



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

**VLIV PIGMENTŮ NA DIFUZNÍ VLASTNOSTI OMÍTEK
PRO ETICS**

PIGMENTS INFLUENCE ON THE DIFFUSION PROPERTIES OF THE PLASTER USED FOR ETICS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martina Fialová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. NIKOL ŽIŽKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2018



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 | Martina Fialová |
| Název | Vliv pigmentů na difuzní vlastnosti omítek pro ETICS |
| Vedoucí práce | doc. Ing. Nikol Žižková, Ph.D. |
| Datum zadání | 30. 11. 2017 |
| Datum odevzdání | 25. 5. 2018 |

V Brně dne 30. 11. 2017

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

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- Fridrichová, M. a kol. Omítky, 1. vyd. Brno: ERA group, 2004, ISBN 80-7366-004-0, 98 s.
- Bochen, J. Study on the microstructure of thin-layer facade plasters of thermal insulating system during artificial weathering, *Construction and Building Materials*, Vol. 23, 2009, p. 2559–2566.
- Bochen, J. Weathering effects on physical–chemical properties of external plaster mortars exposed to different environments, *Construction and Building Materials*, Vol. 79, 2015, p. 192–206.
- Šimůnková, E., Bayerová, T. Pigmenty, 3. vyd. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek - STOP, 2014, ISBN 978-80-86657-17-2, 26 s.
- ČSN 73 2901 Provádění vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů (ETICS), 2017.
- ČSN EN 13914-1 Navrhování, příprava a provádění vnějších a vnitřních omítek – Část 1: Vnější omítky.
- Další příslušné technické normy a odborná literatura.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vnější omítky představují finální povrchovou úpravu objektů. V případě kontaktních zateplovacích systémů ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems) tvoří konečnou povrchovou úpravu nejčastěji mozaiková nebo probarvená omítka, případně omítka s nátěrem. V souladu se současnými požadavky na barevnost omítek je nezbytně nutné používání pigmentů, které mohou ovlivňovat vlastnosti omítek. Mezi parametry sledované u omítek patří také difuzní vlastnosti, na které bude zaměřena tato BP. Tato práce bude zpracována ve spolupráci s firmou STAVEBNINY DEK.

V práci provedte:

1. Za použití tuzemské a zahraniční odborné literatury zpracujte rešerši zaměřenou na druhy a vlastnosti omítek používaných v exteriéru.
2. Popište typy, vlastnosti a požadavky kladené na vnější omítky.
3. Zpracujte přehled pigmentů používaných pro vnější omítky a jejich možný vliv zejména na difuzní vlastnosti.
4. Navrhněte metodiku zkoušení difuzních vlastností běžně používaných typů probarvených vnějších omítek dle ČSN EN ISO 7783 (např. navrhněte vhodný podklad pro nanášení tenkovrstvých omítek pro výrobu zkušebních těles).

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na vliv pigmentů na difuzní vlastnosti vnějších omítek. První část práce je věnována omítkám a pigmentům používaných v omítkách. V praktické části je navržena metodika zkoušení difuzních vlastností a proveden experiment hodnotící vliv pigmentů na zkoušené vlastnosti.

KLÍČOVÁ SLOVA

vnější omítky, pigmenty, difuzní vlastnosti, vnější tepelně izolační kompaktní kompozitní systém

ABSTRACT

This bachelor thesis focuses on the influence of pigments on the diffusion properties of external plasters. The first part is devoted to plasters and pigments used in plasters. In the practical part is proposed a method of testing the diffusion properties and an experiment performed evaluating the influence of pigments on the tested properties.

KEY WORDS

external plasters, pigments, diffusion properties, external thermal insulation composite systems

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Martina Fialová Vliv pigmentů na difuzní vlastnosti omítek pro ETICS. Brno, 2018. 74 s., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce doc. Ing. Nikol Žižková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 24. 5. 2018

Martina Fialová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat paní doc. Ing. Nikol Žižkové, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při zpracovávání bakalářské práce. Dále děkuji panu Ing. Antonínu Žákovi, Ph.D. a panu Ing. Tomáši Klossovi za pomoc při zpracovávání experimentální části práce a děkuji společnosti Stavebniny DEK a.s. za poskytnutí materiálu a prostoru pro výrobu vzorků. Děkuji paní Ing. Šárce Keprdové, Ph.D. za odborný dozor a pomoc při práci v laboratoři v centru AdMaS. Poděkování patří také mé rodině za podporu během studia.

Obsah

| | |
|--|----|
| I. Teoretická část | 9 |
| Úvod | 9 |
| 1. Omítky..... | 10 |
| 1.1. Historie omítek | 10 |
| 1.2. Rozdělení omítek | 13 |
| 1.3. Skladba omítek | 19 |
| 1.4. Složky omítek..... | 20 |
| 1.5. Zásady zpracování omítek | 32 |
| 2. Vnější omítky..... | 35 |
| 2.1. Typy omítek pro exteriér, vlastnosti a požadavky | 35 |
| 2.2. Omítky pro systém ETICS..... | 38 |
| 3. Pigmenty | 42 |
| 3.1. Úvod do pigmentů | 42 |
| 3.2. Historie pigmentů | 42 |
| 3.3. Pigmenty používané pro vnější omítky | 43 |
| 3.4. Vliv pigmentů na omítky | 44 |
| II. Praktická část | 45 |
| 4. Zkoušení difuzních vlastností dle platných norem | 45 |
| 4.1. ČSN EN ISO 7783 – Nátěrové hmoty – Stanovení propustnosti pro vodní páru – Misková metoda..... | 45 |
| 4.2. ČSN EN ISO 7783-2 – Nátěrové hmoty – Povlakové materiály a povlakové systémy pro vnější zdivo a beton – Část 2: Stanovení a klasifikace stupně propustnosti pro vodní páru (permeability) | 49 |
| 4.3. Návrh metodiky zkoušení | 51 |
| 4.4. Výroba zkušebních těles | 51 |
| 4.5. Výsledky měření..... | 56 |
| 4.6. Diskuze dosažených výsledků..... | 68 |
| 5. Závěr..... | 71 |
| Seznam použitých zdrojů: | 73 |

I. Teoretická část

Úvod

Omítky jsou dnes důležitou součástí velkého množství staveb. Jejich vývoj probíhá již od pravěku, tedy velmi dlouho. Za tu dobu prošly obrovským vývojem a změnilo se zásadně i jejich využití. V současnosti je velmi důležité estetické hledisko, omítky dotváří dojem nejen v exteriéru, ale i v interiéru. Mezi další důležité požadavky na omítky patří zlepšování technických vlastností nejen zděných konstrukcí. Omítek existuje velmi mnoho druhů, jejich vývoj probíhal v každé kultuře nebo oblasti různě. Jejich základem je malta potřebné tloušťky a další složky zlepšující odolnost proti vnějším vlivům.

Díky rostoucí poptávce po omítkách a čím dál náročnějším požadavkům probíhá v současnosti hlavně vývoj průmyslových výrobků, který usnadňuje aplikace a minimalizuje chyby způsobené lidským faktorem. Také se proces výstavby velice urychlí a zjednoduší. [1]

Vývoj omítek je také spjat s objevením cementu a jeho vývojem. Průmyslová výroba omítek umožnila výrazné rozšíření sortimentu malt pro omítky, zvýšily se požadavky na přesně definované pojivo a plnivo a také na dávkování speciálních přísad. Vývoj omítek od tradičních po novodobé ovlivňují tyto faktory: vývoj nových hmot pro výrobu omítek (hlavně pojiva), vývoj zděných stavebních materiálů (podklad), vyšší a nové požadavky uživatele na omítku, požadavky na efektivitu výroby a zpracování omítek (hlavně u zpracování na stavbě). [2]

1. Omítky

1.1. Historie omítek

1.1.1. První povrchové úpravy staveb

Omítky vznikly jako povrchová úprava, která zamezovala zachycování a vsakování dešťové vody do spár zdiva. Jejich další význam však již od počátku byl i estetický. První povrchové úpravy typu omítek byly aplikovány už u dřevěných chýší a jednalo se o hliněnou nebo jílovou omazávku stěn. Vývoj zděných konstrukcí probíhal právě od hliněných chýší s vyplétanými stěnami, přes hrázděné konstrukce po zděné konstrukce. Nejstarší omítkové vrstvy byly nalezeny ve středněvýchodní oblasti z období 7. až 6. století př.n.l. Jednalo se o asi 10 mm tlustou vápenopískovou vrstvu nanesenou na konstrukci z nepálených cihel.

První tenkovrstvé sádrové nebo sádrovápenné omítky pochází z Egypta. Tyto omítky byly hydraulické nebo polohydraulické a sloužily k úpravě povrchu exteriéru i interiéru. Podkladovou vrstvu tvořila jílová omazávka plněná sekanou slámou. V pozdějším období ji nahradil podklad tvořený kličem.

Omítky na bázi páleného vápna se v Egyptě rozvíjely až s římským vlivem. V této době vznikají ve více kulturách nástěnné malby jak v interiéru tak v exteriéru, tvořil je vícevrstvý systém se silně hlazeným nebo leštěným povrchem. Vícevrstvé vápenné omítky sloužily jako podklad pro freskovou malbu a jejich vývoj probíhal už v období mezi 1. a 2. tisíciletím. V řeckém období již byl systém vícevrstvých omítek technicky velmi vyspělý.

Naopak v římském období se od omítání upouštělo, v této době bylo trendem zdivo s přiznáním hrubého neopracovaného kameniva, které se vytvářelo pomocí bednění, do kterého se sypalo kamenivo a vlévala se malta jako pojivo. Povrch takového zdiva se více neupravoval. [3]

1.1.2. Historické omítky

Hliněné malty

Hlína byla z důvodu velmi dobré dostupnosti nepochybně první hmotou využívanou pro spojování kamenů a výplň proutěných chýší. Použití našla také u hrázděných konstrukcí ve středověkých stavbách. I jako izolace našla uplatnění již před více než 5000 lety.

V předrománském období se používala jílovitá zemina smísená s vodou a vápnem vyráběným z pálených vápenců v místních lokalitách. Rozmanitost použitých jílů a písků lze zjišťovat pomocí vysoce specializovaných metod jako jsou elektronová mikroskopie, rentgenografické analýzy. Velmi důležité je však určení složení a poměr použitých složek jako jsou hlína, písek a vápno. Doplnující informací je určení jílových minerálů, které ovlivňují vaznost malt. Hlavními zástupci jílovitých minerálů jsou kaolinit, illit a montmorillonit. [3]

Vápenné malty

Vápno smíchané s pískem a kamennou drtí bylo vůbec první využívané pojivo k výrobě omítek. Nejdůležitějším poznatkem k vývoji technologických hmot bylo zjištění, že pálení vápence, drcení na prach a jeho následné smíchání s vodou vzniká znovu tvrdá hmota, která může mít lepší vlastnosti než dosud používaný kámen. Výroba vzdušného vápna probíhala v Egyptě již cca 200 př.n.l. V Mezopotámii byla tato technologie známa asi 600 př.n.l. a odtud se dále šířila do Řecka, Itálie a následně do střední Evropy. [3], [13]

Sádrové malty

První použití sádry jako pojiva je doloženo v Egyptě z období 3000 př. n. l. kde bylo podstatnou součástí štukových povrchových úprav staveb. V našich zemích se sádrové pojivo používalo jen velmi málo z důvodů špatné dostupnosti suroviny (jen malá část u Kobeřic) a také kvůli nižší trvanlivosti povrchových úprav v naší geografické oblasti. Touto problematikou se zabývali až v 19. století Le Chatelier, Michaelis a další. Ti svými pracemi objasnili chemickou podstatu tvrdnutí a chování sádry vlivem povětrnostních změn. Použití u nás tedy probíhalo až

v 19. století, kdy se povrch sádrových omítek upravoval roztoky kamence nebo boraxem, někdy i kyselinou šťavelovou. [3]

V současné době se velmi často pro výrobu síranových pojiv používají sekundární surovinové zdroje, mezi něž patří energosádrovec a chemosádrovec. Tyto druhotné suroviny se používají jako základní surovina pro výrobu sádrokartonových desek, samonivelačních podlahových směsí a omítkových směsí. [12]

Plniva malt

Plnivo je druhou základní složkou omítek hned po pojivu. Ve všech historických obdobích tvořilo plnivo kamenivo a jeho vlastnosti ovlivňovaly trvanlivost omítek. Druh kameniva také rozhodoval o výsledné barvě omítky, drtě z mramoru a dolomitu způsobovaly světlé tóny omítek, travertin zbarvoval omítku dožluta, vápenec dozelená a porfýr dočervena. [3]

Přísady do malt

Přísady se používají pro zlepšení vlastností čerstvé nebo zatvrdlé malty. K úpravě procesu tuhnutí se dříve užívalo takových látek, které vytvářely koloidní charakter disperze. Takovou látkou je například vaječný bílek, který způsobuje zpomalení procesu karbonatace, čímž vznikají velké krystaly uhličitanu vápenatého, které ovlivňují vazbu s plnivem. Bílkoviny také zlepšují přilnavost s podkladem, proto se používaly hlavně u maleb ve středověku. Podobné vlastnosti vykazovaly také rostlinné polysacharidy jako například pivo, med, škrobový maz. Jako přísady se používaly také mléko a tvaroh. Jejich přidání do malty způsobovalo tvorbu kaseinátu vápenatého, ten zlepšoval plasticitu omítky a přilnavost k podkladu.

