvalitě omítek se napomáhalo pečlivým hašením vápna. Každý technologický proces byl však přísně chráněn tajemstvím. Například vyhašené vápno se nechávalo zakryté kravskými nebo ovčími kůžemi vymrznout přes zimu, čímž se změnila jeho struktura.

Na našem území byly nalezeny doklady o použití vápna na nátěry stěn již v době kamenné. Ve středověké Evropě byly velmi rozšířeny dekorativní omítky. Již od 13. století se používaly vnější i vnitřní omítky na bázi sádry. Jako výztuže bylo používáno přírodních materiálů (vlasy, zvířecí chlupy). V 16. století se na úpravu povrchu stěn stropů i podlah používala směs sádry a vápna. V pozdějších letech byla sádra zaváděna jako povrchová úprava dřevěných staveb chránící stavbu před požárem.

Na přelomu 19. a 20. století byla již k dispozici široká škála pojiv (vzdušné i hydraulické vápno, portlandský cement, sádra atd.), která byla používána k výrobě omítek. Vápenocementové malty se používaly na významnější stavby, avšak po válce nastala éra nastavovaných vápenocementových malt pro omítání, které v 80. letech začaly vyrábět jako suché prefabrikované směsi, jejichž rozvoj nastal zejména po roce 1990. [16, 17]

2 ROZDĚLENÍ OMÍTEK

Povrchové úpravy tvoří lícni plochu konstrukce. Ochránují stavbu před účinky povětrnosti, mechanickému poškození, zlepšují technické vlastnosti konstrukce, jako je tepelně-izolační a hlukově-izolační odolnost a ochrana proti vlhkosti. Mají také estetický význam, což umožňuje výběr struktury, materiálu a barvy povrchové úpravy.

V zásadě omítky dělíme podle následujících kritérií:

- *Místa přípravy:* omítky připravované v „in situ“, průmyslově vyráběné
- *Technologie provádění:* omítky pro ruční nanášení, omítky pro strojní
- *Použití:* omítky pro renovaci a sanaci včetně omítek hydroizolačních, tepelně – izolační, akustické, protipožární, ostatní
- *Počtu vrstev:* vícevrstvé omítky (adhézní vrstva na podkladní zdivo, omítka jádrová neboli hrubá, omítka štuková), jednovrstvá omítka (tvořena jedinou omítkou)
- *Použití ve stavbě:* vnitřní (interiérové), vnější (exteriérové)
- *Barevnosti:* probarvené, neprobarvené [3, 4]

2.1 Rozdělení omítek podle místa přípravy

2.1.1 Omítky připravované v „in situ“

Jedná se o tradiční způsob přípravy omítky z dovezených písků, cementů a vápna přímo na stavbě ručně nebo s využitím míchaček. V současné době se tento způsob využívá výjimečně a musí se dbát na dodržení podílů jednotlivých komponentů a na kvalitu plniva.

2.1.2 Průmyslově vyráběné omítky

V současné době je to standardní způsob využití moderních omítek. Ty jsou dodávány v práškové formě (tzv. suché omítkové směsi), tekuté formě nebo jako práškové pytlované.

Hlavními výhodami již připravených omítkových směsí je široká nabídka produktů, garance předepsaných vlastností za podmínek technologické kázně při provádění a také zvýšená rychlost aplikace omítky. [1, 4]

Při výběru způsobu nanášení je třeba dbát na několik parametrů, a to přístupnost ke konstrukci, velikost omítané plochy, podmínky při provádění. V České Republice se rozšířilo omítání pomocí strojního zařízení a to díky rychlosti a ceně provádění.

2.2 Rozdělení technologie provádění

2.2.1 Omítky pro ruční nanášení

Mezi ručně nanášené omítky řadíme všechny typy omítek, které jsou připravované na staveništi a dále tímto záměrem průmyslově vyráběné omítkové směsi. Tyto směsi sestávají pouze ze základních pojiv a plniv, ke kterým se pouze přimísí voda. Nanášení se provádí hladítky. [1, 3, 4]

2.2.2 Omítky pro strojní nanášení

U strojního nanášení je třeba dávat pozor na skladbu zrnitosti křivky plniva, jelikož při delší dopravě autocisternami může docházet k roztřídění plniva s následnými závažnými poruchami plynulosti dávkování vody do omítačky. Dále je třeba zvolit vhodné přísady pro zlepšení přídržnosti k podkladu. Díky této aplikaci se snižuje cenovou náročnost omítek.

Strojní nanášení lze použít pro všechny typy omítek s maximálním zrnem do 2mm (výjimečně 3mm), přičemž tato zrnitost je vhodná pro nanášení omítek jádrových a jednovrstvých. Hlavní výhodou strojní aplikace je rychlost realizace a kvalita provedení. Omítka putuje z mísícího stroje, který je umístěn na staveništi do strojní omítačky. Na konstrukci se nanese vrstva omítky a následně je v celé ploše uhlazena do potřebné tloušťky. [1, 3, 4]



Obr. 1: Ruční nanášení omítky [24]



Obr. 1: Strojní nanášení omítky [24]

2.3 Rozdělení podle použití

V současnosti již prakticky u novostaveb vymizely klasické cihelné zdi a je nutné zvažovat určité vlastnosti omítky v souvislosti s druhem podkladu. Nové typy zdiva zjednodušují a urychlují stavbu, zlepšují jejich užitné vlastnosti, zároveň však kladou vyšší nároky na kvalitu omítky. Prakticky je každá standardní omítka speciální. [3]

Tab. 1: Vhodný typ omítky podle druhu podkladu [3]

Druh podkladu	Vhodná typ omítky
Lehčené cihelné bloky	Vápenocementová omítka pevnosti 2,5-5,0 MPa
Beton, lehčený beton	Stěrky s vyšší přídržností, jednovrstvé i vícevrstvé
Pórobeton	Lehčená omítka jednovrstvá i vícevrstvá, nízký difúzní odpor, bez cementového podhozu při velkých nerovnostech
Hliněné podklady	Hliněná
Keramzitové tvárnice	lehčená omítka, armování
Hrázděné zdivo, dřevěné konstrukce	Speciální malty nahrazující hrázdění, nízká specifická hmotnost a rychlé tuhnutí
Desky na bázi dřeva	Armovací stěrky + armovací tkanina, vícevrstvé omítky
Sádrokarton	Jednovrstvá jemná stěrka, bandážování
Vlhké zdivo	Sanační omítky
Omítky, staré omítky	Renovační stěrky, tenkovrstvé omítky, vrchní vrstva mít vždy nižší difúzní odpor a pevnost
Tepelně izolační omítky	Zpevňovací stěrky, armování
Sanační omítky	Obvykle tenkovrstvá, velmi nízký difúzní odpor
Staré nátěry	Tenkovrstvá stěrka s vysokou přídržností

2.4 Rozdělení omítek podle aplikačního postupu

Vícevrstvé systémy jsou využívány pro omítání konstrukcí s nerovným povrchem, kdy je potřeba vyrovnat větší nerovnosti konstrukce a tím vylepšit estetický charakter. Naopak u konstrukcí vyrobených z přesných prvků (prefabrikované železobetonové panely, monolitické desky), můžeme použít jednovrstvý systém. [1, 15]

2.4.1 Jednovrstvý omítkový systém

Je tvořen pouze jednou vrstvou (jádro a štuk spojen do jedné vrstvy tloušťky 15 – 20 mm), která je nanášena na podkladní zdivo. Pro zvýšení přidržitosti je vhodné opatřit podklad penetrací. Po aplikaci je omítka ošetřena nátěrem nebo malbou. [1, 15]

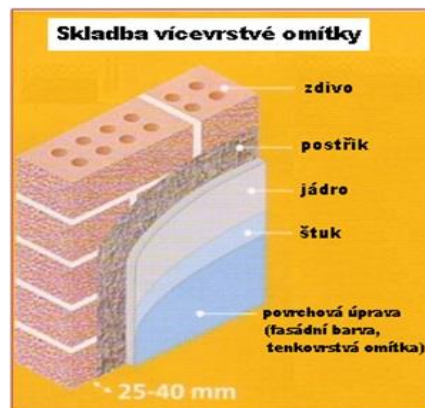
2.4.2 Vícevrstvý omítkový systém

Je to klasický způsob provádění omítky ze tří vrstev tloušťky 25 – 40 mm:

- *Adhezní vrstva na podkladní zdivo* – vytváří na podkladu hrubozrnný povrch, který zvyšuje přilnavost omítky a zadržuje vodu v omítce díky snížené pórovitosti. Funkci adhezní vrstvy obvykle plní cementový postřík ze směsi cementu a písku.
- *Jádrová (hrubá) omítka* – vrstva určená k dokonalému vyrovnání podkladu. Může splňovat i přídavné funkce.
- *Štuková omítka* – poslední pohledová vrstva, která je nanášena jen v malé tloušťce. Na štukovou omítku se nanáší jen finální nátěr. [1, 15]



Obr. 3: Skladba jednovrstvé omítky [24]



Obr. 4: Skladba vícevrstvé omítky [24]

2.5 Rozdělení podle použití ve stavbě

Z důvodu odlišných podmínek venkovního a vnitřního prostředí staveb jsou vyráběny dva typy omítek, které se liší fyzikálně mechanickými, estetickými parametry atd. Z tohoto důvodu se liší materiálová báze interiérových a exteriérových omítek. [1, 3]

2.5.1 Vnitřní (interiérové) omítky

Tyto omítky mají splňovat nižší požadavky na pevnost, musí být schopny přenést zatížení speciálními povrchovými úpravami, jako jsou tapety, malby. Důležitým kritériem je estetický vzhled. V současné době je nejvíce využívanou povrchovou úpravou do interiéru vápenná a vápeno – sádrová omítka. [1, 3]

2.5.2 Vnější (exteriérové) omítky

Omítky musí být odolné proti klimatickým vlivům, zejména proti působení vlhkosti (déšť, sníh, mráz). Pro ochranu proti dešti se používají hydrofobizační přísady, vnější omítky by měly být vodoodpudivé. Kvůli vyššímu mechanickému zatížení by měly vykazovat vyšší pevnosti než vnitřní omítky. Vnější omítky obsahují nejčastěji cemento – vápenné pojivo, nikdy nesmí obsahovat sádrové, jelikož na povětrnosti rychle degraduje. [1, 3]

3 SLOŽENÍ OMÍTEK

Omítky jsou kompozitní materiály, které obsahují pojivo, plnivo, případně přísady a výztuž. Dle účelu použití jsou nejčastější pojiva na bázi sádry, vápna, cementu, silikonu. Pro dosažení specifických vlastností mohou být použity v omítkách příměsi (pigmenty, hydrofobní přísady z důvodu vodoodpudivosti). K omezení trhlin v problematických detailech (styk konstrukčních prvků rozdílné materiálové báze – železobeton a cihelné zdivo) lze využít doplňkové prvky (lišty, armovací tkanina). [1, 3, 6]

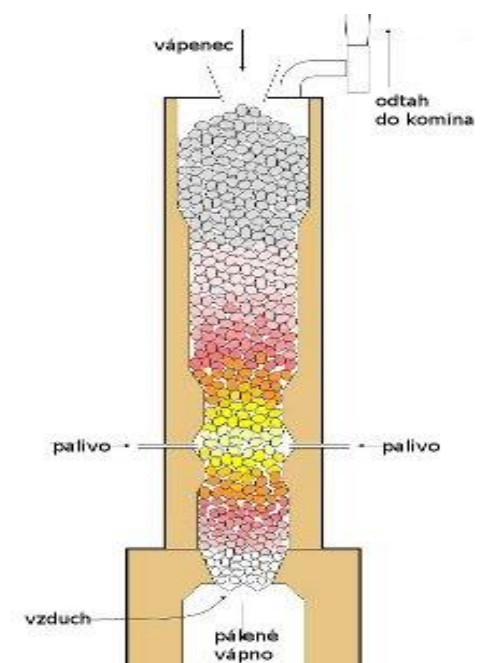
3.1 Druh pojiva

Stavební pojiva jsou anorganické nebo organické látky, které umožňují spojení plniv ve větší celky. Po smíchání s vodou tvoří zpracovatelnou směs, která po zatvrdnutí získá potřebné mechanické a fyzikální vlastnosti.

Z anorganických pojiv se nejvíce využívá vápno, cement, sádra. V průmyslové výrobě se můžeme mimo tato pojiva setkat i s dalšími, která mohou být organického i anorganického původu, avšak nejsou pojivy běžnými, nýbrž speciálními. [2, 6]

3.1.1 Vápno

Vznik vápna pomocí výpalu je založen na tepelném rozkladu vápence (CaCO_3), který se pálí v šachtových nebo rotačních pecích při teplotě 1000 – 1250°C. Při takto vysoké teplotě se uhličitán vápenatý (CaCO_3), mění na oxid vápenatý CaO za současného uvolňování oxidu uhličitého CO_2 . Tato chemická reakce tepelného rozkladu se často označuje jako „kalcinace“. [13]



Obr. 5: Řez šachtovou pecí [13]

Podle ČSN EN 459-1 jsou vápna rozdělena na vápna vzdušná a vápna s hydraulickými vlastnostmi. [5]

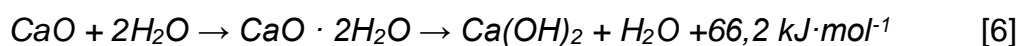


Obr. 6: Rozdělení stavebního vápna

3.1.1.1 Vzdušné vápno

Patří k nejdéle používaným pojivům. Technicky vzato je vápno názvem pro oxid vápenatý s různým podílem oxidu hořečnatého, vyráběný pálením poměrně čistých, vysokoprocentních nebo dolomitických vápenců na teploty 1000 – 1250°C. Tuhne a tvrdne pouze na vzduchu. [6]

Vypálené vzdušné vápno se dále upravuje mechanicky tj. drcením, mletím, tříděním na požadovanou jemnost. U průmyslového hašení probíhá přeměna oxidu vápenatého na hydroxid vápenatý:



Takto vyhašený suchý produkt se nazývá vápenný hydrát, ten se dále mechanicky upravuje tříděním a mletím na požadovanou jemnost. Můžeme použít i vzdušné vápno, avšak až po jeho dokonalém rozhašení na vápennou kaši. Pro suché omítkové směsi, které jsou průmyslově vyráběné, se používá

pouze vápenný hydrát, kdežto pro omítkové malty připravené „in situ“ lze použít vápenný hydrát i vápennou kaši předem vyhašenou ze vzdušného vápna.

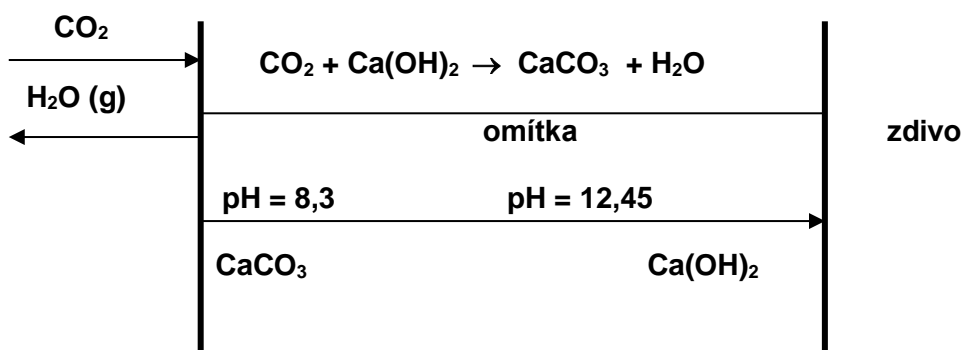
Ambulantní hašení vápna může vyvolat rozdílný stupeň strukturního uspořádání částic, který může následně zapříčinit rozdílné fyzikálně-mechanické vlastnosti. Největší rozdíl spočívá v rychlosti a způsobu hašení. Platí, že měkce pálené vápno se při hašení projevuje vyšší teplotou a rychlostí hydratace, dává velký objem vápenné kaše dobré plasticity (vápno je vydatné). Naopak ostře pálené vápno hydratuje nižší rychlostí a za nižších teplot, výsledná vápenná kaše je méně plastická a dává menší objem (vápno je méně vydatné). [1, 3, 6]

Tab. 2: Mezní vlastnosti ostře a měkce páleného vápna [6]

Vlastnosti	Měkce pálené	Ostře pálené
Objemová hmotnost	1500 kg/m ³	2800 kg/m ³
Pórovitost	50%	0%
Vnitřní povrch	10000 m ² /kg	500 m ² /kg
Velikost krystalků	2 μm	20 μm
Plasticita	Vysoká	Nízká
Vydatnost	≥ 2,5 l/kg	≤ 2,0 l/kg
Reaktivita	cca 2minuty	≥ 5-6 minut
Aktivita	80 °C/2 min	60 °C/5 min
Přepal/nedopal	Nedopal	přepal
Pecní systém	Rotační pece + šachtové pece systému Maerz	Šachtové pece + rotační pece systému Rosa-Petr

Pro přípravu omítkových směsí mohou být použita výhradně měkce pálená vápna, která umožňují dobrou aplikaci, zamezují objemové nestálosti vytvrzených omítek. Ostře pálené vápno se zpravidla v průběhu hašení ne zcela přemění na hydroxid vápenatý a při následném dohašení zrn CaO v omítce dochází k tzv. střílení omítek způsobeném větším objemem vznikajícího Ca(OH)₂.

Vyhašené vápno působením vzdušného CO₂ karbonatuje za vzniku CaCO₃ a vody: [1, 3, 6]



Obr. 7: Karbonatace vápenné omítky [13]

Vzdušné vápno dělíme podle ČSN EN 459 – 1 do dvou hlavních kategorií na vápna dolomitická (obsahující po výpalu vyšší množství MgO, obecně více jak 5 %) a vápna bílá. [5]

1) Dolomitická vápna:

Vyrábí se z dolomitu (CaCO₃·MgCO₃) nebo dolomitických vápenců. Místo kalcitu (CaCO₃) obsahují dolomit. Zpravidla mají vápna z dolomitu menší vydatnost.

Dolomitická vápna tvrdnou oproti vzdušným a hydraulickým vápnům pomaleji i proces tuhnutí malty je zpomalen, ale konečné pevnosti jsou zpravidla vyšší než u vápen bílých. Nedochozí obvykle ke vzniku MgCO₃, ale vzniká nejprve nesquehonit (MgCO₃·3H₂O), v konečném stadiu byly nalezeny fáze typu hydromagnezitu.

V zahraničí se velmi měkce pálená dolomitická vápna používají pro úpravu pitných vod. Uvádí se, že vzhledem k velmi porézní struktuře mění u vod pH, zmenšují jejich radioaktivitu, zvyšují obsah MgO. [14, 15]

2) Vápno bílé:

Vyrábí se pálením vápenců o různé čistotě, kde hlavní složkou je minerál kalcit (CaCO_3). Při hašení tohoto vápna suchým způsobem je výsledkem práškový vápenný hydrát s minimální zbytkovou vlhkostí. Vhodný je zejména pro výrobu suchých omítkových směsí. Dále se využívá k úpravě pitné vody a k neutralizaci průmyslových vod, čištění kouřových plynů na spalovnách. [18]

3.1.1.2 Hydraulické vápno

Hydraulické vápno představuje jak svými dosahovanými vlastnostmi, tak i z hlediska složení přechod mezi vzdušným vápnem a portlandským cementem. Po chemické stránce se od vápna vzdušného liší tím, že vedle oxidu vápenatého obsahuje i hydraulické součásti, kterými jsou oxid křemičitý, hlinitý, železitý. Ve srovnání s portlandským cementem obsahuje zvýšený podíl oxidu vápenatého, neobsahuje však hlavní slídkový minerál alit ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), ten vzniká až při teplotě vyšší než $1350\text{ }^\circ\text{C}$, tj. nad mezí slinutí.