Zástupci přísad používaných ve starověkém Egyptě jsou: arabská guma, kasein, krev, ovocné šťávy, vaječné bílky, vejce a živočišné tuky. V období římském to byly: krev, mléko, ovocné šťávy, saze a dřevěné uhlí, tvaroh, vaječné bílky, víno, rostlinná vlákna, vlasy a chlupy. V dalších obdobích se přidaly ještě cukr, kvas, lepek, mléko, moč, pivo, podmásli, rostlinné pryskyřice. [3]

Přehled přísad do malt je uveden v tabulce č.1.

Tabulka č. 1: Přísady do malt používané v minulosti a současnosti [3]

| Typ přísady | Látky používané v minulosti | Látky používané v současnosti |
|--------------------|--|--|
| Urychlovače | Vaječné bílky, krev, cukr | Chlorid vápenatý, trietanolamin |
| Zpomalovače | Borax, melasa, cukr | Kyselina vinná, soli kyseliny vinné, lignin |
| Plastifikátory | Mléko, vaječné bílky, tuky rostlinné i živočišné | Lignosulfonáty, akrylové latexy, melaminaldehydy |
| Provzdušňovačla | Slad, pivo, moč | Lignosulfonáty, hydroxid barnatý |
| Utěšňující činidla | Bitumen, vosky, živočišné tuky s taninem | Stearáty, silikony |
| Adheziva | Kasein, kliš, kalafuna, želatina | Akrylátová pryskyřice, latex, epoxidy |
| Zpevňovače | Melasa, sirup, vlákna | Cement, polyuretany |
| Ztužovací činidla | Krev, kasein, tvaroh, želatina | Silikagel, akrylové polymery |

Barviva

Barevnost omítek byla důležitá pro téměř každou kulturu, která již omítek využívala. Také je pro každou kulturu typická určitá barevnost, která určovala slohovou jednotu. Barevná řešení se dají zařadit do čtyř základních kategorií, imitační, dekorativní, tektonické a iluzivní. Imitační omítky měly za funkci imitovat dražší a vzácnější materiály jako je třeba mramor. Dekorativní omítky zdobily jednotlivé prvky nebo části stavby. Tektonické úpravy podtrhují jednotlivé prvky architektury a iluzivní nahrazují architektonické plastické prvky jako jsou pilastry, římsy, okna a podobně. [3]

1.2. Rozdělení omítek

Omítky se dělí podle několika kritérií, které zohledňují všechny druhy omítek, jejich přípravu a další měřítka. Tato kritéria se vytvořila zejména kvůli velkému rozvoji omítek na počátku 90. let minulého století. [1]

1.2.1.Dělení omítek dle způsobu přípravy:

Omítky připravované „in situ“

Takto je nazván postup přípravy přímo na stavbě. Jedná se o tradiční způsob přípravy omítek. Pro míchání se používají míchačky nebo se může míchat i ručně. Pro svou jednoduchost je to velmi levná varianta omítání, používá se u staveb, kde je dobrá dostupnost jednotlivých surovin a kde nejsou velké nároky na časovou náročnost stavby. Tedy se tento způsob využívá hlavně u staveb mimo města.

Omítky vyráběné průmyslově

Průmyslová výroba omítek probíhá zatím relativně krátce, největší výhodou je zakoupení prakticky hotového výrobku garantovaných vlastností. Prodávají se tzv. suché omítky, to je prášková směs nebo se jedná o formu pasty, ty se používají pro speciální účely, např. pro fasádní vrstvy zateplovacích systémů. Tento typ omítek je sice dražší, ale minimalizují se náklady na pracovní síly, na časovou náročnost, objem odpadních hmot a je zde navíc rozmanitější nabídka. Díky tomu, je rozmach této metody na vzestupu a naopak provádění omítek „in situ“ je na ústupu. [1]

Postup zpracování průmyslových omítek musí odpovídat požadavkům příslušných norem. Pro omítkové směsi vyráběné zčásti průmyslově musí být na doplnění použity pouze materiály povolené výrobcem. Do vlhkých omítkových směsí již připravených není povoleno přidávat jakékoliv jiné materiály a do suchých omítkových směsí se může přidávat pouze voda v množství předepsaném výrobcem. [8]

1.2.2.Dělení omítek dle aplikačního postupu

Vícevrstvý systém

Tento systém se skládá z adhezni vrstvy na podkladní zdivo, jádrové (hrubé) omítky a omítky štukové.

Účelem adhezní vrstvy je připravit hrubozrný povrch, aby se zvýšila přilnavost omítky, snížit pórovitost podkladního zdiva pro větší zadržení vody v omítce. Tuto vrstvu většinou tvoří cementový postřík, který tvoří směs cementu, písku a někdy malý podíl vyhašeného vápna.

Omítka jádrová plní funkci dokonalého vyrovnání podkladu. Někdy se přidají funkce jako sanační nebo tepelněizolační.

Omítka štuková je při použití v exteriéru nazývána fasádní nebo dekorativní. Štuky se na rozdíl od jádrových omítek nanášejí ve velmi tenké vrstvě. V některých případech se na štukovou omítku nanáší ještě finální nátěr.

Jednovrstvý systém

Tento systém tvoří jediná omítka jednovrstvá, která se nanáší přímo na podkladní zdivo. Někdy se ovšem doporučuje ošetřit podklad penetrací nebo aplikace adhezního (spojovacího) můstku kvůli zvýšení přídržnosti. Povrch bývá ještě na závěr opatřen nátěrem nebo malbou.

Rozdíl mezi vícevrstvým a jednovrstvým systémem je hlavně ve finanční náročnosti a v rychlosti výstavby. Při omítání nerovných zdí se určitě vyplatí vícevrstvý systém, jelikož jádrová omítka, která povrch vyrovná je o hodně levnější než omítka štuková. Pokud je ale zdivo rovné, vyplatí se jednovrstvý systém díky své rychlosti a kvalitě provedení. Další rozhodující faktor ve výběru systému omítky je finální vzhled fasády. Jednovrstvý systém lze upravovat jedinečně tzv. filcováním neboli roztáčením. U vícevrstvého systému je větší variabilita v použité zrnitosti kameniva tudíž lze povrch upravovat více možnými způsoby. [1]

1.2.3. Dělení omítek dle použití

Téměř všechny omítky by se daly nazvat omítkami speciálním, jelikož musí splňovat rozmanité vlastnosti, podle druhu podkladu nebo požadavků na funkci.

Sanační omítky

Mají velmi porézní strukturu a zároveň vykazují vnitřní hydrofobitu, proto jsou schopny do určité míry eliminovat vliv vztlínající vlhkosti v konstrukci. Do této skupiny omítek patří zároveň omítky těsnící a jiné speciální renovační stěrky.

Tepelně-izolační omítky

V jejich struktuře jsou obsaženy lehké přísady, které způsobují specifické hmotnosti po vyztužení a také velmi nízkou tepelnou vodivost. Tato omítka by neměla přesahovat tloušťku 5 cm a musí se provést povrchová úprava, zpevnění nebo bandážování.

Akustické omítky

Mají otevřenou porézní strukturu a díky tomu mohou pohlcovat zvuk. Při tloušťce 20 mm působí jako absorbér při hluku nad 500 Hz. Tato omítka má hrubou povrchovou úpravu a nemůže být opatřena nátěrem.

Protipožární omítky

Používají se pro ochranu především železobetonových a ocelových konstrukcí. Vykazují dobré protipožární vlastnosti, nízkou hmotnost a nízkou tepelnou vodivost. Někdy se mohou řadit i do skupiny akustických omítek. Jejich výroba se zakládá na bázi sádrových nebo cementových omítek s lehkými přísadami (např. vermikulit). [2]

Omítky vnitřní (interiérové)

Používají se uvnitř objektů, mají sníženou odolnost vůči povětrnostním podmínkám, proto se nedoporučuje jejich užití pro vnější konstrukce.

Omítky vnější (exteriérové)

Jsou určeny pro vnější použití, mohou se použít i pro vnitřní konstrukce, ale mohou snižovat pohodu bydlení, jelikož se pro vyšší podíl cementu jejich vlastnosti a chování podobá betonům nižších tříd.

Rozdíl mezi interiérovou a exteriérovou omítkou je v dávkování a někdy i v druhu použitého pojiva. Pro vnitřní omítky se nejčastěji používají vápenocementová, vápenná, vápenosádrová a sádrová pojiva. Pro omítky vnější se používají pojiva cementovápenná u nichž převažuje cement nad vápnem. Nesmí se používat pojiva sádrová, která rychle degradují vlivem povětrnostních podmínek. Omítky jádrové a jednovrstvé jsou složením velmi podobné, při průmyslové výrobě suchých směsí se někdy vyrábějí jako univerzální cementovápenné. Největší rozdílnost je v omítkách štukových, jak pojivo tak zrnitost jsou velmi rozmanité. Mezi nejvyhledávanější a zároveň nejkvalitnější štuky patří vápenné, sádrovápenné a sádrové. Zrnitost interiérových štuků je omezena velikostí zrna kameniva maximálně 1 mm. Jejich úprava většinou probíhá roztáčením nebo hlazením. Někdy se využívají i fasády reliéfní. Mezi venkovní štuky patří i pastové omítky s pojivem na bázi vodního skla, akrylátů nebo silikonů. [1]

1.2.4. Rozdělení omítek podle vzhledu

Vzhled patří mezi důležitá kritéria pro investory. Je dán především zrnitostí a typem plniva a také jejím zpracováním. U nás je nevíce rozšířena omítka štuková, dvouvrstvá s hladkou vrchní vrstvou.

Stříkané a škrábané omítky nazývané brizolit byly v minulosti velmi oblíbené u fasádních omítek. V současnosti bývají nahrazeny většinou tenkovrstvými strukturovanými omítkami.

Dalším důležitým kritériem je barevnost omítky. Té se dosahuje nátěrem nebo probarvením hmoty pomocí pigmentů. Barevnost má velmi důležitý vliv z hlediska teplotních změn vlivem slunečního záření, to způsobuje namáhání vnější omítky. Tudiž dnes velmi oblíbené syté barvy mohou být příčinou poruch a trhlin na fasádách. [2]

1.2.5.Rozdělení omítek dle způsobu aplikace

Omítky pro ruční nanášení

Do této kategorie patří všechny omítky připravované in situ a průmyslově vyráběné omítkové směsi určené pro ruční nanášení. Ty většinou obsahují pouze základní pojiva a plniva, neobsahují zušlechťující přísady a proto jsou výrazně cenově dostupnější než omítky pro strojní nanášení.

Omítky pro strojní nanášení

Tyto omítkové směsi jsou průmyslově vyráběné a musí splňovat několik základních požadavků. Mezi tyto požadavky patří perfektní skladba křivky zrnitosti plniva. Je to velmi důležité, protože k dopravě směsi se používají autocisterny u nichž může dojít při nevhodné zrnitosti a velkých dopravních vzdálenostech k rozmíšení a poruše plynulosti dávkování. Dalším požadavkem je použití zušlechťujících přísad kvůli retenci vody čerstvě aplikované omítky a její výborná soudržnost s podkladem. Tyto přísady jsou důvodem vyšší ceny směsi pro strojní nanášení. Na druhou stranu strojní nanášení ušetří čas a tím sníží mzdovou náročnost výstavby. Strojní nanášení umožňuje použití maximální zrnitosti kameniva 2 mm někdy i 3 mm. Nejvíce je tento způsob nanášení užíván u omítek jádrových a jednovrstvých. [1]

1.2.6.Dělení omítek dle složení

Omítka se skládá ze tří základních složek, plniva, pojiva a speciálních přísad. Rozhodující pro rozdělení omítek na základní druhy je pojivo. V současné době se pojiva dále vyvíjí a kombinují, pro rozdělení je rozhodující převládající typ pojiva. Téměř všechny druhy omítek dnes obsahují zušlechťující přísady.

Rozdělení omítek podle druhu pojiva je uvedeno v tabulce č.2.