Podle způsobu výroby se hydraulické vápno rozděluje na přírodní, které vzniká tepelným zpracováním vhodné suroviny, nejčastěji slinitých vápenců. Vedle vápna pak obsahuje slídkové minerály s pojivými schopnostmi, tj. belit, trikalciumaluminát, brownmillerit.)

Druhým typem je uměle vyrobené hydraulické vápno. To je připravováno z vápna vzdušného jeho společnou homogenizací s vhodnými přísadkami (tufy, vysokopeční struska, popílek).

Hydraulické vápno je charakterizováno hydraulickým modulem, tj. poměrem obsahu CaO k obsahu hydraulických oxidů:

$$H_m = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} \quad [2]$$

Podle hodnoty hydraulického modulu se hydraulická vápna dělí na silně, středně a slabě hydraulická. Pokud má vápno modul v rozmezí 1,7 - 3,0 jedná se o silně hydraulické vápno a nesmí se před použitím hasit. Středně hydraulické $H_m = 3$ až 6 a slabě hydraulická $H_m = 6$ až 9 se beztlakově a velmi opatrně hasí. Vápna, jejichž $H_m > 9$ jsou považována za vzdušná, přestože mají malý podíl hydraulických oxidů.

Malty dosahují vyšších pevností v porovnání s maltami vyrobenými pouze ze vzdušného vápna. Příčinou vyšších pevností a odolnosti omítek proti působení vody a kyselých plynů ve srovnání s odolností CaCO_3 jsou právě hydratované sloučeniny. U těchto omítek lze očekávat delší životnost. [1, 2, 15]

3.1.2 Cement

Cement je práškové hydraulické pojivo, které po smíchání s vodou vytváří kaši, která postupně tuhne a tvrdne v důsledku hydratačních reakcí. Po jeho zatvrdnutí zachovává svoji pevnost a stálost také ve vodě. Podle EN 197-1 je označován jako cement CEM, musí při odpovídajícím dávkování a smíchání s kamenivem a vodou umožnit výrobu betonu a malty zachovávající po dostatečnou dobu vhodnou zpracovatelnost.

Cementy CEM jsou složeny z různých látek a ve svém složení jsou staticky homogenní. Základem CEM I cementů je portlandský slínek, který se kombinuje s dalšími hydraulicky aktivními složkami. Dalšími složkami CEM I jsou: granulovaná vysokopecní struska, pucolány, popílky, křemičitý popílek, vápenatý popílek, kalcinovaná břidlice, vápenec a další doplňující složky.

Tab. 3: Základní slínkové minerály a jejich charakteristika [6]

Systematický název	Vzorec	Minerál	Zastoupení (%)	Hydratační teplo ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Rychlost hydratace
Trikalcium silikát	C_3S	alit	60 - 65	500	rychlá
Dikalcium silikát	C_2S	belit	20 - 25	250	střední
Trikalcium aluminát	C_3A	amorfní část	8 - 10	910	velmi rychlá
Tetrakalcium aluminát ferit	C_4AF	brownmillerit (celit)	8 - 10	420	rychlá

V souboru podle ČSN EN 197 – 1 27 jsou cementy na bázi portlandského slínku rozděleny podle jejich složení do pěti hlavních druhů takto: [8]

- CEM I Portlandský cement
- CEM II Portlandský cement směsný
- CEM III Vysokopeční cement
- CEM IV Pucolánový cement
- CEM V Směsný cement

Cement se masově začal používat na přelomu 19. a 20. století, tudíž je jednou z nejmladších maltovin. Pro vynikající vlastnosti se začal velmi rychle používat pro všechny stavební účely a v dnešní době je považován za naprosto běžnou stavební hmotu.

Vyrábí se pálením surovinové moučky vápenatých a jílových surovin v peci až do slinutí. Výpalem surovinové moučky se získá poloprodukt označovaný jako portlandský slínek. Ten je z velké části tvořen čtyřmi hlavními slínkovými materiály:

- cca 65% alitu ($3 \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, C_3S)
- 20 % belitu ($2 \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, C_2S)
- 8 % trikalciumaluminátu ($3 \cdot \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, C_3A)
- 7 % brownmilleritu ($4 \cdot \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, C_4AF).

Dále je slínek zpracováván drcením a mletím na požadovanou jemnost s přídavkem cca 5 % sádrovce jako regulátoru tuhnutí.

K průmyslové výrobě suchých omítkových směsí jsou nejčastěji používány třídy CEM II B/S 32,5, CEM I 42,5. Maltoviny na bázi cementu mají vysoké pevnosti, avšak jejich nevýhodou je nízká plasticita vzniklé maltoviny a její difuzní uzavřenost. Proto se cement v omítkách používá především ve směsi s vápnem, kterým se zlepší jeho plastické vlastnosti. Čistě cementové omítky se používají do prostorů silně namáhaných chemicky, mechanicky či vlhkostně. [1, 2, 3]

3.2 Druh plniva

Plniva jsou materiály, které homogenizací s pojivy a vodou tvoří malty použitelné pro zdění a omítání. Plniva mohou být látky anorganického i organického původu, které vzhledem ke své zrnitosti vytvářejí pevnou kostru zatvrdlých malt a betonů. Nejčastěji se do omítek používá ostřiv anorganických,

především písků, které mohou být doplňovány i dalšími látkami (vápencová moučka, perlit). Můžou se používat i lehká kameniva, především pro zvýšení tepelně izolačních vlastností omítek. V některých případech se používají i ostřiva organická. [2]

3.2.1 Anorganická plniva

Hlavním anorganickým plnivem je především písek, dále můžeme použít kamenné moučky, kamenné drtě, umělá kameniva apod.

Písek tvoří 75 – 80 % hmotnosti omítkových směsí, proto je jeho jakost pro kvalitu omítky rozhodující. Nejvíce používaný písek je vyrobený drcením křemene, písek kopaný a písek říční, který má nízký podíl jílových částic. Písek by neměl obsahovat škodlivé humusovité příměsi. Ty snižují pevnosti malt a omítka po zatuhnutí praská. Smí mít jen minimální podíl odplavitelných částí.

Písky s velikostí zrna do 0,25 mm označujeme jako jemnozrné, 0,5 – 1,6 mm jsou písky středně zrnité a nad tímto rozmezím jsou písky hrubozrné. Zrnitost písku má tedy vliv na strukturu omítky, na pórovitost, která umožňuje vysychání a na karbonataci omítky.

Písek pro omítkovou maltu musí mít takovou zrnitost, aby objem prázdného prostoru mezi zrny byl co nejmenší. Pojivo musí obalit všechna větší zrna, objem mezer mezi velkými zrny je vyplněn jemnými zrny a pojivem. Pokud by se písek skládal převážně ze zrn větší velikosti, zvětšila by se mezerovitost a spotřeba kaše by byla nadměrná. Naopak příliš vysoká koncentrace jemných podílů způsobuje, že není dostatek pojiva pro obalení těchto zrn, což se poté projevuje negativně na mechanických vlastnostech. [1, 2, 4]

3.2.2 Organická plniva

Organická plniva se přidávají zejména kvůli vylehčení. Vzhledem k jejich přirozeně velké pórovitosti mohou výslední prvky nepřímo vylehčovat. Výhodou organických plniv je nižší měrná hmotnost než u anorganických plniv. Důvod jejich používání je jejich obnovitelnost. Hlavními zástupci jsou dřevěné třísky, piliny, hobliny, konopné pazdeří.

Příznivým vlivem použití těchto vláken se projeví především zlepšením objemové stability při tuhnutí a tvrdnutí. U malt s organickým plnivem bylo zjištěno smrštění menší než u malt, která vlákna neobsahují (smrštění více než

4 %). V případě použití vláken s jedním dominantním rozměrem smrštění klesá s jejich množstvím. Naopak po přidání vláken s vyšší nasákavostí (piliny, plevy) smrštění s rostoucí dávkou roste.

Při zkoumání mechanických vlastností malt s vlákny bylo zjištěno, že jsou závislé na druhu a množství použitých vláken. Nejvíce se tento účinek projevuje u pevnosti v tahu za ohybu. Nelze však říci, že jakýkoliv vláknitý materiál kladně ovlivňuje takové vlastnosti malt. [2, 10]



Obr. 8: Konopné pazdeři [10]

3.3 Přísady

Přísady se do malt přidávají proto, aby byly omítky nepropustné (těsnící prostředky), aby se zvýšila přilnavost k podkladu i vzájemně všech součástí ve vrstvě omítky, aby se zlepšila zpracovatelnost, aby bylo možno nanášet omítky i při nižších teplotách. Přísady přidáváme v malém množství, řádu desetin až celých procent. Lze jimi zlepšit určité vlastnosti, nemohou však změnit špatnou maltu v dobrou. Při nesprávném podílu přidané přísady může mít i záporný účinek. To se může projevit ve špatném tuhnutí, vysychání omítky, v malé pevnosti, ve zbarvení. [2, 8]

3.3.1 Přírodní přísady

V minulosti se do vápenných malt přidávaly různé přísady, které ovlivňovaly vlastnosti čerstvých i ztvrdlých malt. Používaly se např. vaječné bílky, ovocné šťávy, cukr, sádlo, škrob, tvaroh, vosky, kliš, rostlinné oleje, aj. V dnešní době jsou však nahrazeny přísadami uměle připravovanými. [8]

3.3.2 Syntetické přísady

V současnosti jsou užívány syntetické organické přísady, zejména pak makromolekulární látky na bázi akrylátů, polyvinylacetátů. Tyto přísady zlepšují vlastnosti čerstvých i zatvrdlých malt (zlepšují zpracovatelnost čerstvé malty, pevnosti, retence vody). [3]

Přehled přísad, používaných v maltách je uveden v tabulce 4.

Tab. 4: Přehled přísad do omítek [1, 7]

Typ přísad	Látka	Mechanismus účinku	Poznámka
Urychlovací a zpomalovací	Urychlovače: chlorid vápenatý, dusičnan vápenatý, alkalické soli Zpomalovače: kyselina vinná, citronová, cukr, sádrovec	Urychlovače: proces zpevnění se do té míry urychlí, že vysychání omítky probíhá až po konsolidaci Zpomalovače: Prodloužení doby zpracovatelnosti malty zpomalením reakce pojiva	Nutnost přesného dávkování, jinak může dojít k účinku zesílenému nebo zcela opačnému
Ztekucovací tzv. plastifikátor	Ligninsulfonany, melaminformaldehyd	Vyvolávají redukci záměsové vody a tím se zmenší i smršťování a následně i trhlinkovatění schnoucí omítky	
Adhezní	Na bázi redispergovatelných prášků organických polymerů (např. polyvinylalkohol, polyvinylacetát)	Zlepšení přilnavosti omítky k podkladu	Ovlivňuje zadržování vody
Retenční	Na bázi derivátů celulózy, např. metylhydroxialkylcelulóza	Ukládáním molekul vody a bobtnáním těchto látek se zpomaluje výdej vody čerstvé malty především ve styku s podkladem. Tím se zvýší zpracovatelnost za nepříznivých podmínek a/nebo u silně nasáklého podkladu.	Předávkování vede ke zhoršení zpracovatelnosti (lepivosti) a ke zpoždění tuhnutí
Disperzní výztuž	Vlákna skleněná, polymerní	Přispívají ke zlepšení objemové stálosti, eliminaci vzniku smršťovacích trhlin	Zhoršení zpracovatelnosti

Provzdušňovací	Syntetická a přírodní pěnidla, např. tenzidy	Tvoří malé, stabilní vzduchové póry změnou povrchového napětí záměsové vody. PP zvyšují schopnost difuze vodní páry, snižují objemovou hmotnost, zlepšují zpracovatelnost.	Pro vysokou účinnost jsou přidávána velmi malá množství
Pigmenty	Alkalivzorná barviva (oxidy kovů)	Odolnost proti atmosférickým vlivům a chemická odolnost dáne chemickou podstatou	

3.4 Záměsová voda

Záměsová voda je důležitou složkou omítkových směsí a měla by splňovat určité parametry. K záměsi nelze použít vodu z jakéhokoli zdroje, zvláště pro malty s obsahem cementu nebo s hydraulickou složkou. Důležité je hlídat obsah organických látek, jejichž přítomnost nepříznivě ovlivňuje hydratační reakce křemičitanů a hlinitanů. Nevhodné jsou vody s obsahem huminové kyseliny, které ovlivňují hydraulické reakce. Tyto vody se vyznačují žlutým až hnědým zbarvením.

Pro malty a omítky je vhodná voda splňující požadavky normy ČSN EN 1008 - záměsová voda do betonu - specifikace pro odběr vzorků, zkoušení a posouzení vhodnosti vody, včetně vody získané při recyklaci v betonárně, jako záměsové vody do betonu. Bez dalších chemických rozborů lze bezpečně použít vodu pitnou, která tyto požadavky vždy splňuje [2, 11, 12]

4 TENKOVRSVÁ OMÍTKA

4.1 Obecně

Tenkovrstvé omítky se zhotovují z průmyslově vyrobených suchých omítkových směsí. Na rozdíl od omítek klasických se nanášejí v tloušťkách milimetrového řádu. Skladba těchto směsí v porovnání s jádrovými omítkami je přibližně stejná co se dávkování pojiv a plniv týče, avšak zpravidla jsou produkovány jako jemnozrnné s maximálním zrnem 1,2 mm. Podíl pojiv je zhruba 20 % hm., dávkování vápenného hydrátu a cementu bývá blízké hmotnostnímu poměru 1:1. Použití vápenného hydrátu převažuje u vnitřních omítek, kdežto podíl cementu převažuje u omítek pro vnější použití.

Podle druhu použitého pojiva se tenkovrstvé omítky dělí na:

- *minerální (sádrové, vápenocementové)*
- *akrylátové*
- *silikonové*
- *silikátové*

U minerálních omítek je pojivem vápenný hydrát, cement nebo sádra. Snadno se aplikují na cihelný, pórobetonový či betonový povrch. K jejich výhodám patří především dostatečná propustnost vodních par, určitou nevýhodou může být zvýšená nasákavost a při drsnějším povrchu vyšší míra zašpinění. [1, 3, 24]

4.1.1 Sádrové tenkovrstvé omítky

Prodávají se jako jednovrstvé interiérové omítky, které mohou obsahovat perlitové pojivo. Nedoporučuje se je používat do vlhkých místností jako je koupelna či sušárna. Stěny opatřené sádrovými omítkami se snadno malují.

Charakteristickými vlastnostmi těchto omítek jsou:

- *příspěvek k udržení rovnoměrné relativní vlhkosti v místnosti neboli příspěvek k lepší pohodě bydlení*
- *dobrá objemová stálost [8]*

4.1.2 Vápenocementové tenkovrstvé omítky

Aplikují se jako jednovrstvé na interiérové i exteriérové povrchy. Minimální tloušťka je 5 mm a to u interiérových omítek, u exteriérových omítek činí tloušťka 7 mm. [8]

4.1.3 Akrylátové tenkovrstvé omítky

Aplikovat je lze na sádkokarton, dřevotřísku, beton i jádrové omítky, a to jako interiérovou i exteriérovou povrchovou úpravu.

Jejich pojivový systém je založený na bázi vodou ředitelných akrylátových disperzí. Aplikují se na povrch novostaveb a zateplovacích systémů obvodových stěn. Pro nátěry starších objektů však nejsou vhodné. Výhodou je barevná stálost, nevýhodou je nutnost úplného odstranění původního nátěru. [8]

4.1.4 Silikonové tenkovrstvé omítky

Jsou vhodné ke zhotovení konečné povrchové úpravy tepelně izolačních systémů.

Jako pojivo je použito silikonové emulze, proto jsou dodávány v tekuté formě. Dobře pronikají do podkladu a mají hydrofobní vlastnosti. Dobře propouštějí vodní páru, po vyschnutí jsou omyvatelné vodou. [8]

4.1.5 Silikátové tenkovrstvé omítky

Mají jako pojivo vodní roztok alkalického křemičitanu (draselné vodní sklo). Patří k omítkám, které dobře propouštějí vodní páru, proto jsou vhodné pro sanace a renovace. Dodávají se ve formě suspenze, která se před použitím pouze promíchá. [8]

4.2 Aplikace omítek

Samotný proces lze rozdělit do tří kroků, kterými jsou:

- *příprava podkladu*
- *nanášení vrstev*
- *finální zpracování*

4.2.1 Příprava podkladu

Podklad pod omítkami musí být dostatečně pevný, soudržný a nesmí sprášovat. Tento požadavek je splněn u novostaveb, kde se zdivo opatří pouze cementovým postříkem. U starých objektů je potřeba kontrolovat, zda je původní omítka víceméně pevná. Pokud se zde najdou místa s vyskytujícími se nesoudržnými částmi, je možno provést pouze jejich lokální odstranění. Následuje vysprávka odstraněných ploch pomocí cementovápené malty.

Dále je potřeba zkontrolovat rovinnost pokladu a to celkovou i lokální, aplikaci podkladního penetračního nátěru (v případě, že je výrobcem systému doporučen), šarži dodaných omítek velikost zrna. [1, 24]

4.2.2 Nanášení vrstev omítky

Použití tenkovrstvé omítky má vzhledem k ekonomické stránce význam tehdy, je-li podkladní zdivo dokonale rovné a umožňuje tak nanášet omítku ve velmi slabé tloušťce. Za maximum se považuje 10 mm, optimální tloušťka z hlediska finančního i aplikačního je vrstva o tloušťce 5 mm. Je žádoucí, aby byl podklad před nanášením omítky ošetřen adhezním můstkem, který v případě tenkovrstvých omítek omezuje savost podkladu. Tím umožňuje získat čas na finální zpracování povrchu, neboť omítka vysychá pozvolněji a bez trhlin.

Aplikaci tenkovrstvé omítky lze shrnout do následujících bodů:

- *hrubé natažení základní vrstvy nerezovým hladítkem*
- *stržení přebytečné vrstvy omítky na velikost zrna nerezovým hladítkem*
- *první hrubší strukturace omítky plastovým hladítkem určeným k aplikaci dekoračních omítek (pokud jsou k tomuto účelu určeny, lze použít i hladítko polystyrenové či gumové)*
- *konečná jemnější strukturace omítky (jemný přitlak plastovým hladítkem, vyrovnání a sjednocení struktury kamínků).*

Při nanášení omítek je důležité dbát na správnou aplikaci, aby nedocházelo k chybnému provedení, které vychází z chybné aplikace samotných tenkovrstvých omítek. Mezi příčiny řadíme:

- *nedodržení stejnoměrné tloušťky aplikované vrstvy v rámci jedné plochy*

- *strukturování materiálu různé konzistence (hustoty, rozvrstvení zrna atd.)*
- *strukturování příliš zavadlého materiálu*
- *strukturování příliš čerstvého materiálu*
- *nerovnoměrné točení finální vrstvy [1, 24]*

4.2.3 Finální zpracování povrchu

Finální povrchová úprava fasády má nejen rozměr technický, ale také velmi významný rozměr estetický. Poměrně snadná je závěrečná úprava omítek hladkých tj. roztáčených a zatíraných jemnozrnných, které jsou praktické na údržbu. Riziko je pouze s udržením dokonalé rovinnosti stěny, zamezením tzv. hnízd při roztáčení a podmínkou nepřerušeno zpracování při zatírání.

K roztáčení je potřeba mít připravené vědro s vodou, do kterého se namáčí hladítko s povrchem, který je opatřený filcem nebo pryžovou houbou. Poté se krouživými pohyby omítka roztáčí tak, aby vznikla rovnoměrná struktura povrchu. S roztáčením se začíná u omítek, které jsou „zavadnuté“.