Tabulka č.2: Základní rozdělení omítek podle pojiva [2]

| Typ pojiva | Typ omítky | Převládají pojivo | použití |
|------------|-------------------------|-----------------------------------|--|
| Minerální | vápenná | Vápno, hydraulické vápno | vnitřní omítky, restaurování |
| | vápenocementová | vápno, cement | běžné omítky, speciální (sanační, tepelněizolační, spárovací, ...) |
| | cementová | cement, vápno (jen malé množství) | |
| | sádrová (vápenosádrová) | sádra | vnitřní omítky, protipožární omítky |
| | hliněná | jíl | tenkovrstvé omítky, vysprávky |
| Organické | silikonová | silikonová disperze | vnitřní omítky, zdravé bydlení, ekologické restaurování |
| | disperzní (akrylátová) | akrylátová disperze | |
| | silikátová | vodní sklo | |

1.3. Skladba omítek

1.3.1.Skladba vrstvy adhezní

Cementový postřík

Složení cementového postříku není nijak složité, někdy se dokonce nahrazuje zděnou jádrovou omítkou. Při přípravě cementového postříku pro omítku připravovanou na stavbě se používá hrubší kopaný písek dávkovaný v objemovém poměru přibližně jednoho dílu cementu ku čtyřem dílům písku. Může se přidávat také menší množství vyhašeného vápna, které zlepšuje přilnavost k podkladu a také zadržuje menší množství vody.

Postup přípravy je obdobný jako u ostatních omítek, nejprve se dávkuje cement, vápenná kaše, voda a následně písek prosátý přes síto.

Při průmyslové výrobě cementového postříku se běžně používá cca 20 % cementu CEM II B/S 32,5 nebo CEM I 42,5 a písek se zrny do 4 mm.

Adhezní můstek

Má obdobné funkce jako cementový postřík, nazývá se adhezním neboli spojovacím můstkem, uzavírá pórový systém omítaného zdiva a tím přispívá k zadržení vody v omítce. Také napomáhá ke zdrsnění podkladu, tím napomáhá k lepší přilnavosti k tomuto podkladu.

Používá se, pokud jsou vlastnosti cementového postříku nedostačující. K tomu může dojít u systému přesně vyzděných pórobetonových tvárnic s jednovrstvou omítkou.

Adhezní můstek může být ve formě kapalné i suché, vyrábí se průmyslově a skládá se z polymerních pojiv a zušlechťujících přísad. Ty způsobují dokonalé spojení můstku a podkladu a uzavírají pórovitost. Další složkou této vrstvy jsou hrubozrnná plniva tvořící drsný povrch. [1]

1.4. Složky omítek

1.4.1. Pojiva

Jsou to anorganické nebo organické látky, které hmotu spojují a drží pohromadě jednotlivé části plniva. Mezi anorganická pojiva používaná ve stavebnictví patří maltoviny, pro přípravu omítkových směsí se nejčastěji používají vápno, cement a sádra. Dají se využít i jiná organická ta však nejsou pojivy běžnými, ale řadí se do skupiny pojiv speciálních.

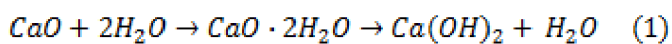
Hydraulické vápno, vzdušné vápno a sádra patří mezi nejstarší maltoviny. Vápno hydraulické umělé bylo užíváno již v antice, proto se používá termín románský cement. Slabě hydraulické vápno bylo vynalezeno v Českých zemích v 17. a 18. století, nazývalo se Pasta di Praga nebo staropražské vápno a využívalo se až Benátkách nebo v Londýně. [1]

Anorganická pojiva

Vápno vzdušné

Je velmi důležitou složkou pro přípravu omítkových směsí, zlepšuje zpracovatelnost směsi, plasticitu při nanášení a určitou pevnost po zatvrdnutí. Díky vzdušnému vápnu mají omítky po zatvrdnutí porézní strukturu, která velmi ovlivňuje další požadované vlastnosti, např. rychlost vysychání po navlhnutí, prostupnost pro vodní páru a další.

Výroba vzdušného vápna probíhá tepelným rozkladem čistého uhličitanu vápenatého (vápence). Po výpalu má složení téměř čistého oxidu vápenatého. Vápno se dále upravuje někdy jen mechanicky (drcením, mletím, tříděním) nebo fyzikálně-chemicky, při tomto způsobu se používá průmyslové hašení, při kterém vzniká přeměna oxidu vápenatého na hydroxid vápenatý.



Takto upravené vyhašené suché vápno se nazývá vápenný hydrát, který se také dále upravuje mechanicky drcením, mletím a tříděním.

Pro omítkové směsi může použít vápenný hydrát i vzdušné vápno, to se však musí vyhasit na vápennou kaši. Tedy pro suché omítkové směsi průmyslově vyráběné se používá jen vápenný hydrát, pro omítky připravované in situ se může použít jak vápenný hydrát, tak vápenné kaše z předem vyhašeného vzdušného vápna. [1]

Vápno hydraulické

Toto vápno představuje z chemicko-mineralogického složení a z hlediska dosahovaných vlastností přechod mezi vápnem vzdušným a portlandským cementem. Chemicky se od vzdušného vápna liší obsahem oxidu vápenatého a tzv. hydraulických součástí, které tvoří oxid křemičitý, oxid hlinitý a oxid železitý. Při srovnání s cementem obsahuje větší množství oxidu vápenatého a menší množství hydraulických oxidů. Dle mineralogického složení obsahuje volné CaO, belit (C₂S), trikalciumaluminát (C₃A) a tetrakalciumaluminátferit (C₄AF). Naopak neobsahuje alit (C₃S), který je hlavním slínkovým minerálem portlandského cementu.

Hydraulická vápna se rozdělují podle způsobu výroby na přírodní a umělá. Hydraulická vápna přírodní vznikají tepelným rozkladem vápnitých slínů. Vypálený produkt obsahuje volný oxid vápenatý a výše zmíněné minerální složky C₂S, C₃A a C₄AF. Hydraulická pojiva umělá se připravují semletím vzdušného vápna s přísadkami jako jsou tufy, trasy, vysokopecní struska nebo popílek. Oba druhy vápen jsou produkovány jen v mletém stavu, během mletí se ještě přidává sádrovec jako regulátor tuhnutí. Hydraulická vápna se dělí na slabě, středně

a silně hydraulická a také na románský cement, dělení probíhá podle obsahu hydraulických oxidů. [1]

Cement

Jedná se o maltovinu, která vzniká výpalem anorganický surovin na mez slinutí. Surovina se dále mele spolu s přísadami. Cement se dělí dle mineralogického složení na dvě skupiny, cementy portlandské a cementy hlinitanové.

Portlandský cement

Tato maltovina se začala nejvíce používat až na přelomu 19. a 20. století, je to jedna z nejmladších maltovin. Dnes je to jedna z nejčastěji používaných surovin pro téměř všechny stavební účely. Česká republika je řazena mezi země s vyspělým cementářským průmyslem k němuž patří i výzkumně-technické, technologické i strojírenské zázemí.

Výroba portlandského cementu probíhá výpalem surovinové moučky z vápenců, které obsahují vysoké množství hydraulických oxidů a zemin.

Po provedení výpalu surovinové moučky vzniká produkt označovaný jako portlandský slínek. Ten tvoří čtyři nejdůležitější slínkové minerály v přibližném procentuálním zastoupení alit (C_3S) 65 %, belit (C_2S) 20 %, trikalciumaluminát (C_3A) 8 % a tetrakalciumaluminátferit (C_4AF) 7 %. Slínek se dále drtí a mele na požadovanou jemnost, vždy s přídatkem přibližně 5 % sádrovce pro regulaci tuhnutí. Další přidávané látky, které se kromě sádrovce při mletí používají, mají za úkol zachovávat dobré fyzikálně-chemické vlastnosti při snížení výrobních nákladů výroby cementu. Jsou to např. látky latentně hydraulické, jejich největším zástupcem je vysokopecní struska. Dále se mohou přidávat pucolány (popílek) nebo i látky inertní (mletý vápenec). Cement se dělí do jednotlivých kategorií podle obsahu přidávaných složek, jemnosti mletí a požadovaných vlastností. Rozdělení cementu je zobrazeno v tabulce 3. [1]

K výrobě suchých omítkových směsí se nejčastěji používají cementy třídy CEM II B/S 32,5 a CEM I 42,5. K výrobě omítek připravovaných in situ se využívá cement CEM II B/S 32,5. [1]

Tabulka č.3: Druhy cementů a jejich složení podle ČSN EN 197-1

| Druh cementu | Název cementu | Označení cementu | Slínek | Vysokopeční struska | Popílek | |
|--------------|--|------------------|--------|---------------------|-----------|----------|
| | | | | | Křemičitý | Vápenatý |
| I | Portlandský cement | I | 95-100 | - | - | - |
| II | Portlandský struskový cement | II/A-S | 80-94 | 620 | | |
| | | II/B-S | 65-79 | 21-35 | | |
| | Portlandský cement s křemičitým úletem | II/A-D | 90-94 | - | - | - |
| | Portlandský pucolánový cement | II/A-P | 80-94 | | | |
| | | II/B-P | 65-79 | | | |
| | | II/A-Q | 80-94 | | | |
| | | II/B-Q | 65-79 | | | |
| | Portlandský popílkový cement | II/A-V | 80-94 | | 620 | |
| II/B-V | | 65-79 | | 21-35 | | |
| | II/A-W | 80-94 | | | 620 | |
| | II/B-W | 65-79 | | | 21-35 | |
| | Portlandský cement s kalcinovanou břidlicí | II/A-T | 80-94 | | | |
| | | II/B-T | 65-79 | | | |
| | Portlandský cement s vápencem | II/A-L | 80-94 | | | |
| | | II/B-L | 65-79 | | | |
| | Portlandský směsný cement | II/A-M | 80-94 | 6-25 | | |
| | | II/B-M | 65-79 | 21-35 | | |
| III | Vysokopeční cement | III/A | 35-64 | 36-65 | | |
| | | III/B | 20-34 | 66-80 | | |
| | | III/C | 5-19 | 81-95 | | |
| IV | Pucolánový cement | IV/A | 65-89 | | 11-35 | |
| | | IV/B | 45-64 | | 36-55 | |
| V | Směsný cement | V/A | 40-64 | 18-30 | 18-30 | |
| | | V/B | 20-39 | 30-50 | 30-50 | |

Do skupiny portlandských cementů patří také cement bílý, ten je nejvíce využíván pro fasádní omítky a štukové omítky. Pro jeho výrobu je nutno používat suroviny bez obsahu oxidu železitého, který běžnému cementu dodává šedé zbarvení. Další rozdíly jsou v technologickém postupu a v mineralogickém složení. Bílý cement nemůže obsahovat slínekový minerál C_4AF , proto je zvýšen obsah C_3S . Jelikož je C_3S slínekovým minerálem, který má nejvyšší hydratační rychlost, projevuje se u skladování bílého cementu větší náchylnost k reakci se vzdušnou vlhkostí a hrudkovatěním cementu. V České republice se bílý cement nevyrábí. [1]

Hlinitanový cement

Jedná se o nejnovější maltovinu, patentována byla teprve v roce 1908. Největší rozvoj hlinitanového cementu probíhal mezi 30. a 60. lety 20. století. Tento cement vykazoval lepší vlastnosti než cement portlandský. Nejvýznamnější z nich byl vysoký nárůst počátečních pevností, po jednom dni byla někdy i vyšší než po 28 dnech portlandských cementů. Proto byly využívány pro rychlé betonáže např. tenkostěnných konstrukcí, základů a podobně. Dalším využitím pro rychlé počáteční pevnosti bylo budování vojenských objektů před druhou světovou válkou. Další výbornou vlastností byl velký vývoj hydratačního tepla, to umožňovalo betonáž i za velmi nízkých teplot.

Z důvodu konverze hlinitanových cementů, při které dochází ke zhroucení vnitřní struktury a náhlé destrukci konstrukce, se hlinitanový cement přestal používat pro výrobu nosných konstrukcí.

Hlinitanový beton je však dále vyráběn, používá se hlavně v cizině na výrobu žáruvzdorných materiálů nebo jako pojivo samonivelačních podlahových směsí. Jeho využití by se dalo aplikovat i na omítkové směsi, kvůli vysoké ceně se tak neděje.

Síranová pojiva

Tato pojiva patří stejně jako vápno mezi nejstarší využívané maltoviny. Síranová pojiva jsou látky na bázi síranu vápenatého bezvodného nebo půlhydrátu. Získávají se tepelným zpracováním síranu vápenatého dihydrátu známého jako sádrovec. Patří sem rychletuhnoucí sádra, pomalutuhnoucí sádra a anhydritové maltoviny. [1]

Rychletuhnoucí sádra

Obě formy, alfa i beta mají shodné chemické složení, rozdíl je v podmínkách, při kterých obě vznikají. Beta-sádra vzniká dehydratací při teplotách okolo 150 °C a normálním atmosférickém tlaku. Voda uniká ve formě páry, která poškozují zrna vznikající sádry trhlinkami a rozlískováním. Takto vzniklý produkt potřebuje velké množství vody při míchání kaše normální konzistence, vodní součinitel odpovídá hodnotám $w=0,5-0,7$. Tato sádra má tudíž jen velmi nízké pevnosti, nejsou vyšší než 8 MPa. Beta-sádra je označována jako sádra stavební.

Pro získání alfa-sádry musí voda odcházet ve skupenství kapalném, aby poškodila zrna vznikající sádry pouze minimálně. Proto se sádra vyrábí dehydratací v tlakových nádobách (autoklávech) při teplotě přibližně 130 °C a za zvýšeného tlaku. Takto vyrobená sádra má výrazně menší vodní součinitel $w=0,3$. Pevnosti této sádry jsou tudíž vyšší, dosahují až hodnot 40 MPa.