Kdežto zatírání fasád se musí uskutečnit u téměř čerstvých omítek. Používají se k němu různé hladítka, nejčastěji s molitanovou či pryžovou houbou. Postup je takový, že se hladítko nenamáčí do vody, ale rovnoměrnými krouživými pohyby se omítka zlehka zatírá. Práce musí být natolik rychlá, aby se bez přerušení upravila celá jednotlivá plocha stěny. [1, 24]

4.3 Firmy zabývající se výrobou

V dnešní době se můžeme setkat s mnoha firmami zabývající se přípravou a výřovou tenkovrstvé omítkové směsi. Mezi nejznámější řadíme:

- *KVK (Krkonošské vápenky Kunčice, a.s.)*

Patří k předním českým výrobcům stavebních hmot a materiálů. Lze si vybrat z bohatého sortimentu výrobků a to: stavební materiály pro hrubou stavbu, dokončovací stavební práce, zateplovací systémy nebo výrobky stavební chemie. Kromě stavebních hmot dodávají na trh drcené a tříděné kamenivo, mleté vápence a dolomity. [25]

- *Knauf*
Skupina Knauf patří k předním výrobcům stavebních hmot a materiálů již od roku 1934. Je rozšířena nejen v Evropě, ale i mimo ni. Výrobní závody vyrábějí moderní systémy pro suchou výstavbu, omítky a příslušenství, tepelně-izolační vrstvené systémy, barvy, lité podlahy a podlahové systémy, stroje a nářadí na zpracování těchto výrobků i izolačních materiálů. [26]
- *Baumit*
Rakouská firma, která je na českém trhu od roku 1993 jako dodavatel komponent pro celou fasádu. Firma nabízí systémové řešení pro fasády omítky, potěry a betony, výrobky a systémy pro lepení obkladů a dlažeb. [27]
- *Cemix*
Je součástí rakouské skupiny Lasselsbeger což je jeden z předních evropských výrobců suchých omítkových směsí, disperzních produktů, keramických materiálů a surovin.
Na českém trhu patří s čtyřmi výrobními závody mezi přední výrobce stavebních hmot, jež nabízejí ucelené řady produktů, které jsou komplexním řešením od hrubé stavby až po finální úpravy. [28]

Dalšími výrobci tenkovrstvých omítkových směsí jsou: Weber, Ceresit, KM Beta, aj.

5 NORMOVÉ POŽADAVKY NA MALTY

Malty pro vnější a vnitřní omítky posuzujeme dle normy ČSN EN 998-1: Specifikace malt pro zdivo – Část 1: Malty pro vnitřní a vnější omítky.

Určuje definice druhů malt pro vnitřní a vnější omítky a základní požadavky na jejich vlastnosti. Určuje rovněž vlastnosti, které musí výrobce malt pro vnitřní a vnější omítky deklarovat a dodržovat. Uvádí značení a označování malt pro vnější a vnitřní omítky a obecné postupy pro hodnocení shody. Upřesňuje vzorkování malt pro počáteční zkoušky. [29]

Je nutno poznamenat, že vlastnosti malt v podmínkách stavby nemohou být vždy přímo srovnatelné s vlastnostmi malt v laboratorních podmínkách v důsledku odchylnosti při míchání, zhutňování a ošetřování.

5.1 Prováděné zkoušky

5.1.1 Stanovení konzistence čerstvé malty

5.1.1.1 Stanovení konzistence čerstvé malty s použitím přístroje pro stanovení hodnoty penetrace (referenční metoda) ČSN EN 1015-4

Zkouškou pomocí přístroje pro stanovení hodnoty penetrace bude ověřena zpracovatelnost vyrobené čerstvé malty změřením hloubky spontánního průniku měřicí tyčky s penetračním válečkem do vzorku čerstvé malty.

Pro maltu s normalizovanou konzistencí musí být odečtena hodnota (35 ± 3) mm. Pokud nemá zkoušená malta normalizovanou konzistenci, připraví se nová záměs s jiným množstvím vody. Zkouška se opakuje na nově připravené záměsi malty, až je požadované hodnoty penetrace (35 ± 3) mm dosaženo ve dvou po sobě následujících zkouškách.

Zaznamená se množství vody v gramech, potřebné pro dosažení normalizované konzistence a hodnota penetrace v milimetrech. [19]

5.1.1.2 Stanovení konzistence čerstvé malty s použitím střešovacího stolku (alternativní metoda) ČSN EN 1015-3

Hodnota rozlití se stanoví změřením průměru rozlitého zkušební vzorku, který je ve dvou vrstvách plněn do kovového kužele a 10 údery dusadla rozprostřen.

Po 15 sekundách se kužel zvedne a poté s frekvencí jednoho zdvihu za jednu sekundu se 15 nárazy rozlije.

Průměr koláče malty se změří ve dvou na sebe kolmých směrech (l_1, l_2) pomocí vhodného měřidla. Výsledek se udává s přesností na 1 mm. [20]

$$\varnothing = \frac{l_1+l_2}{2} \text{ [mm]} \quad [20]$$

5.1.2 Retence vody ČSN EN 413-2

Retence vody v maltě se vyjadřuje jako hmotnost vody, která zůstane v maltě po odsávání pomocí 8 speciálních filtračních papírů a vyjadřuje se v procentech původního obsahu vody v maltě. Při zkoušce se zaznamená čas stanovení retence vody od ukončení míchání malty. Filtrační papíry se zváží s přesností 0,1g.

Hmotnost zkoumané malty použité pro zkoušku se vypočítá jako rozdíl ($w - u$). [23]

$$z = \frac{y \cdot (w - u)}{1350 + 450 + y} \quad [23]$$

Kde u je hmotnost prázdné nádoby (g), w je hmotnost nádoby s jejím obsahem (g), a y hmotnost vody pro přípravu malty s hodnotou penetrace (35 ± 3) mm (g),.

Retence vody se vypočítá v procentech celkového obsahu vody podle vztahu:

$$R = \frac{[z - (x - v)] \cdot 100}{z} \text{ [%]} \quad [23]$$

kde v je hmotnost osmi filtračních papírů před absorpcí (g), x hmotnost osmi filtračních papírů po absorpci (g) a z je hmotnost vody v maltě před absorpcí (g).

5.1.3 Pevnost v tahu za ohybu a v tlaku

5.1.3.1 Stanovení pevnosti zatvrdlých malt v tahu za ohybu ČSN EN 1015-11

Pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku se dle ČSN EN 1015-11. Nejprve se stanoví pevnost v tahu za ohybu. Pevnost v tahu za ohybu se vypočítá ze zatížení, které vede k porušení zkušební tělesa při zatížení vyvozeném v jeho středu. Pevnost v tahu za ohybu, R_f , v MPa se vypočítá z následujícího vztahu:

$$R_f = \frac{1,5 \cdot F_f \cdot l}{bd^2} \text{ [MPa]} \quad [22]$$

kde F_f je zatížení potřebné ke zlomení trámečku [N], b a d představují rozměry trámečku [mm] a l je rozpětí podpor trámečku (100mm). Pevnost v tahu za ohybu zaznamenáváme s přesností 0,05 MPa pro jednotlivá zkušební tělesa a s přesností 0,1 MPa pro průměrnou hodnotu ze tří zkoušek. [22]

5.1.3.2 Stanovení pevnosti zatvrdlých malt v tlaku ČSN EN 1015-11

Dvě zbylé poloviny zlomeného zkušební tělesa ze zkoušky pevnosti v tahu za ohybu se poté použijí pro stanovení pevnosti v tlaku. Každá polovina se zkouší při zatížení tlakem, rovnoměrně rozloženém po části zlomeného zkušební tělesa. Pevnost v tlaku se vypočítá ze zatížení, které vedlo ke konečnému porušení zkušební tělesa z následujícího vztahu:

$$R_c = \frac{F_c}{A} \text{ [MPa]} \quad [22]$$

kde F_c je zatížení potřebné ke zlomení trámečku [N] a A představuje tlačnou plochu 40 × 40 mm. Pevnost v tlaku se zaznamenává s přesností 0,05 MPa pro jednotlivá zkušební tělesa a s přesností 0,1 MPa pro průměrnou hodnotu ze šesti částí zkušebních těles. [22]

5.2 Další zkoušky

5.2.1 Stanovení obsahu vzduchu v čerstvé maltě ČSN EN 1015-7

Dle normy rozeznáváme dvě metody stanovení obsahu vzduchu v čerstvé maltě.

- 1) **Tlaková metoda** – Pro malty s obsahem vzduchu do 20 %
- 2) **Alkoholová metoda** – Pro malty s obsahem vzduchu nad 20 %

5.2.1.1 Tlaková metoda (referenční metoda) ČSN EN 1015-7

V uzavřeném přístroji se pomocí ručního čerpadla působí předepsaným tlakem. Víko je spojeno se vzduchovými ventily, přepouštěcím ventilem pro odpuštění vody, vyrovnávacím ventilem, ventilem vzduchu a ventilem, pomocí něhož může být voda přidávána, je-li to v určitých případech nutné. Víko má stejně vyhlazený vnitřní povrch upravený k zachycení vrstvy vzduchu nad horní hladinou vzorku.