Tuhnutí a tvrdnutí obou forem sádry probíhá v řádu minut. Při průmyslovém využití se tak musí používat zpomalovače tuhnutí a tvrdnutí, které oddálí procesy až o několik hodin. Při započetí procesu tuhnutí se již nesmí dále míchat nebo upravovat, zrna hydratující sádry by se rozpojila, nevytvořila by spojitou strukturu a nedošlo by ke zpevnění. Další vlastností sádry je schopnost přijímat kapalnou vodu, čímž dochází ke klesání pevnosti. Proto se sádra může používat pouze v interiérech. V interiéru se využívá vlastnosti sádry přijímat a uvolňovat vlhkost ze vzduchu a tím přispívat k pohodě v interiéru. Sádrové omítky se využívají i pro ochranné konstrukce ocelových konstrukcí, jelikož sádra se vyznačuje odolností proti působení vysokých teplot.

Anhydritové maltoviny

Tato pojiva získáváme ze sádrovce výpalem nebo z přírodního anhydritu. Sádrovec se vypálí za teploty 600 °C, musí se přidávat tzv. budič, který zvyšuje rozpustnost a tím hydratační rychlost jinak nerozpustné fáze. Tyto maltoviny vykazují pozvolnější tuhnutí a tvrdnutí ve srovnání se stavební sádrovou. Vyznačují se však vyššími pevnostmi kolem 25 MPa. Anhydritové maltoviny se svými technologickým vlastnostmi shodují s vlastnostmi portlandských cementů, ale mají zcela odlišné chemicko mineralogické složení. Tato pojiva mohou být stejně jako sádra používaná pouze do interiéru. K přípravě omítkových směsí se většinou nepoužívají, ale stejně jako alfa-sádra slouží pro výrobu samonivelačních směsí.

Organická pojiva

Vodní sklo

Patří do skupiny technických alkalicko-křemičitých skel. Z chemického hlediska se jedná o křemičitan sodný nebo draselný, které mají silikátový modul $n=1,2-4$. Silikátový modul vyjadřuje počet molů SiO_2 na 1 mol oxidu sodného nebo draselného. Tato skla se vyrábějí tavením sklářského písku se sodou za teploty $1300\text{ }^\circ\text{C}$ až $1400\text{ }^\circ\text{C}$. Z takto vzniklé taveniny se chlazením vodou získávají granule. Tyto granule se dále upravují rozemletím na tzv. suché sklo nebo rozpuštěním na tekuté vodní sklo, které se také nazývá rozpuštěné vodní sklo nebo po zahuštění louhem vodní sklo zahuštěné.

Vytvrzování vodního skla probíhá ve vodném roztoku díky hydrolytické povaze vylučováním kyseliny křemičité. Ta je kondenzována na formu gelu, tím dochází ke zpevnění vznikem rozvětvených polykřemičitých kyselin. Dále zde probíhá reakce druhého produktu hydrolyzy disociovaného hydroxidu sodného nebo draselného se vzdušným CO_2 na uhličitan sodný nebo draselný.

Použitím vodního skla do omítek může dojít ke tvorbě výkvětů na povrchu. Vlivem klimatických podmínek totiž může uhličitan rozpuštěný v pórovém roztoku vzlínat strukturou omítky až k povrchu a vytvořit zde po zaschnutí výkvěty. Uhličitan sodný vytváří výkvěty mnohem více viditelné než uhličitan draselný, proto se v průmyslové výrobě omítek využívá více uhličitan draselný.

Vodní sklo se používá pro výrobu fasádních omítek, protože vykazuje dostatečné pevnosti a především vykazuje výborné hodnoty difuzního odporu. Dále se tyto omítky dají probarvovat a produkovat ve formě suché směsi nebo ve formě pasty, která se dá aplikovat bez dalších úprav. Vodní sklo se dá využít do omítek, malt, betonů nebo žáruvzdorných materiálů.

Akryláty

Tato pojiva se řadí do skupiny vodných polymerních disperzí. Tuto skupinu reprezentují hydrosoly tvořené třemi základními složkami, vodou, polymerem a nepolymerní látkou. U akrylátových pojiv používaných pro fasádní omítky je polymerem akrylátová pryskyřice (chemicky polymethylmetakrylát). Tato pryskyřice má nízkou viskozitu, dobrou opracovatelnost a velmi dobrou odolnost proti

klimatickým vlivům. Nepolymerní látkou jsou zde emulgátory, změkčovadla a ochranné koloidy. Změkčovadla způsobují převod na vodnou disperzi, která vede ke snížení viskozity, zvýšení rozpustnosti a snížení pevnosti. Emulgátory napomáhají ke stejnoměrnému rozptýlení polymeru ve vodě a ochranné koloidy stabilizují vzniklou disperzi.

Akrylátová pojiva vykazují dobrou přídržnost s povrchem podkladu, jsou flexibilní, mají dobrou odolnost vůči vodě, ale mají poměrně vysoký difuzní odpor. Odolávají mrazu, kyselinám, solím, ropným produktům, minerálním olejům a ostatním tukům. Pro použití ve fasádních omítkách je důležitá dobrá schopnost probarvování.

Silikony

Název silikony zahrnuje organokřemičité sloučeniny. Výroba probíhá v různých formách jako jsou oleje, tuky, pryskyřice nebo kaučuky. Mezi společné vlastnosti všech forem patří vysoká tepelná stálost, odolnost proti vodě, hydrofobnost. Pro poslední jmenovanou vlastnost se silikony využívají ve stavebnictví pro fasádní nátěry omítek nebo jako impregnace látek.

Vývoj silikonů probíhal od konce druhé světové války, ale pro nákladnost a obtížnost jejich výroby se začaly silikony uplatňovat jen v oborech, kde nebylo možné nahrazení jinými hmotami a kde nevadila vysoká cena. Až v posledních letech se silikony začaly uplatňovat i ve stavebnictví.

Silikony jsou využívány hlavně pro svoji hydrofobizační schopnost, odolnost proti teplotám v intervalu mezi -50 až 200 °C, odolnost proti náhlým změnám teplot, vysokou stálost vůči povětrnostním vlivům, chemickou odolnost, odolnost proti působení ozónu a slunečního záření a další vlastnosti. Zpracování silikonů je ve většině případů zpracování a použití zdravotně nezávadné. Silikonové tmely mají dobrou elasticitu, malé trvalé deformace a nízký modul pružnosti.

Do omítek se používají ve formě vodných polymerních disperzí. Polymerní látkou je zde silikonát rozpustný ve vodě, který přejde účinkem vzdušného oxidu uhličitého na polysiloxan, tedy ve vodě nerozpustnou pryskyřici. Další složky jsou prakticky stejné jako u akrylátových disperzí.

V současné době představují tyto disperze nejušlechtlejší pojivo do omítek. Mají výbornou soudržnost s podkladem, jsou velmi dobře tepelně odolné, zcela

vodoodpudivé a mají nízké hodnoty difuzního odporu. Těto posledně jmenované vlastnosti se užívá hlavně při potřebě vodoodpudivé omítky, která ale přesto potřebuje „dýchat“. I tyto omítky lze velmi dobře probarvovat. [1], [15], [18]

1.4.2. Plniva

Plniva se do omítek přidávají hlavně z důvodu výplně hmoty a zvětšení jejího objemu a zároveň pro získání lepších vlastností, např. nižší potřeby záměsové vody a tím snížení smršťování při vysychání.

Jsou to látky anorganického i organického původu. Jsou chemicky inertní při vytvrzování a při vhodné zrnitosti vytváří pevný skelet malt a betonů. V průmyslové výrobě stavebních hmot se nejvíce využívají plniva anorganická jako jsou šterky, drtě, písky a fillery. Ve výrobě omítkových směsí převažuje použití písku, které může být doplňováno dalšími složkami jako jsou například vápencová moučka, perlit a další. [1]

Písek

Písek je definován jako směs zrn kameniva přírodního nebo umělého, které má velikost zrna 0,1 až 4 mm. Frakce kameniva se určuje pomocí normované síťové řady. Písky s převažujícími zrny do 0,25 mm se nazývají jemnozrné, pokud je většina zrn ve velikosti od 0,5 do 1,6 mm jedná se o písky středně zrnité, nad 1,6 mm se nazývají hrubozrné. Pro výrobu omítek se nejvíce hodí jemnozrné písky, pro omítky štukové a středně zrnité pro omítky jádrové.

Písky se dělí podle původu na přírodní, mezi něž patří říční, kopané, morénové, mořské a sopečné, dále na písky uměle připravované drcením, mletím nebo tříděním hornin či uměle vyrobených kameniv.

Omítky připravované na stavbě se většinou vyrábí z písků přírodních těžných z vody nebo i kopaných ze stěny. Z chemicko mineralogického hlediska se většinou jedná o písky křemenné, jsou tvořené křemenem nebo živcem s větším nebo menším množstvím jílovin. Písky s velkým podílem ostrých zrn se používají pro postřiky, kopané, které obsahují větší množství odplavitelných částic pro přípravu štukových omítek. Do jádrových omítek se používá směs písků kopaných i těžných. Čím více jílovin písek obsahuje, tím nastává vyšší spotřeba vody, což je nežádoucí kvůli vzniku trhlin.

Velice důležitá je křivka zrnitosti, určuje se různými způsoby např. dle Fullera, EMPA nebo dle Bolomeye. Pokud se křivka zrnitosti dodrží, snižuje se potřeba množství záměsové vody a smršťování. [1]

Moučka

Tuto surovinu tvoří odprašky po drcení, mletí a třídění kameniva. Mezi její vlastnosti patří přispění ke zvýšení plastičnosti malty a zvětšení objemu pojivového tmelu. Kvůli svému velkému měrnému povrchu spotřebuje větší množství záměsové vody, zvyšuje tedy riziko vzniku smršťovacích trhlin. Tento efekt je nejvíce výrazný u mouček tvořených jílovinami. Nejméně výrazný je u mouček z vápencových hornin.

Perlit

Dalšími názvy tohoto umělého lehkého kameniva jsou expandovaný perlit nebo experlit. Tento produkt vzniká dvoustupňovým výpalem přírodního perlitu, což je ryolitové vulkanické sklo. Vzniklý perlit je sklovitý, má bílou barvu a vysokou pórovitost.

Výhodami pro použití jako plniva do omítek jsou nízká objemová hmotnost ($70-450 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$), velmi dobré tepelněizolační schopnosti, velmi nízká hygroskopičnost a vysoká nasákavost. Jako volně sypaný má perlit dobrou zvukovou pohltivost. Perlit se používá pro omítky do interiéru i exteriéru. Velmi časté využití je do sanačních omítek, kvůli vysokým sorpčním schopnostem. [1]

1.4.3. Aditiva

Jsou to látky přidávané v malých podílech, které zušlechťují nebo pozměňují požadované vlastnosti omítkových směsí. Aditiva lze rozdělit podle účelu, kvůli kterému se do směsí přidávají, na:

- urychlovací a zpomalovací přísady,
- plastifikační přísady,
- provzdušňovací přísady,
- retenční přísady,
- utěsňující činidla,

- adheziva,
- zpevňovací přísady,
- ztužovací činidla,
- pigmenty,
- další. [1]

Urychlovací a zpomalovací přísady

Urychlovací přísady se také nazývají iniciátory a jsou používány pro vyloučení vzniku smršťovacích trhlin. Většinou se jedná o omítky vápenocementové, u kterých bývá větší rychlost vysychání než rychlost zpevňování. Urychlovací přísady způsobí urychlení procesu zpevnění a k vysychání omítky dojde až po konsolidaci její struktury.

Do skupiny nejúčinnějších urychlovačů patří přísady na bázi chloridu vápenatého nebo přímo chlorid vápenatý. Podobné účinky mají vápenaté soli, dusičnan nebo mravenčan vápenatý. Mezi další zástupce urychlovačů patří alkalické soli slabých kyselin jako jsou sodné a draselné sklo nebo potaš.

Zpomalovacím přísadám se říká také retardéry. Tyto přísady se musejí používat u sádrových omítek. Při tomto použití se dělí do pěti kategorií:

- elektrolyty i neelektrolyty měnící rozpustnost sádry,
- látky vytvářející krystalizační zárodky,
- látky povrchově aktivní, které zpomalují tvorbu krystalizačních zárodků,
- látky vytvářející ochranný, špatně rozpustný film,
- přísady obsahující směs některých z předchozích látek. [1]

Plastifikační přísady

Nazývají se také ztekucovací přísady, jelikož jejich použití sníží množství záměsové vody při zachování požadované konzistence. Tento stav nastává změnou fyzikálně-chemických nebo elektrotechnických poměrů na rozhraní mezi zrnny pojiva vodou, při čemž dochází k redukci záměsové vody za současného zlepšení vlastností zatvrdlých pojiv. Látky povrchově aktivní vytvoří na povrchu zrn pojiva pružný film zabraňující jejich kontaktu. U změn elektrochemických poměrů dochází ke zvýšení tzv. zeta-potenciálu u zrn pojiva, která již zhydratovala. U zrn

tedy dochází k odpuzování vlivem elektrického náboje. Ztekucovací přísady se u omítek nutně používat nemusí, ale zmenšují tvorbu smršťovacích trhlin.