Podstata tohoto způsobu spočívá ve vyrovnání známého objemu vzduchu při známém tlaku v připojené vzduchové komoře s neznámým objemem vzduchu v nádobě na vzorek při spojení obou prostorů pomocí vyrovnávacího ventilu. Snižování tlaku vzduchu ve vzduchové komoře charakterizuje obsah vzduchu ve vzorku malty. Odečítá se na tlakoměru v procentech. [21]



Obr. 19: Přístroj pro stanovení obsahu vzduchu [35]

5.2.1.2 Alkoholová metoda ČSN EN 1015-7

Pomocí nálevky se do odměrného válce vpraví asi 200 ml malty tak, aby se zabránilo tvorbě dutin. Hladina malty v odměrném válci se lehkým poklepnutím zarovná a odečte se objem malty, V_1 s přesností na 1 ml. Odměrný válec se opatrně naplní směsí alkoholu a vody (60 objemových % ethylalkoholu a 40 objemových % vody) až po značku 500 ml. Odměrný válec se uzavře pryžovou zátkou a dvacetkrát se obrátí, aby se docílilo rovnoměrného rozptýlení malty ve směsi alkoholu a vody. Vzniklá suspenze se nechá 5 minut sedimentovat a pak se odečte výsledná hladina, V_2 s přesností na

1 ml. Tento postup se opakuje, dokud se dva po sobě následující odečty hladiny kapaliny od sebe neliší více než o 1 ml. [21]

$$L = \frac{(500 - V_2)}{V_1} \cdot 100 [\%] \quad [21]$$

kde V_2 je objem malty a kapaliny po protřepání [ml] a V_1 objem maty [ml].

5.2.2 Stanovení objemové hmotnosti ztvrdlé malty – ČSN EN 1015-10

Objemová hmotnost daného zkušebního tělesa ze suché ztvrdlé malty se stanoví jako poměr jeho hmotnosti ve vysušeném stavu a objemu, který těleso nasáklé vodou zaujímá při ponoření do vody. [30]

Objem zkušebního tělesa se poté vypočítá ze vztahu:

$$V_s = \frac{m_{s,sat} - m_s}{\rho_w} [m^3] \quad [30]$$

Objemová hmotnost suché ztvrdlé malty se vypočítá:

$$\rho = \frac{m_{s,dry}}{V_s} [kg/m^3] \quad [30]$$

Kde $m_{s,sat}$ je hmotnost vlhkého vzorku [kg], m_s hmotnost při ponoření do vody na závěsném zařízení [kg], ρ_w hustota vody [kg/m³], $m_{s,dry}$ je hmotnost vysušeného vzorku [kg], V_s objemová hmotnost zkušebního vzorku [m³].

5.2.2.1 Stanovení přídržnosti ztvrdlé malty k podkladu ČSN EN 1015-12

Přídržnost vyjadřuje maximální napětí v tahu v [MPa] vyvozené zatížením působícím kolmo k povrchu malty nanesené na podkladu. Tahové zatížení se vyvozuje prostřednictvím odtrhového zkušebního zařízení (Coming) a tuhého odtrhového terče z korozivzdorné oceli, přilepeného na zkoušenou plochu povrchu malty. Průměr terče je $50 \pm 0,1$ mm a výška min. 10 mm.

$$R_{fu} = \frac{F}{A} [MPa] \quad [31]$$

Kde F je vyvozené napětí [N] a A představuje tlačenou plochu [mm²]. [31]

Experimentální část

Cíl práce

Cílem bakalářské práce je vývoj receptury pro výrobu tenkovrstvých omítek, kde použitými surovinami jsou cement, vápenný hydrát, kamenivo, odpadní odprašky a aditiva.

Sledovanými vlastnostmi jsou konzistence čerstvé malty, retence vody, pevnost v tahu za ohybu pevnost v tlaku a přídržnost k podkladu.

1 Metodika práce

Tenkovrstvé průmyslově vyráběné omítky slouží pro jednovrstvé nanášení omítkových směsí jednak při ruční a jednak při strojní aplikaci. Vzhledem k univerzálnímu charakteru musí tento typ omítky splňovat přísnější kritéria než samotná omítka jádrová či omítka štuková. Především se jedná z oblasti z technologických vlastností o přídržnost k podkladu, pevnosti a objemovou stálost, z oblasti aplikačních vlastností o správnou dobu zavadnutí, snadnou povrchovou úpravu roztočením a dobré pohledové vlastnosti. Nezanedbatelná je rovněž ekonomická stránka výroby tenkovrstvých omítkových směsí.

Pro dosažení výše uvedených požadavků byla navržena výchozí receptura tenkovrstvé omítkové směsi jednak pro ruční nanášení a jednak pro strojní nanášení. S ohledem na ekonomickou i technologickou povahu projektu byl v recepturách minimalizován obsah vápenného hydrátu. Jeho působení jako látky dávající omítce plasticitu, bylo pak z větší části substituováno odpadními odprašky z výroby kameniva společně s vhodným aditivem.

Dle navržených receptur byly laboratorně připraveny dvě suché omítkové směsi, jedna pro ruční a jedna pro strojní nanášení, které byly odzkoušeny na normou předepsané vlastnosti. Pro srovnání dosažených výsledků byly za referenční hodnoty vzaty veřejně uváděné vlastnosti komerčně vyráběné jednovrstvé omítkové směsi. Poté byly obě omítky připraveny poloprovozně a odzkoušeny byly jejich výše uvedené aplikační vlastnosti.

2 Postup prací

2.1 Příprava vzorků

K přípravě vzorků tenkovrstvých omítek byl použit portlandský cement, vápenný hydrát, drcené kamenivo, odprašky z výroby kameniva a příslušná aditiva. Bližší specifikace jednotlivých použitých surovin je uvedena v kapitole 3.1.

Pro laboratorní přípravu vzorků tenkovrstvých omítek byla nejprve na analytických vahách odvážena aditiva, která byla poté důkladně zhomogenizována s příslušnou dávkou portlandského směsného cementu a vápenného hydrátu. Kamenivo a odprašky byly přidávány v prvních 30s homogenizace přímo do laboratorní míchačky. Hmotnost jednorázově připravovaného vzorku suché omítkové směsi odpovídala hodnotě 1500 g.

2.2 Stanovení konzistence malty

Stanovení konzistence bylo uskutečněno jednak s použitím přístroje pro stanovení hodnoty penetrace (referenční metoda) dle ČSN EN 1015-4, kde normalizovaná hodnota by měla dosahovat hodnoty 35 ± 3 mm., a jednak s použitím střešacího stolku dle ČSN EN 1015-3 (alternativní metoda). [19, 20] Při stanovení konzistence s použitím přístroje pro penetraci byly nejprve všechny složky malty smíchány v míchačce. Po ukončení míchání se maltou naplnila nádoba ve dvou vrstvách, každá vrstva se zhutnila 10 údery. Přebytečná malta byla odstraněna pilovitým pohybem nože. Poté se umístila nádoba pod penetrační váleček, který se uvolnil nejpozději 150 ± 15 s od smíchání směsi s vodou. Nakonec byla odečtena hodnota penetrace na stupnici přístroje.

Při stanovení konzistence za pomoci střešacího stolku byla použita stejná směs jako při stanovení konzistence penetrací. Hodnota rozlití byla stanovena změřením průměru rozlitého zkušební vzorku, který byl ve dvou vrstvách plněn do kovového kužele a 10 údery dusadla rozprostřen. Po 15 sekundách se kužel zvednul a poté s frekvencí jednoho zdvihu za jednu sekundu byl 15 nárazy rozlit. Průměr koláče malty byl měřen ve dvou na sebe kolmých směrech. Normalizovaná konzistence malty vyžaduje rozlití pro penetraci 35 ± 3 mm a nemá tudíž požadovanou hodnotu rozlití stanovenou.

2.3 Stanovení retence vody

Retence vody v maltě byla vyjádřena jako hmotnost vody, která zůstala v maltě po odsávání pomocí 8 speciálních filtračních papírů v procentech původního obsahu vody v maltě. Za tímto účelem se nejprve zvážily filtrační papíry s přesností 0,1g. Malta byla poté vložena do speciální objímky, překryta gázou, filtračními papíry, deskou a zatížena 2 kg závažím. Po předepsaném čase byly sejmuty a zváženy filtrační papíry s přesností 0,1 g a vypočtena retence dle vzorce:

$$R = \frac{[z-(x-v)] \cdot 100}{z} [\%]$$

kde v je hmotnost osmi filtračních papírů před absorpcí (g), x hmotnost osmi filtračních papírů po absorpci (g) a z je hmotnost vody v maltě před absorpcí (g).

2.4 Výroba zkušebních těles

Z malt o předem stanovené normové konzistenci bylo vyrobeno 12 trámečků normových rozměrů 40×40×160 mm, které byly po dvou dnech odformovány a uloženy v laboratorním prostředí. Forma byla po celou dobu zakryta polyetylenovou fólií. V dalším kroku byly trámečky z předepsaného prostředí odebírány po 7 a 28 dnech ke stanovení objemové hmotnosti, pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku.



Obr. 20: Výroba zkušebních trámečků

2.5 Stanovení normou sledovaných vlastností

Pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku byla stanovena předepsaným normovým postupem.

Stanovení objemové hmotnosti bylo provedeno na zkušebních trácích připravených pro pevnostní zkoušky. Jednotlivé vzorky byly zváženy a změřeny. Měření probíhalo v souladu s požadavky ČSN EN 1015 – 11. [22] Výsledná Objemová hmotnost je dána poměrem hmotnosti m a objemu vzorku V , vypočítá se z následujícího vztahu:

$$OH = \frac{m}{V} [kg/m^3]$$

3 Použité suroviny a přístroje

3.1 Použité suroviny

Při experimentálních pracích byl použit portlandský cement CEM I 42,5 R společnosti Českomoravský cement, a.s. závod Mokrý. Jeho chemické složení uvádí tabulka 5.

Tab. 5: Chemické složení cementu [32]

Chemické složení [%]									
CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	S ²⁻	Cl ⁻	K ₂ O	Na ₂ O
64,2	19,5	4,7	3,2	1,3	3,2	0,04	0,047	0,78	0,09

Dále vápenný hydrát Profi vápenný hydrát – Jurat kalk v práškové formě. Jeho chemické složení uvádí tabulka 6.

Tab. 6: Chemické složení vápenného hydrátu [33]

Chemické složení [%]			
CaO + MgO	MgO	CO ₂	SO ₃
≥ 93,1	≤ 5,0	≤ 4,0	≤ 4,0

Berolan LP 50

Je provzdušňovací prášková přísada na bázi laurylsulfonanu sodného, dodána firmou HSH Chemie Praha. Obvyklá dávka se pohybuje do 0,1 %.

TerrCell HPMC BCF B 75000 S PF

Jedná se o práškovou přísadu na bázi éterů celulózy modifikovanou škroby. Slouží pro vodní retenci, upravuje reologické vlastnosti, používá se také jako zahušťovadlo aj., obvyklé dávkování do 0,3 %.

Odprašky z drcení kameniva a kamenivo frakce 0-0,8 mm

Byly dodány z lomu Kámen Zbraslav, s.r.o. Jedná se o drcené kamenivo typu svratecká ortorula z lokality Předklášteří. Mineralogické složení sestává především z křemene, živců, muskovitických slíd a chloritů.

3.2 Použité přístroje

V průběhu prací bylo použito následujících zařízení v laboratořích ÚTHD VUT Brno, kde probíhala majoritní část experimentu.

Laboratorní míchačka

Dle normy ČSN EN 196-1 [35], viz obr. 9

Analytické váhy

Sartorius analytic, viz obr. 10

Laboratorní váhy

Radwag PS 4500/C/2, e = 0,1 g, d = 0,0 g, viz obr. 11

Penetrometr

Dle normy ČSN EN 413-2 [23], viz obr. 12

Střásací stolek

Dle normy ČSN EN 413-2 [23], viz obr. 13

Formy na zkušební tělesa

Byly použity trojformy pro trámečky 160×40×40 mm, dle normy [29] zhotoveny z oceli nebo z jiného srovnatelného materiálu, který nereaguje s potěrovým materiálem, viz obr. 14

Zkušební stroj pro stanovení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku

Dle normy ČSN EN 196-1 [34], viz obr. 15

Přípravek do zkušebního přístroje pro stanovení pevnosti v tahu za ohybu a přípravek pro stanovení pevnosti v tlaku

Dle normy ČSN EN 196-1 [34], viz obr. 16 a 17

Digitální posuvné měřidlo

Digital Caliper 200 mm, viz obr. 18

Tuhá neporézní deska

O průměru (110 ± 5) mm a tloušťce (5 ± 1) mm

Tuhá nádoba

Vnitřním průměru (100 ± 1) mm a vnitřní hloubce (25 ± 1) mm

Bavlněná gáza

S plošnou hmotností 20 g/m^2 (suchá), ve tvaru čtverce o straně (110 ± 1) mm

Závaží

Hmotnost 2 kg



Obr. 9: Laboratorní míchačka



Obr. 10: Analytické váhy



Obr. 11: Laboratorní váhy



Obr. 12: Penetrometr



Obr. 13: Stráscací stůl



Obr. 14: Forma na zkušební tělesa



Obr. 15: Zkušební stroj (lis)



Obr. 16: Přípravek pro stanovení pevnosti v tahu za ohybu



Obr. 17: Přípravek pro stanovení pevnosti v tlaku



Obr. 18: Digitální posuvné měřidlo

4 Vyhodnocení výsledků

4.1 Návrh složení omítkové směsi

Návrh složení omítkových směsí uvádí tab. 6. Obvyklý obsah vápenného hydrátu ve vápnocementových jednovrstvých omítkách se pohybuje od 10 do 15%. Jak je z tabulky zřejmé, byl v návrhu omítkových směsí obsah vápenného hydrátu zcela minimalizován a nahrazen odprašky ve spolupůsobení s provzdušňovací přísadou Berolan. Množství odprašků bylo zahrnuto do celkové hmotnosti kameniva z toho důvodu, že frakce použitého kameniva se případ od případu liší množstvím prachových podílů. Proto za kritérium dávkování odprašků bylo vzato množství všech prachových podílů včetně pojiv do velikosti 0,063 mm ve výši 25%. Po stanovení a odečtu obsahu podsítného podílu do 0,063 mm v kamenivu jakožto i odečtu obsahu pojiv byl zbytek do 25% prachových podílů substituován odprašky.

Vedle modifikace provzdušňovací přísadou byla v případě strojně nanášené omítky navržena i modifikace retenční přísadou TerrCell, a to nejen kvůli zvýšené zadrži vody v čerstvé maltě, ale i kvůli zvýšení přilnavosti malty k podkladu.

Tab. 7: Návrh složení omítkových směsí

Složka	Obsah složky [%]	
	strojní	ruční
Cement CEM I 42,5 R	7	7
Vápenný hydrát	3,5	3,5
Odprašky + kamenivo frakce 0 - 0,8 mm	89,5	89,5
Berolan	0,04	0,08
Terrcell	0,15	0

4.2 Technologické vlastnosti

Průběh stanovení množství rozdělovací vody penetrometrickou zkouškou je dokumentován výsledky v tab. 7.

Tab. 8: Stanovení množství záměsové vody

Množství záměsové vody $w = \frac{m_{\text{vody}}}{m_{\text{suché směsi}}}$	Penetrometrická zkouška [mm]		Střásací stolek [mm]	
	strojní	ruční	strojní	ruční
Voda $w = 0,21$	-	51	-	171
Voda $w = 0,20$	34	42	132,5	166,5
Voda $w = 0,19$	-	38	-	157,5

Jak je z tabulky zřejmé, byla podmínka normalizované konzistence malty splněna u vzorku navrženého pro ruční nanášení již při hodnotě vodního součinitele $w = 0,19$, kdežto u vzorku určeného pro strojní nanášení až při hodnotě vodního součinitele $w = 0,20$. Důvodem je modifikace strojní malty přísadou TerrCellu, který kromě výše uvedeného splňuje i funkci záhustky.

Technologické vlastnosti laboratorně připravených tenkovrstvých omítek určených pro ruční a strojní nanášení včetně veřejně deklarovaných vlastností vzorků referenčních udává tab. 9.

Tab. 9: Technologické vlastnosti

Sledované vlastnosti	Označení vzorku			
	Referenční strojní	Navržená strojní	Referenční ruční	Navržená ruční
Množství záměsové vody	0,22	0,2	0,2 – 0,26	0,19
Konzistence (střásacího stolku) [mm]		132,5		157,5
Konzistence (penetrometr) [mm]		34		38
Retence vody [%]		98,75		99,68
Pevnost v tahu za ohybu [MPa]				
7 dnů		0,22		0,23
28 dnů		1,11		0,68
Pevnost v tlaku [MPa]				
7 dnů		0,14		0,33
28 dnů	1,5 -5,0 ¹⁾	1,68	0,4 – 2,5 ²⁾	1,06
Objemová hmotnost [kg/m ³]				
7 dnů		1410		1410
28 dnů	1500	1321		1446

Poznámka: 1) platné pro pevnostní třídu CS II, 2) platné pro pevnostní třídu CS I

Z výše uvedené tabulky vyplývá:

- vodní součinitel nutný k dosažení normalizované konzistence byl velmi blízký hodnotám referenčních omítkových směsí. Pro strojní omítku, která obsahovala retenční přísadu, byl zaznamenám vodní součinitel poněkud vyšší, a to přes i to, že ruční směs obsahovala zvýšenou dávku provzdušňovací přísady, která rovněž způsobuje vyšší spotřebu vody

- hodnoty konzistence stanovené jak pomocí penetrometrické zkoušky, tak i pomocí střešacího stolku byly vyšší pro omítkovou směs ruční než pro směs strojní, modifikovanou retenční přísadou. Tato skutečnost potvrzuje výše uvedené vyhodnocení vodního součinitele v tom smyslu, že retenční přísada působí více na zvýšení spotřeby záměsové vody než přísada provzdušňovací
- retenční schopnost obou omítek byla velmi dobrá. Oproti očekávání byla vodní retence vyšší u ruční omítky vlivem vzdušných pórů vnesených provzdušňovací přísadou než u omítky strojní, kde bylo vodní zádrže dosahováno především retenční přísadou
- pevnost v tahu za ohybu i pevnost v tlaku omítky ruční byla nižší než omítky strojní. V tomto případě se projevil negativní vliv silného provzdušnění ruční omítky, kterým byl popsán rozdíl způsoben
- dosaženými hodnotami pevnosti v tlaku po 28 dnech hydratace lze omítku strojní zařadit do stejné třídy CS II jako směs omítky referenční. Omítky ruční vyhověla nižší pevnostní třídě CSI, a odpovídá tak referenčním omítkám jednovrstvým pro ruční nanášení.

4.3 Aplikační vlastnosti

Aplikační vlastnosti byly zkoušeny u vzorků poloprovozně připravených dle výše uvedených receptur. Výsledky aplikačních zkoušek je možno shrnout následovně:

- strojní verze tenkovrstvé omítky byla aplikována omítačkou Putzknecht S48, průtok vody činil 650 l/hod. Nanášení omítkové směsi proběhlo bez problémů, aplikovaná omítky nesjížděla, po zarovnání bylo její roztočení možné po cca 2 hodinách. Vytvrzená omítková směs nevykazovala prakticky žádné trhliny.

- ruční omítka byla připravena s vodním součinitelem $w = 0,19$. Nanesená směs byla dobře zpracovatelná, po zatažení bylo roztočení možné po 1 až 2 hodinách. Trhliny prakticky nevznikaly, jejich ojedinělý výskyt byl zaznamenán pouze v místech, kde byla kvůli nedokonalosti podkladního zdiva nanesená vrstva silnější jak cca 15 mm

5 Diskuze výsledků

Na základě dosažených výsledků lze konstatovat:

- cílem experimentálních prací byl vývoj tenkovrstvé, resp. jednovrstvé omítky ve strojní a ruční verzi s využitím odprašků z výroby drceného kameniva
- bylo prokázáno, že kombinace odprašků a provzdušňovací přísady poskytuje omítkovým směsím dobrou plasticitu pro nanášení a povrchovou úpravu omítek a nezpůsobuje ani porušení vzhledu tvorbou trhlin
- lze tedy konstatovat, že zvolený způsob dílčí substituce vápenného hydrátu je reálně možný
- dosahované pevnosti obou omítek byly v souladu s normovým pevnostním zařazením, kdy strojní verze tenkovrstvé omítky vyhověla pevnostní třídě CS II a ruční verze pevnostní třídě CS I.