Hlavní skupiny plastifikačních přísad jsou:

- ligninsulfonany,
- melaminformaldehydy,
- naftalenformaldehydy.

V průmyslové výrobě suchých omítkových směsí je však nabídka omezena na ztekucovače v kapalně formě, tedy na bázi melaminformaldehydových pryskyřic.

[1]

Adhezivní přísady

Převážně se jedná o polyvinylacetátové a polyvinylversátátové homopolymerní nebo kopolymerní prášky, které vznikají při sušení tekutých disperzí pomocí sprejového rozprašování. Po rozmíchání s vodou znovu tvoří koloidní roztoky a dále polymerují a tím vzniká pružný a tažný gel a posléze film.

Polymery vynilacetátu snadno hydrolyzují s vodnými roztoky alkálií a kyselin na polyvinylalkohol. Nerozpouští se ve vodě, olejích a tucích, jsou stálé na světle a vykazují se vynikající adhezí k podkladu.

Tyto přísady zlepšují přídržnost k podkladu, vodoodpudivost, přilnavost čerstvé omítky, pevnosti v ohybu, penetraci podkladu a z malé části i retenci vody. [1], [15]

Retenční přísady

Pro omítkové směsi se jako retenční přísady používají deriváty celulózy a v malé míře také bentonity nebo škroby. Deriváty celulózy jsou přidávány pro zahuštění směsi, které omezuje stékání směsi, retenci (zádrž) vody a také pro zvýšení přilnavosti k podkladu. [1]

Disperzní výztuž

Tuto výztuž tvoří vlákna vhodná pro přidávání do omítek. Tato vlákna napomáhají lepší objemové stálosti, což omezuje vznik smršťovacích trhlin a také zvyšují tahové pevnosti. Vlákna vhodná do omítek musí splňovat tyto podmínky: dostatečné tahovou pevnost, vhodný modul pružnosti, dobré

spolupůsobení s omítkovou maticí. Do omítek jsou vhodná vlákna skleněná a polymerní. Používají se pouze vlákna velmi malých rozměrů, průměr přibližně 12 μm a délka by neměla překročit 12 mm. Dávkování je okolo 0,7-1,1 kg na 1 m^3 přičemž na 1 kg připadá 50-20 milionů vláken. Vlákna se mohou dávat i do stříkaných betonů, dávkují se přímo ve stříkací pistoli. Vlákna způsobují horší zpracovatelnost směsi, na druhou stranu však zadržují na svém povrchu část vody, kterou poté pozvolna uvolňují při tuhnutí. [1]

Pigmenty

Pigmentům bude v této práci věnována kapitola číslo 3.

1.4.4.Zvláštní složky omítek

Studie [17] se zabývá používáním zemin jako stavebního materiálu. Je to přírodní materiál, který není toxický, je ekologický, recyklovatelný a jeho zpracování nepatří mezi energeticky náročné. V rámci této studie proběhl výzkum pro užití zeminy pro výrobu omítek a vliv tradičních i netradičních složek omítek.

Mezi zkoumané vlastnosti patří vliv konopných vláken, vliv přidání vzdušného nebo hydraulického vápna, portlandského cementu a další. V závěru studie uvádí, že přidání konopných vláken do hliněných omítek snižuje tepelnou vodivost a vysychání omítky. Přidání minerálních pojiv zvyšuje absorpci vody, zpomaluje vysychání omítky a nemá žádné větší účinky na mechanické vlastnosti těchto omítek. [17]

1.5. Zásady zpracování omítek

Pro správnou funkci omítek je nutné dodržet několik následujících zásad při jejich realizaci. [2]

Neprovádět omítky za mrazu

Nejnižší teplota prostředí i podkladu při provádění omítek je stejná jako při provádění betonových prací +5 $^{\circ}\text{C}$. Tato zásada se musí dodržovat, aby nedošlo k zamrznutí záměsové vody v omítce. V našich klimatických podmínkách většinou

nedochází k prudkému poklesu teplot, proto při teplotách nad 5 °C neočekáváme zamrznutí omítky např. v noci po nanesení. Podle normy ČSN 72 4230-1 je nutná minimální teplota čerstvé malty 10 °C s předpokladem nejnižší možné teploty jednotlivých složek 5 °C. [2]

Neprovádět omítky za vysokých teplot

Při omítání v létě za velmi vysokých teplot může dojít k prudkému vysychání omítek a tím k vzniku trhlin. Vliv na vznik trhlin má také relativní vlhkost vzduchu a povětrnostní podmínky. Tyto vlivy mohou kromě trhlin způsobit také ztrátu přídržnosti a pevnost omítky. Pokud se za těchto podmínek musí omítka provádět, mělo by se provést jako opatření zastínění fasády a následné vlhčení fasády. [2]

Počítat s vysokou relativní vlhkostí vzduchu

Vysoká vlhkost vzduchu (např. při mlze) může prodloužit dobu tuhnutí omítky, což přináší riziko u barevných omítek, jelikož může dojít k vymývání pigmentu. [2]

Skladovat suroviny ve vhodných prostorách

Suché složky omítek jako jsou suché omítkové směsi nebo cement se musí skladovat v suchu. Mokrý tenkovrstvé omítky se musí skladovat za teploty 5~25 °C nebo dle doporučení výrobce.

Suché složky by měly být zpracovány do 3 měsíců od data výroby. Překročení maximální doby skladovatelnosti může vést ke ztrátě pevností, cement ztrácí pojivové schopnosti. [2]

Dodržovat technický návod

Ke každé omítkové směsi by měl výrobce dodávat podrobný technický list zpracování omítky. Před započítím přípravy omítky by měl být tento technický list pečlivě prostudován. [2]

1.5.1.Podklad

Velmi důležitá je správná volba a příprava podkladu. Volba omítky závisí na druhu zdiva. Před nanášením omítky se musí podklad zkontrolovat.

Zdivo musí být čisté, nezaprášené, případné zbytky malty, nečistot nebo mastnoty se musí odstranit. Zdivo nesmí mít teplotu nižší než 5 °C, vysoce nasákavé podklady se musí před omítáním ošetřit. Ošetřujeme navlhčením nebo penetrací slabým roztokem akrylátové disperze, slabě nasákavé povrchy ošetříme slabou vrstvou cementového podhozu neboli špricu nebo nanese speciální stěrku. V následující tabulce jsou uvedeny některé druhy zdiva a k nim vhodné typy omítek.

Tabulka č.4: Vhodnost omítek podle podkladu [2]

| Zdivo/Omítky | Tradiční (jádrová, štuková) | Jednovrstvá | Lehčená jednovrstvá | Tepelně izolační | Tenkovrstvá | Armovací vrstva |
|---|-----------------------------|-------------|---------------------|------------------|-------------|-----------------|
| Monolitický beton | Nevhodné | Nevhodné | Nevhodné | Možné | Ideální | |
| Plné cihly | Vhodné | Možné | Možné | Vhodné | Nevhodné | |
| Tepelně izolační cihlené bloky | Možné | Vhodné | Ideální | Možné | Nevhodné | |
| Keramzitobeton, škvárobeton | Možné | Možné | Vhodné | Vhodné | Nevhodné | Doporučena |
| Pórobeton | Možné | Vhodné | Ideální | Možné | Nevhodné | |
| Bednicí tvarovky typu Velox | Nevhodné | Možné | Ideální | Možné | Nevhodné | Doporučena |
| Montované obvodové pláště dřevěné, betonové | Nevhodné | Nevhodné | Nevhodné | Nevhodné | Ideální | Nutná |

1.5.2.Nanášení omítky

Jednotlivé vrstvy omítky by se měly nanášet nejlépe stejnoměrně, a to jak u ručního, tak u strojního nanášení. Každá další vrstva se může nanášet až po zaschnutí vrstvy předchozí. Znamé je osvědčené pravidlo 1 mm omítky se rovná jednomu dni na vysychání. Tloušťka průměrné omítky je 15-20 mm.

U vícevrstevných omítek platí postupné snižování pevnosti omítky směrem k exteriéru, proto podkladem nesmí být materiál s nižší pevností v tlaku. Stejný princip platí i u difuzního odporu. [2]

2. Vnější omítky

2.1. Typy omítek pro exteriér, vlastnosti a požadavky

Omítkové směsi mohou být připraveny plně průmyslově nebo částečně průmyslově, kdy jsou domíchány na staveništi. Také mohou být zamíchány plně na staveništi. [8]

2.1.1. Omítky minerální

Tvrdnutí probíhá pomocí chemické reakce. Základní druhy minerálních omítek a příklady jejich využití jsou uvedeny v tabulce č.5. [8]

Tabulka č.5: Přehled a použití minerálních omítek pro exteriér [8]

| Označení | Pojivo | Použití |
|------------------------|----------------------|--|
| Vápenná omítka | Vzdušné vápno | Měkké podlahy, konzervace historických budov |
| | Hydraulické vápno | Většina použití, konzervace historických budov |
| Vápenocementová omítka | Hašené vápno, cement | Většina použití, podezdívky |
| Cementová omítka | Cement | Vnější plochy, vnější zdi sklepů |

2.1.2. Omítky s organickými pojivy

Tvrdnutí probíhá fyzikálním vysycháním, které může ovlivňovat tloušťku výsledné vrstvy. Silikátové omítky obsahují silikáty a organická pojiva tvrdnou fyzikálním vysycháním i chemickou reakcí. V tabulce č.6 jsou uvedeny druhy a sledované vlastnosti organických omítek. [8]

Tabulka č.6: Přehled, vlastnosti a použití organických omítek [8]

| Označení | Pojivo | Kategorie permeability vody v kapalně fázi dle ČSN EN 15824 | Kategorie hustoty difuzního toku vodní páry dle ČSN EN 15824 | Oblast použití |
|--------------------------------------|--------------------|---|--|----------------|
| Silikátové omítky | Silikáty, polymery | W ₂ | V ₁ | Vnější |
| Syntetické omítky na bázi pryskyřice | Polymery | W ₃ | V ₁ ~V ₂ | Vnější |
| Silikonové omítky | Silikony, polymery | W ₃ | V ₁ | Vnější |

2.1.3.Vlastnosti organických omítek

Vlastnosti omítek závisí na druhu použitého pojiva a také na jeho množství. Tyto omítky jsou definovány podle:

- Chemické a fyzikální podstaty jejich aktivního pojiva, rozhodující pro jejich konečné vlastnosti je také jejich stav ve formě roztoku, disperze nebo prášku,
- Konečné povrchové úpravy závisějící na skladbě plniva a způsobu provedení omítky,
- Vlastností nebo druhu použití.

Omítky nedosahují požadovaných vlastností, pokud po nanesení dostatečně nevyschnou a nezatvrdnou. Vlastnosti hotových omítek jsou závislé na vlastnostech použitých surovin, tloušťce vrstev a na způsobu provedení. [14]

Při provádění zkoušek na výrobcích je nutno dodržovat tloušťku doporučenou výrobcem. Požadavky na vlastnosti vysušených a zatvrdlých omítek musí být splněny podle normy ČSN EN 15824. [8]

2.1.3.1. Propustnost vodní páry

Tato vlastnost by se měla stanovovat u vnějších omítek. Rozsah propustnosti vodní páry se stanovuje podle normy ČSN EN ISO 7783 a vyhodnocuje se podle normy ČSN EN 15824, hodnoty z této jsou uvedeny v tabulce č.7. [14]

Tabulka č.7: Začlenění hodnot propustnosti vodní páry

| Kategorie | | Požadavek | |
|----------------|---------|--|--|
| | | Rozsah propustnosti vodní páry V [g/(m ² ·den)] | Difuzní ekvivalent tloušťky vzduchové vrstvy s _d [m]* |
| V ₁ | Vysoká | >150 | <0,14 |
| V ₂ | Střední | ≤150 | ≥0,14 |
| | | >15 | <1,4 |
| V ₃ | Malá | ≤15 | ≥1,4 |

* Hodnoty difuzní ekvivalentní tloušťky vzduchové vrstvy podle ČSN EN ISO 7783

2.1.3.2. Absorpce vody

Stanovuje se u vnějších omítek. Rozsah permeability vody v kapalně fázi se musí stanovit podle normy ČSN EN 1062-3 začlenit podle tabulky, jejíž hodnoty jsou uvedeny v tabulce č.8. [14]

Tabulka č.8: Hodnoty absorpce vody

| Kategorie | | Požadavek W [kg/(m ² ·h ^{0,5})] |
|----------------|---------|--|
| W ₁ | Vysoká | >0,5 |
| W ₂ | Střední | ≤0,5 |
| | | >0,1 |
| W ₃ | Malá | ≤0,1 |

2.1.3.3. Soudržnost

Soudržnosti se zkouší podle normy ČSN EN 1542 vysušení, zatvrdnutí a ošetření vzorku po 28 dnů při teplotě (23±2)°C a relativní vlhkosti (50±10)%. Naměřené hodnoty nesmí být menší než hodnota 0,3 MPa.