Závěr

V bakalářské práci, věnované vývoji tenkovrstvým omítkám, je v teoretické části zpracováno základní rozdělení a složení omítek s následným zaměřením na tenkovrstvé omítky, které jsou schopny nahrazovat dvojvrstvý systém tvořený omítkou jádrovou a štukovanou.

Na základě navržených receptur strojní a ruční omítky, byly laboratorně a posléze poloprovozně namíchány suché směsi, u nichž byly odzkoušeny technologické a aplikační vlastnosti.

Co se týká technologických vlastností lze konstatovat, že vodní součinitel nutný k dosažení normalizované konzistence byl velmi blízký hodnotám referenčních omítkových směsí. Další sledovanou vlastností byla pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku. Pevnosti ruční omítky byly oproti omítce strojní nižší. Tento rozdíl byl způsoben vlivem silného provzdušnění ruční omítky. Omítku strojní lze dosaženými pevnostmi v tlaku zařadit do pevnostní třídy CS II. Díky nižší pevnosti v tlaku řadíme omítku ruční do pevnostní třídy CS I. Obě navrhované receptury dosahují pevností v souladu s normovým pevnostním zařazením.

Výsledky aplikačních vlastností lze hodnotit velmi pozitivně. Kombinace odprašků z výroby drceného kameniva, které minimalizují obsah vápenného hydrátu ve spolupůsobení provzdušňující přísady má velmi dobrý vliv na plasticitu pro nanášení a povrchovou úpravu omítek. U navrhovaných směsí trhlinky prakticky nevznikaly. Ojedinelý výskyt byl zaznamenán pouze u omítky ruční a to v místech nanesení silnější vrstvy.

Pro optimalizaci receptur by bylo vhodné pokračovat ve sledování dalších vlastností tenkovrstvých omítkových směsí, jako je stanovení přídržnosti, stanovení koeficientu absorpce vody, stanovení propustnosti vodních par, aj.

Seznam použité literatury

- [1] FRIDRICHOVÁ, M., K. DVOŘÁK a R. FRIDRICH. *Stavíme omítky* 1. vyd. Brno: ERA group spol, s.r.o., 2004. ISBN 80-7366-004-0
- [2] MĚŠŤAN, R. *Omítkářské a štukatéřské práce*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1988. 304 s
- [3] ROVNANÍKOVÁ, P. *Omítky: chemické a technologické vlastnosti*. Vyd. 1. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek - Stop, 2002, 89 s. ISBN 8086657000.
- [4] BLÁHA, M. *Omítky: druhy, provádění, opravy*. 1. Vyd. Praha: grada, 2004, 97 s. Profi. Isbn 80-247-0898-1.
- [5] ČSN EN 459-1 *Stavební vápno – část 1: Definice, specifikace a kritéria shody*. Platnost od 1. 4. 2011.
- [6] *Anorganická pojiva* [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/anorganicka_pojiva.html#vzdvapno
- [7] *Vápenné omítky v památkové péči*. Směrnice WTA 2-7-01/D. Praha: Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky – WTA CZ, 2007. 20 s. ISBN 978-80-02-01986-2.
- [8] SVOBODA, L. *Stavební hmoty*. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, 2004, 471 s. ISBN 80-807-6007-1.
- [9] PEŘKA, L. *Druhy a složení cementů podle ČSN EN 197 – 1*, 1 Vydání Praha 2, informační centrum čkait
- [10] MICHONOVÁ, D. *Vliv přírodních vláknitých přísadků na chování a vlastnosti vápenných malt*. [ONLINE]. BRNO: FAST VUT V BRNO, 2003 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/veda/dk2003texty/pdf/4-2/rp/michoinova.pdf>
- [11] ČSN EN 1008 *Záměsová voda do betonu - Specifikace pro odběr vzorků, zkoušení a posouzení vhodnosti vody, včetně vody získané při recyklaci v betonárně, jako záměsové vody do betonu*, Praha: Český normalizační institut, 2003.
- [12] CHROUST, F., KVASNIČKA, I. a KVASNIČKOVÁ, R. *Omítky*. 2. upr. vyd. Praha: SNTL, 1959, 189 s. Odborné příručky pro stavebnictví

- [13] Výroba vápna. *Učíme v prostoru*. Dostupné z: [http://uvp3d.cz/dum/?page_id=2338]. [cit. 2017-04-12]
- [14] VITRUVIUS POLLIO, M. *Deset knih o architektuře*. Praha: Arista a Baset, 2001, 438 stran. isbn arista 80-86410-23-4 a isbn baset 80-86223-49-3
- [15] VAVŘÍN, F., *Maltoviny*, 3. vydání. Brno: Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1987.
- [16] HOŠEK, J. A J MUK. *Omítky historických staveb*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1990, 143 s. isbn 80-042-3349-x.
- [17] *Historie vápna*. Dostupné z: <http://www.malang.cz/omitky-str-25-1-25.html>
- [18] Vápenný hydrát: Bílé vápno. *Vápenka Vitošov* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.vapenka-vitosov.cz/vapno-a-vapenec/vapenny-hydrat/bile-vapno-cl-90-s-vapenny-hydrat>
- [19] ČSN EN 1015 – 4. *Zkušební metody malt pro zdivo - Část 4: Stanovení konzistence čerstvé malty (s použitím přístroje pro stanovení hodnoty penetrace)*. 1999
- [20] ČSN EN 1015 – 3. *Zkušební metody malt pro zdivo - Část 3: Stanovení konzistence čerstvé malty (s použitím střešacího stolku)*. 2000
- [21] ČSN EN 1015 – 7. *Zkušební metody malt pro zdivo - Část 7: Stanovení obsahu vzduchu v čerstvé maltě*.
- [22] ČSN EN 1015 – 11. *Zkušební metody malt pro zdivo - Část 11: Stanovení pevnosti zatvrdlých malt v tahu za ohybu a v tlaku*. 2000
- [23] ČSN EN 413-2. *Stanovení retence vody v čerstvé maltě*. 2000
- [24] Aplikace tenkovrstvé omítky. *ABS-portal.cz: odporný stavební portál* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/rekonstrukce-staveb/tenkovrstve-omitky-achyby-pri-jejich-aplikaci>
- [25] Firmy pro výrobu tenkovrstvých omítek: o firmě. *KVK - Krkonošské vápenky Kunčice: o společnosti* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.kvk.cz/>
- [26] Firmy pro výrobu tenkovrstvých omítek: o firmě. *Knauf* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.knauf.cz>
- [27] Firmy pro výrobu tenkovrstvých omítek: o firmě. *Baumit* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <https://www.baumit.cz/>

- [28] Firmy pro výrobu tenkovrstvých omítek: o firmě. *LB Cemix* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.cemix.cz/>
- [29] ČSN EN 998-1: *Specifikace malt pro zdivo – Část 1: Malty pro vnitřní a vnější omítky. 2000*
- [30] ČSN EN 1015-10. *Zkušební metody malt pro zdivo - Část 10: Stanovení objemové hmotnosti suché zatvrdlé malty*
- [31] ČSN EN 1015-12. *Zkušební metody malt pro zdivo - Část 12: Stanovení přídržnosti zatvrdlých malt pro vnitřní a vnější omítky k podkladu*
- [32] *Technický list produktu: CEM I 42,5 R* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.heidelbergcement.cz/cs/cement/baleny-cement/cemi425r>
- [33] *Technický list produktu: PROFI Vápenný hydrát - Jurat kalk* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.profibaustoffe.com/cze/Czech/PRODUKTY/Specialni-produkty/Vapenne-produkty/PROFI-Vapenny-hydrat-Jurat-Kalk>
- [34] ČSN EN 196-1. *Metody zkoušení cementu: Část 1: Stanovení pevnosti*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [35] Tlaková metoda: tlakový přístroj. *Zkoušení stavebních hmot a výrobků* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: http://homel.vsb.cz/~khe0007/opory/opory.php?stranka=malty_zk

Seznam obrázků

Obr. 1:	Ruční nanášení omítky	15
Obr. 2:	Strojní nanášení omítky	15
Obr. 3:	Skladba jednovrstvé omítky	16
Obr. 4:	Skladba vícevrstvé omítky	16
Obr. 5:	Řez šachtovou pecí	18
Obr. 6:	Rozdělení stavebního vápna	19
Obr. 7:	Karbonatace vápenné omítky	21
Obr. 8:	Konopné pazdeří	26
Obr. 9:	Laboratorní míchačka	44
Obr. 10:	Analytické váhy	44
Obr. 11:	Laboratorní váhy	45
Obr. 12:	Penetrometr	45
Obr. 13:	Střásací stůl	45
Obr. 14:	Forma na zkušební tělesa	45
Obr. 15:	Zkušební stroj (lis)	45
Obr. 16:	Přípravek pro stanovení pevnosti v tahu za ohybu	45
Obr. 17:	Přípravek pro stanovení pevnosti v tlaku	46
Obr. 18:	Digitální posuvné měřidlo	46
Obr. 19:	Přístroj pro stanovení obsahu vzduchu	37
Obr. 20:	Výroba zkušebních těles	41

Seznam tabulek

Tab. 1: Vhodný typ omítky podle druhu podkladu	15
Tab. 2: Mezní vlastnosti ostře a měkce páleného vápna	20
Tab. 3: Základní slínkové minerály a jejich charakteristiky	23
Tab. 4: Přehled přísad do omítek	27
Tab. 5: Chemické složení cementu	42
Tab. 6: Chemické složení vápenného hydrátu	42
Tab. 7: Návrh složení omítkových směsí	47
Tab. 8: Stanovení množství záměsové vody	47
Tab. 9: Technologické vlastnosti	48