2.1.3.4. Trvanlivost

Odolnost vůči zmrazování nebo rozmrazování se stanovuje u vnějších omítek, jestliže hodnota permeability vody v kapalně fázi stanovená podle tabulky č.8 je $W > 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$. Trvanlivost se stanovuje podle normy ČSN EN 13687-23 a měla by být uvedena soudržnost po zmrazovacích případně rozmrazovacích cyklech. Všechny naměřené hodnoty by neměly být menší než 0,3 MPa.

2.1.3.5. Tepelná vodivost

U konstrukcí s tepelnými požadavky musí výrobce deklarovat střední hodnotu tepelné vodivosti malty pro zdění $\lambda_{10,\text{dry},\text{mat}}$ podle normy ČSN EN 1745:2012. Výrobce musí uvést zdroj, který pro svou deklaraci použil. Může být použit i jiný rozsah hodnot, ale musí být uveden společně s další získanou hodnotou $\lambda_{10,\text{dry},\text{mat}}$.

2.1.3.6. Reakce na oheň

Omítky obsahující ≤ 1 % hmotnosti nebo objemu rovnoměrně rozptýleného organického materiálu při stanovení dle normy ČSN EN 13820 se v reakci na oheň klasifikují podle A1 bez zkoušení. Omítky obsahující více jak 1 % hmotnosti nebo objemu organického materiálu se musí zkoušet vhodnou metodou a klasifikovat podle ČSN EN 13501-1.

2.1.3.7. Nebezpečné látky

Při uvedení stavebních výrobků na trh, mohou národní právní předpisy o nebezpečných látkách vyžadovat ověření a prohlášení o uvolňování a někdy i obsahu nebezpečných látek. [14]

2.2. Omítky pro systém ETICS

Použití a druh omítek používané pro omítnutí tepelně izolačních systému se musí řídit normou ČSN 73 2901.

2.2.1. ČSN 73 2901 – Provádění vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů (ETICS)

Norma stanovuje technické požadavky na provádění zhotovitelem vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů (ETICS) s tepelně izolačním výrobkem z pěnového polystyrenu (EPS) nebo z minerální vlny (MW) s konečnou povrchovou úpravou omítkou nebo omítkou a nátěrem. Při plošné hmotnosti vrstev vně tepelné izolace do $20 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, spojovaných výrobcem jako ucelený systém/sestava určená pro použití jak na nové, tak na stávající stěny a podhledy vystavené působení atmosférických vlivů. [7]

Vnější tepelně izolační kompaktní kompozitní systém (ETICS)

Je to sestava průmyslově zhotovených výrobků, dodávaná výrobcem ETICS, uplatňovaná a zhotovená přímo na stavbě zhotovitelem podle dokumentace ETICS se specifikovanými použitelnými materiály. Sestava takto průmyslově zpracovaných výrobků je stavební výrobek uvedený na trh jedním výrobcem.

Složky systému ETICS:

- Lepicí hmota - součást ETICS určená k lepení podkladu tepelně izolačního materiálu,
- Tepelně izolační výrobek - součást ETICS dodávaná ve formě desek, která zajišťuje požadované vlastnosti,
- Výztuž - skleněná síťovina s povrchovou úpravou je povinnou součástí ETICS,
- Stěrková hmota - nutná součást ETICS pro tvorbu základní vrstvy,
- Základní vrstva - tvoří ji jedna nebo více vrstev stěrkových hmot, které se nanášejí na vrstvu tepelně izolačních výrobků. Minimálně jedna vrstva musí obsahovat výztuž,
- Konečná povrchová úprava - omítka jako součást ETICS jejíž součástí může být nátěr na omítku,
- Základní nátěrová hmota - průmyslově zhotovený výrobek určený pro úpravu povrchu základní vrstvy před nanášením omítky nebo omítky s nátěrem,

- Součást ETICS - průmyslově zhotovený výrobek určený výrobcem v dokumentaci ETICS jako vhodný pro zabudování do tohoto systému na stavbě,
- Příslušenství ETICS - průmyslově zhotovené výrobky pro provádění ETICS nezahrnuté v povinné specifikaci, stávají se součástí ETICS , pokud jsou výrobcem jako součást v dokumentaci ETICS určeny,
- Podklad ETICS - vrstva nebo souvrství při povrchu nové nebo stávající stěny nebo podhledu, včetně případných lokálně izolovaných tepelných mostů. Stěna i podhled mohou být povrchově upraveny minerálními nebo organickými omítkami nebo nátěrovými hmotami nebo obkladem na anorganické bázi. [9]

Provádění konečné povrchové úpravy

1. Druh, struktura a barevný tón konečné povrchové úpravy tvořené případnou základní nátěrovou hmotou, omítkou nebo omítkou s nátěrem je určena dokumentací k provádění ETICS
2. Před prováděním základní nátěrové hmoty, omítky nebo omítky s nátěrem se zajistí ochrana před znečištěním přilehlých konstrukcí, prostupujících a osazených prvků včetně upevnění a oplechování
3. Přípravu základní nátěrové hmoty, omítky, popřípadě nátěrové hmoty na omítku a práci s nimi určuje dokumentace ETICS. Do výrobků nesmí být přidány přísady, pokud to dokumentace nepovoluje.
4. Někdy vyžaduje dokumentace ETICS u základní vrstvy před nanášením omítky její nátěr základní nátěrovou hmotou. Ten se vytváří válečkováním nebo nátěrem. Barevný odstín základní nátěrové hmoty má odpovídat odstínu omítky, jestliže při jejím strukturování může dojít k lokálnímu proškrábnutí téměř až na základní vrstvu.
5. Omítka se obvykle nanáší ručně na povrch upravený podle předpisu nebo strojně s časovým odstupem určeným dokumentací ETICS. Strukturování se provádí většinou ručně. Omítka nebo nátěr se ve většině případech nanáší shora dolů. Pohledově ucelené plochy je nutné provádět v jednom pracovním záběru. Přerušení práce se připouští na hranici stejnobarevné plochy, na nároží a na jiných svislých a vodorovných hranách. Napojení dvou barevných tónů omítky nebo její případné ukončení se provádí obvykle pomocí krycí pásky.

6. Pro omítky strukturované roztíráním se doporučuje velikost zrna určujícího tloušťku omítky nejméně 2 mm. Pro omítky, u kterých velikost zrna neurčuje jejich konečnou tloušťku, se doporučuje jejich nejmenší tloušťka 1,5 mm.
7. Případná nátěrová hmota se na omítku nanáší předepsaným způsobem a v časovém odstupu podle dokumentace ETICS.
8. Na jedné stejnobarevné ploše se nepoužívá více výrobních šarží omítek nebo nátěrů. [7]

3. Pigmenty

3.1. Úvod do pigmentů

Pigmenty jsou látky nerozpustné ve vodě a v pojivech. Dělí se na dvě základní skupiny, organické a anorganické pigmenty, které se obě dále dělí na přírodní a umělé pigmenty. Přírodní pigmenty se zpracovávají mletím, plavením a sušením přírodní suroviny, ze které se vyrábí. Umělé pigmenty se zpracovávají chemickými postupy jako je například srážení z vodných roztoků nebo žihání, tavení nebo spalování. Do skupiny organických pigmentů se řadí také tzv. barevné laky, které se připravují vysrážením přírodních organických barviv na anorganickém substrátu.

Barevnost pigmentů je vyvolána absorpcí a odrazem záření ve viditelné části spektra. Vyvolává ji přítomnost chromoforů, k nimž patří ionty přechodných kovů jako jsou Mn, Co, Ni, Fe, Cu a Cr pro anorganické pigmenty a v případě organických pigmentů se jedná o konjungované systémy.

Krycí mohutnost pigmentu patří mezi nejdůležitější vlastnosti pigmentu a charakterizuje ji schopnost pigmentu zakrýt barvu podkladu. Hlavním faktorem je index lomu pigmentu. Krycí schopnost se zvětšuje zároveň se zvětšujícím se rozdílem mezi indexem lomu pigmentu a pojiva. Dalším důležitým faktorem ovlivňujícím kryvost pigmentu je velikost zrn pigmentu. U každého pigmentu platí optimální velikost zrna, při které je kryvost nejvyšší. Hrubozrnné pigmenty mají díky tření větší kryvost. Krystalická struktura částic kryvost zvyšuje, naopak amorfni struktura kryvost snižuje.

Barvicí schopnost pigmentu, jinak také zvaná barvicí vydatnost, se vyznačuje schopností obarvit bílý pigment nebo zesvětlit barevný pigment. U černých nebo tmavých pigmentů je to schopnost ztmavit bílý pigment. Barvicí schopnost nezávisí na velikosti částic. [4]

3.2. Historie pigmentů

První pigmenty byly použity již v pravěku, a to na malby v jeskynních systémech. Mezi tyto pigmenty patřily: břidlicová čern, přírodní grafit, přírodní

hlinky (bílé, žluté okry, sieny, přírodní železité červeně), kostní čern, lampová čern, manganová čern a slonová čern.

Velký rozmach pigmentů byl ve starověku v Egyptě, Asýrii a v Malé Asii. Jednalo se zejména o tyto pigmenty: asphalt, azurit, egyptská modř, indigo, přírodní křída, masikot, neapolská žlut, sádra, dračí krev, karmín, sépie, šafrán a další.

Ve starověku se používaly pigmenty také v Římě a Řecku. Patřily mezi ně: auripigment, měděnka, olovnatá běloba, olovnato-cínčitá žlut, realgar, rumělka, suřík, země zelená, karmín-kermes a rezeda barvířská.

V minulosti probíhal vývoj pigmentů od 12. století po 20. století a budou zde zmíněny jen někteří zástupci podle chronologie jejich vzniku. Azurit umělý, ultramarín, smalt, olovnato-cínčitá žlut, malachit, mušlová běloba, indická žlut, karmín-košenila, železité červeně, barytová běloba, Marsova žlut, Marsova červeň, pruská modř, zinková běloba, barytová žlut, Coelinova modř, grafitová čern, chromová oranž a červeň, kadmiová žlut, kobaltová zeleň, kadmiová oranž a červeň, manganová modř, titanová běloba, verzálová žlut Hansa. [4]

3.3. Pigmenty používané pro vnější omítky

Pro barevné omítky se používají buď barevné nátěry nebo se probarvuje přímo omítka. Pigmenty mohou negativně ovlivňovat pevnosti omítek, proto by množství barviva nemělo přesáhnout 10 % objemu malty. Barva musí být na světle stálá, nesmí blednout a musí mít rovněž dobrou odolnost proti povětrnostním vlivům.

Do fasádních omítek se mohou používat pigmenty tzv. zemité, které se získávají mletím, plavením, proséváním a žiháním přírodních hlinek a jílu. Jsou na světle stálé, používají se především u vápenných omítek, ale nemají vysokou barevnou vydatnost. Takto získáváme nejčastěji odstíny žluté, okrové, červené a hnědé. Aby byla vydatnost barev větší, musí se přidávat větší množství barviva.

Další druh pigment se vyrábí z oxidů kovů železa, chromu a zinku a přidávají se do cementových omítek. Tato barviva se vykazují sytými odstíny, barevnou vydatností, zároveň jsou ale dražší. Těmito barvami získáváme odstíny červené, žluté, černé a zelené. Rozšířená je barva zvaná Fronton. Jedná se o práškové barvivo složené z minerální složky a zemité složky. Připravuje se smícháním s vodou dle pokynů výrobce. [5]

Pigmenty používané pro barevnost omítek jsou uvedeny v tabulce č.9.

Tabulka č.9: Přehled barviv používaných pro fasádní omítky [3]

| | |
|---------|--|
| Běloby | Vápno, vápenec, křída, bílé hlínky |
| Okry | Přírodní hlínky, umbry |
| Červeně | Mleté cihly, červený přírodní okr, umělá železitá červeň |
| Modře | Šmolka, norská modř-azurit, manganová modř |
| Černě | Kostní čern, železitá čern |

3.4. Vliv pigmentů na omítky

Barviva (organické nebo anorganické pigmenty, přírodní barviva) by ideálně neměla mít vliv na chování čerstvé nebo zatvrdlé malty. [8]

Barva omítek je velmi důležitá z hlediska finálního vzhledu objektu. Také je však důležité brát v úvahu vliv barvy na výsledné vlastnosti omítek. Ty mají vliv na zatížení omítek teplotou v závislosti na odstínu barvy. Proto mohou být velmi sytě barevné omítky více náchylné ke vzniku trhlinek. [2]

3.4.1. Vliv pigmentů na difuzní vlastnosti

K difuzi vodní páry dochází, odděluje-li konstrukce dvě prostředí, mezi nimiž je rozdíl tlaků vodní páry. Difundovat mohou plyny a kapaliny každou látkou, jejíž mezimolekulární prostory jsou větší než jejich střední volná dráha. Difuze vodní páry probíhá samovolně z oblasti vyšší koncentrace do oblasti nižší koncentrace. Schopnost materiálu propouštět vodní páru lze vyjádřit pomocí faktoru difuzního odporu nebo součinitelem difuze vodní páry.

Pro povrchovou úpravu omítek je důležitý požadavek na co nejnížší difuzní odpor. Ten je u nátěrů udáván jako ekvivalentní difuzní tloušťka s_d . [16], [8]

II. Praktická část

4. Zkoušení difuzních vlastností dle platných norem

Úkolem této bakalářské práce bylo navrhnout metodiku zkoušení difuzních vlastností běžně používaných probarvovaných omítek, např. navržení vhodného podkladu pro nanášení tenkovrstvých omítek pro výrobu zkušebních těles. Příprava těles a jejich zkoušení byly inspirovány normou ČSN EN 7783.

4.1. ČSN EN ISO 7783 – Nátěrové hmoty – Stanovení propustnosti pro vodní páru – Misková metoda

Tato norma se zabývá vzorkováním a zkoušením nátěrových hmot a obdobných produktů. Popisuje metodu stanovení charakteristik propustnosti pro vodní páru u samonosných i nesamosných nátěrů.

Hustota difuzního toku páry nemusí být lineární funkcí tloušťky nátěru, teploty nebo rozdílu relativních vlhkostí. Stanovení provedené v jednom souboru podmínek nutně nebude porovnatelné se stanovením provedeným v jiných podmínkách. Proto je důležité zvolit podmínky zkoušení tak, aby byly co nejbližší podmínkám používání.

Za referenční metodu je považována metoda mokré misky, která bude použita u experimentů v této bakalářské práci, a proto se budu věnovat i v popisování jen této metodě.

Podstata zkoušky

Zkušební sestava složená ze samonosného nátěru je těsně připevněna k okraji zkušební formy (misky) a vloží se do zkušebního prostoru s předepsanými podmínkami teploty a vlhkosti. Relativní vlhkost se musí udržovat konstantní, v případě metody vlhké misky na 93 %. Kvůli rozdílu mezi parciálním tlakem vodní páry uvnitř misky a parciálním tlakem vodní páry ve zkušebním prostoru difunduje vodní pára skrz zkoušený nátěr. Vážením zkušební sestavy po určitých časových intervalech se sleduje změna hmotnosti v čase. Ze změny hmotnosti

a ze zkoušené plochy se vypočtou hustota difuzního toku vodní páry a tloušťka ekvivalentní vzduchové vrstvy.

Zařízení a materiály

Zkušební miska

Vyrábí se ze skla, plastu nebo kovu. Plocha exponovaného povrchu musí být minimálně 10 cm² pro samonosné nátěry. Musí být zkonstruovaná tak, aby v případě nutnosti bylo umožněno utěsnit okraje. Tloušťka vzduchové mezery musí být 10-30 mm.

Roztok dihydrogenfosforečnanu amonného pro metodu vlhké misky (NH₄H₂PO₄)

V misce s tímto roztokem musí být 93 % relativní vlhkost, ve zkušebním prostoru se udržuje relativní vlhkost 50 %, rozdíl tlaku vodní páry vůči zkušebnímu prostoru ke 1207 Pa, teplota musí být 23 °C a tlak 101,3 kPa.

Těsnící materiál

Zkušební sestava musí být kromě zkoušené plochy zcela utěsněna. Těsnící materiál musí být nepropustný a bez trhlin. Mohou to být mechanické přípravky, vosky nebo dvousložkové těsnící materiály.

Zkušební prostor

Musí umožňovat splnění požadovaných podmínek pro zkoušení. Teplota musí být (23±2) °C, relativní vlhkost (50±5) °C a proudění vzduchu kolem vnějšího povrchu musí být mezi 0,02 - 0,03 m/s.

Váhy

Musí být schopné stanovit změnu hmotnosti zkušební sestavy s přesností na 1 mg. Nejvhodnějším uspořádáním je umístit váhy do zkušebního prostoru, pokud to nejde musí se zamezit úbytku hmotnosti při přenosu zkušební sestavy.

Příprava ke zkoušce

Příprava zkušebních těles – samonosné nátěry

Použije se podklad, ze kterého lze nátěr po zaschnutí/vytvrzení snadno sejmut. Nejvhodnější podklady jsou skleněné destičky natřené polyethylenem o vysoké hustotě nebo polytetrafluorethylenem. Na kterých nejsou žádné

povrchové defekty. Lze použít i jiné postupy, např. natření podkladu rozpustným materiálem, který umožní snadné sejmutí nátěru namočeném ve vodě. Tento způsob se musí používat opatrně, jelikož látky rozpustné ve vodě mohou ovlivnit propustnost nátěru pro vodní páru.

Na podklad se nanese nátěr způsobem předepsaným výrobcem a nechá se zasychat po dobu 7 dní na volně cirkulujícím vzduchu při teplotě (23 ± 2) °C a relativní vlhkosti (50 ± 5) °C.

Nátěr se opatrně sejme z podkladu.

Pro oříznutí vzorků na velikost vhodnou do misky se použije šablona pro oříznutí. Zkušební tělesa se prohlédnou a vyřadí se všechna, která vykazují otvůrky.

Stanovení tloušťky nátěru

Tloušťku nátěru d lze určit výpočtem, optickými, mechanickými nebo jinými vhodnými metodami. Tuto veličinu je zapotřebí k výpočtu činitele difuzního odporu μ .

Příprava zkušebních sestav

Misky i všechno ostatní příslušenství se musí očistit a osušit. Do každé misky se naleje takové množství dihydrogenfosforečnanu amonného obsahujícího nerozpuštěné krystaly dihydrogenfosforečnanu amonného pro metodu vlhké misky, aby pod zkušební tělesem zůstala vzduchová mezera minimálně 10 mm. U metody vlhké misky se doporučuje více jak 10 mm, nejvýše však 30 mm, pro snadnější manipulaci se zkušební sestavou při vážení. Každé zkušební těleso se musí připevnit do formy pomocí těsnění.

Postup zkoušky

Měření se provádí na nejméně 3 tělesech. Zkušební sestavy se zvaží na vahách a vloží se do zkušebního prostoru, ve kterém se udržují předepsané podmínky. Velmi důležité je zajištění rychlosti proudění okolního vzduchu kolem vnějšího povrchu zkušebních těles mezi 0,02 m/s a 0,03 m/s. Ve vhodných časových intervalech se stanoví úbytek hmotnosti. Interval mezi po sobě jdoucími váženími by měl být 24 h, 48h nebo 96 h. Někdy se musí intervaly upravit, zkrátit, je-li úbytek hmotnosti moc velký nebo prodloužit, pokud je úbytek moc malý. Použije se takový interval, aby změna hmotnosti dvou po sobě jdoucích měření

byla nejméně 5 mg. Vážení se provádí tak, aby co nejméně ovlivnila průchod páry zkoušeným tělesem. Vážení ukončíme po ustálení změny hmotnosti za jednotku času. Vzorek se nesmí dostat do styku s roztokem dihydrogenfosforečnanu amonného, pokud k němu dojde, zkouška se musí opakovat.

Vyjádření výsledků

Difuzní tok vodní páry zkoušeným tělesem

Pro každou zkušební sestavu se vynese závislost změny hmotnosti v gramech na čase v hodinách. Zkouška se považuje za ukončenou, jestliže 3 nebo více hodnot leží na přímce. V lineární části závislosti se stanoví přímka, která nejlépe odpovídá alespoň třem naměřeným bodům. Směrnice této přímky se rovná difuznímu toku vodní páry zkušebním tělesem G v gramech na hodinu.

Hustota difuzního toku vodní páry V (samonosné nátěry)

Hustota difuzního tlaku vodní páry V v gramech na metr čtvereční při standardním atmosférickém tlaku p_0 je dána rovnicí:

$$V = 24 \cdot \frac{p}{p_0} \cdot \frac{G}{A} \quad (2)$$

V ... hustota difuzního toku vodní páry [g/(m²·den)]

G ... difuzní tok vodní páry zkoušeným tělesem [g/h]

A ... plocha zkoušeného tělesa [m²]

- činitelem p/p_0 se hustota difuzního tlaku vodní páry V opravuje na standardní atmosférický tlak, činitelem 24 se hodnota G převádí z gramů za hodinu na gramy za den

Za výsledek se považuje průměr z hodnot nejméně 3 jednotlivých stanovení, do výpočtů průměru se však zahrne každá jednotlivá hodnota V převyšující 680 g/(m²·den) započte jako právě 680 g/(m²·den). Jestliže všechny hodnoty převyšují danou hodnotu, výsledek se musí zapsat jako $V > 680$ g/(m²·den).

Tloušťka ekvivalentní vzduchové vrstvy s_d

Pokud je to zapotřebí, vypočte se i tloušťka ekvivalentní vzduchové vrstvy s_d v metrech. Tato tloušťka je dána u metody vlhké misky rovnicí:

$$s_d = \frac{20,4}{V} \quad (3)$$

s_d ... tloušťka ekvivalentní vzduchové vrstvy [m]

V ... hustota difuzního toku vodní páry [$\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{den})$]

Součinitel difuzního odporu μ

Pokud je to zapotřebí, vypočte se činitel difuzního odporu μ z rovnice:

$$\mu = \frac{s_d}{d} \cdot 10^6 \quad (4)$$

μ ... součinitel difuzního odporu [-]

s_d ... tloušťka ekvivalentní vzduchové vrstvy [m]

d ... tloušťka vzorku [μm]

Protokol o zkoušce

Musí obsahovat všechny naměřené a vypočítané hodnoty, způsob přípravy vzorků, použitou metodu a další. [6]

4.2. ČSN EN ISO 7783-2 – Nátěrové hmoty – Povlakové materiály a povlakové systémy pro vnější zdivo a beton – Část 2: Stanovení a klasifikace stupně propustnosti pro vodní páru (permeability)

Tato evropská norma se zabývá zkušebními metodami pro povlakové materiály a povlakové systémy pro zdivo a beton. Norma specifikuje metody stanovení stupně propustnosti povlakových materiálů a povlakových systémů pro vodní páru. Metoda zkoušení je použitelná pro nátěry a nátěrové systémy na porézních podkladech. Mezi porézní podklady se řadí cihly, beton a omítky.

Podstata zkoušky

Nátěry vnějšího zdiva by měly vykazovat dobré vlastnosti při regulaci výměny vodní páry mezi podkladem a vnější atmosférou. Pro zkoušení nátěrů se používá nasycený roztok dihydrogenfosforečnanu amonného, který vytváří v prostředí relativní vlhkost 93 %. Tento roztok se naleje do forem do nichž se následně vloží zkoušený vzorek a tyto zkušební sestavy se vloží do komory, kde se udržují

stanovené podmínky teploty a relativní vlhkosti. Zkušební sestavy jsou váženy v pravidelných časových intervalech, propustnost pro vodní páru je potom stanovena ze změny hmotnosti.

Zkušební postup

Stanovení propustnosti vodní páry se stanovuje na nejméně třech zkušebních tělesech. Stanovené podmínky pro zkoušení jsou teplota (23 ± 2) °C a relativní vlhkost v komoře (50 ± 5) %, rychlost proudění vzduchu nižší než 0,3 m/s. Úbytky hmotnosti se měří v pravidelných intervalech a zkouška končí, pokud dosáhnou tři po sobě jdoucí hodnoty rovnováhy.

Vyjádření výsledků

Propustnost pro vodní páru V

Počítá se pro každý zkoušený vzorek z rovnice:

$$V = \frac{240 \cdot \Delta m_i}{A_i} \quad (3)$$

Δm_i ... míra propustnosti [mg/h]

A_i ... plocha zkušební vzorku [cm²]

V ... propustnost pro vodní páru [g/(m²·den)]

Míra propustnosti se vypočítá podle rovnice:

$$\Delta m_i = \frac{(m_1 - m_2)}{(t_1 - t_2)} \quad (4)$$

m_1, m_2 ... celková hmotnost [mg]

t_1, t_2 ... čas [h]

Tloušťka ekvivalentní vzduchové vrstvy s_d

Při dodržení výše zmíněných stanovených podmínek prostředí ($T=(23 \pm 2)$ °C, $\phi=(50 \pm 5)$ %) se tloušťka ekvivalentní vzduchové vrstvy vypočítá podle rovnice:

$$s_d = \frac{21}{V} \quad (5)$$

s_d ... tloušťka ekvivalentní vzduchové vrstvy [m]

V ... hustota difuzního toku vodní páry [g/(m²·den)] [21]

4.3. Návrh metodiky zkoušení

Pro ověření vlivu pigmentů na difuzní vlastnosti tenkovrstvých omítek budou vyrobena zkušební tělesa s bílým pigmentem, šedým pigmentem a černým pigmentem. Od každé skupiny musí být vyrobena nejméně tři zkušební tělesa. Vzorokly se budou zkoušet metodou tzv. mokré misky a budou samonosné.

Zkušební vzorky se budou skládat ze tří vrstev:

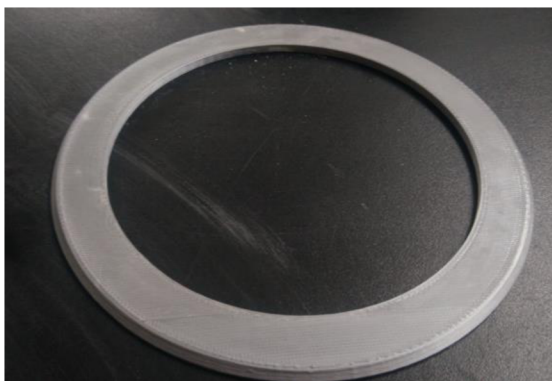
- Podklad – základní vrstva s výztuží (sítovina),
- Penetrační nátěr,
- Povrchová úprava – tenkovrstvá silikonová omítka.

4.4. Výroba zkušebních těles

Zkušební sestava je složená ze zkušebního vzorku, plastové formy a roztoku dihydrogenfosforečnanu amonného.

4.4.1. Postup výroby

Pro výrobu zkušebních těles se použije plastová forma vyrobená na 3D tiskárně. Forma umožní vyrobit vzorky kruhového tvaru a potřebné výšky (3 mm) a průměru 110 mm. Plastová forma je na obrázku č. 1.



Obrázek č. 1: Forma na výrobu zkušebních těles

Základní vrstva

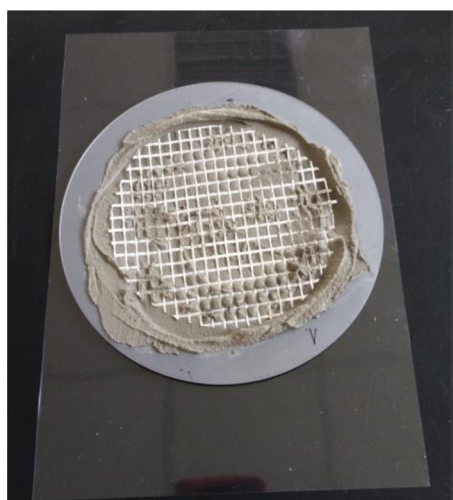
Podkladní základní vrstva se vyrobí z cementové lepicí a stěrkové hmoty. To je jednosložková prášková cementová hmota na bázi anorganických pojiv, plniv a modifikujících přísad určená pro lepení a stěrkování ve skladbách zateplovacích

systemů. Doprostřed této vrstvy se vloží skleněná výztuž, jejíž průměr by měl být cca o 5 mm menší než je průměr formy. [11], [19]

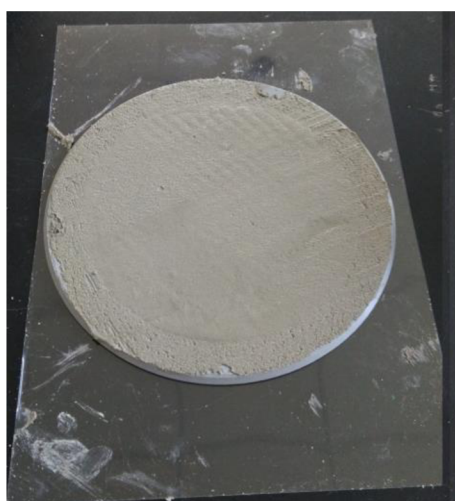
Na pracovní stůl se umístí folie, na niž se položí kruhová forma a do přibližně jedné poloviny se vyplní cementovou stěrkou. Vloží se skleněná výztuž, na kterou se znovu nanese cementová stěrka. Vzorek se uhladí hladítkem tak, aby byl povrch zarovnaný s formou. Po 10 minutách se forma zvedne a těleso se nechá zrát v laboratorních podmínkách (teplota (23 ± 2) °C, relativní vlhkost (50 ± 5) %) po dobu 5 dní. Postup výroby základní vrstvy zkušebních těles pro tuto bakalářskou práci je na obrázku č.2 až obrázku č.4.



Obrázek č.2: Vyplněná forma cementovou stěrkou do cca $\frac{1}{2}$ výšky



Obrázek č. 3: Vložená výztuž – skleněná tkanina



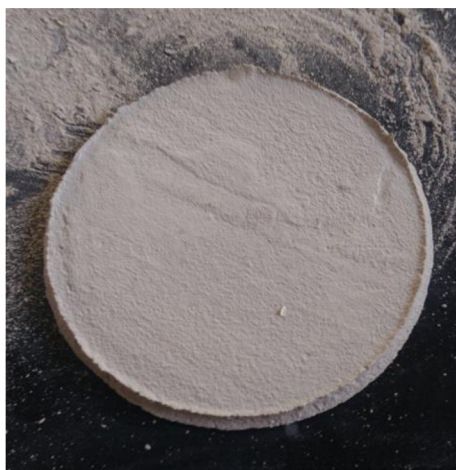
Obrázek č.4: Dokončená základní vrstva

Penetrační nátěr

Před provedením penetračního nátěru se vzorky po uplynutí pěti dní odlepí od podkladní folie a zabrousí se nerovnosti, aby se následný nátěr a poté tenkovrstvá omítka nanášely na rovný podklad.

Pro penetrační nátěr se použije nátěr pro sjednocení savosti podkladu před aplikací tedy cementová lepicí a stěrková hmota a před prováděním povrchových úprav dekorovaných omítek. Nátěr je složen z polymerní disperze, anorganického plniva a zušlechťujících přísad. Nátěr se nanese pomocí štětce rovnoměrně na celý povrch vzorku ve velice tenké vrstvě. Po nanesení penetračního nátěru se vzorky nechají opět v laboratorních podmínkách po 24 hodin. [11], [20]

Postup přípravy vzorku pro penetrační nátěr a natřený vzorek je na obrázku č.5 a obrázku č.6.



Obrázek č.5: Vzorek základní vrstvy po sejmutí z folie a před zabroušení hran



Obrázek č.6: Zabroušený vzorek opatřený penetračním nátěrem

Povrchová úprava – tenkovrstvá omítka

Tenkovrstvá omítka se na vzorek nanese 24 hodin po natření penetračním nátěrem. Vzorek se umístí do plastové formy, která nám umožní lepší manipulaci při nanášení omítky. Pro finální povrchovou úpravu se použije tenkovrstvá omítka. Pro tuto bakalářskou práci byly použity tři odstíny silikonové tenkovrstvé omítky o zrnitosti 1,5 mm za účelem sledování vlivu pigmentů na difuzní vlastnosti omítek.

Omítka byla předem namíchaná výrobcem, nepřidávaly se žádné další složky ani voda.

Bílá barva

Pro bílou barvu byla použita silikonová omítka s označením odstínu HBW 89,5 (bílá). Základ omítky již obsahuje bílé pigmenty a dále se již nedobarvuje. [19]

Šedá barva

Pro šedou barvu byla použita silikonová barva s označením odstínu HBW 52,9 (šedá). Základ této omítky je stejný jako u bílé omítky, je přidán černý pigment v množství 13,81 g na 30 kg omítky a zelený pigment v množství 7,81 g na 30 kg omítky. [19]

Černá barva

Pro černou barvu vzorků byla použita silikonová omítka s označením odstínu HBW 7,6 (antracit). V této omítce je obsažen bílý pigment 191 g, černý pigment 593,9 g a zelený pigment 309,4 g vše na 30 kg výsledné omítky. [19]

Na obrázku č.7 je vzorek před nanesením tenkovrstvé omítky, obrázku č.8 je již omítka nanesená. Na obrázcích č.10-12 jsou všechny sady zkušebních vzorků.



Obrázek č.7: Vzorek před nanesením tenkovrstvé omítky



Obrázek č.8: Finální podoba vyrobeného vzorku



Obrázek č.9: Sada vzorků bez omítky (jen základní vrstva a penetrační nátěr)



Obrázek č.10: Sada vzorků s omítkou bílé barvy



Obrázek č.11: Sada vzorků s omítkou šedé barvy



Obrázek č.12: Sada vzorků s omítkou černé barvy

Sestavování zkušebních těles

Na zkušebních vzorcích se vymezí plocha kruhového tvaru o daném průměru 85 mm a zbylá plocha vzorku (okraje) se natře silikonem, který zamezí propuštění par v nežádoucích místech. Takto připravené vzorku jsou na obrázku č.13.

Do formy se nanese silikon, nalije se nasycený roztok dihydrogenfosforečnanu sodného a vloží se vzorek. Na okraje se nanese opět silikon, aby se zamezilo jakékoli propustnosti par v místě spojů a rozhraní materiálů. Takto připravená zkušební sestava se zváží a vloží do komory, kde jsou dodržovány stanovené podmínky zmíněné v kapitole 4.1. Hotové zkušební sestavy jsou na obrázku č.14.

Hmotnosti zkušebních sestav se měří v pravidelných intervalech 24 hodin. Měření pro tuto bakalářskou práci probíhalo po dobu 14 dnů, poté se měření ukončilo a proběhlo vyhodnocení výsledků uvedené v kapitole 4.4.



Obrázek č.13: Všechny sady vzorků s vyznačenou zkoušenou plochou



Obrázek č. 14: Vzorky ve zkušebních sestavách

4.5. Výsledky měření

Zkušební sestavy se měřily pravidelně každý den přibližně ve stejnou dobu po dobu 14 dnů. Naměřené a vypočítané hodnoty byly vyneseny do tabulek (č.10-20) a grafů (č.1-4).

4.5.1. Naměřené a vypočítané hodnoty

Tabulka č.10: Hodnoty vzorku A1 – omítka bílé barvy

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Měření č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Plocha S (m ²) | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| Den | 4.5.2018 | 5.5.2018 | 6.5.2018 | 7.5.2018 | 8.5.2018 | 9.5.2018 | 10.5.2018 |
| Čas (hod:min) | 13:30 | 13:10 | 13:15 | 13:10 | 13:15 | 12:55 | 13:00 |
| Teplota (°C) | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| φ _f (%) | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| φ _e (%) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Hmotnost m (g) | 371,49 | 370,84 | 370,31 | 369,83 | 369,31 | 368,87 | 368,35 |
| G (g/h) | | 0,027 | 0,022 | 0,020 | 0,022 | 0,019 | 0,022 |
| V (g/(m ² ·den)) | | 140,206 | 112,344 | 102,455 | 110,224 | 94,909 | 110,224 |
| d (μm) | | 5075 | 5075 | 5075 | 5075 | 5075 | 5075 |
| s _d (m) | | 0,145500044 | 0,181585061 | 0,199112627 | 0,185077081 | 0,214943247 | 0,185077081 |
| μ () | | 28,66995948 | 35,78030753 | 39,23401512 | 36,46839036 | 42,35334924 | 36,46839036 |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| 11.5.2018 | 12.5.2018 | 13.5.2018 | 14.5.2018 | 15.5.2018 | 16.5.2018 | 17.5.2018 | 18.5.2018 |
| 11:25 | 12:55 | 13:00 | 14:00 | 12:55 | 13:30 | 13:00 | 12:00 |
| 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 367,90 | 367,32 | 366,84 | 366,29 | 365,89 | 365,32 | 364,90 | 364,40 |
| 0,020 | 0,023 | 0,020 | 0,022 | 0,017 | 0,023 | 0,018 | 0,022 |
| 102,478 | 116,112 | 101,746 | 112,309 | 89,104 | 118,365 | 91,237 | 110,977 |
| 5075 | 5075 | 5075 | 5075 | 5075 | 5075 | 5075 | 5075 |
| 0,199066375 | 0,175691834 | 0,200500171 | 0,181642181 | 0,228944832 | 0,172347625 | 0,223592875 | 0,183821887 |
| 39,22490153 | 34,61908051 | 39,50742289 | 35,79156273 | 45,1122822 | 33,96012312 | 44,05770937 | 36,22106149 |

Tabulka č. 11: Hodnoty vzorku A2 – omítka bílé barvy

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Měření č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Plocha S (m ²) | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| Den | 4.5.2018 | 5.5.2018 | 6.5.2018 | 7.5.2018 | 8.5.2018 | 9.5.2018 | 10.5.2018 |
| Čas (hod:min) | 13:30 | 13:10 | 13:15 | 13:10 | 13:15 | 12:55 | 13:00 |
| Teplota (°C) | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| φ _i (%) | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| φ _e (%) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Hmotnost m (g) | 334,51 | 334,00 | 333,52 | 333,06 | 332,60 | 332,18 | 331,75 |
| G (g/h) | | 0,022 | 0,020 | 0,019 | 0,019 | 0,018 | 0,018 |
| V (g/(m ² -den)) | | 110,008 | 101,746 | 98,186 | 97,506 | 90,595 | 91,147 |
| d (μm) | | 5388 | 5388 | 5388 | 5388 | 5388 | 5388 |
| s _d (m) | | 0,185441233 | 0,200500171 | 0,207769697 | 0,20921757 | 0,22517864 | 0,223814145 |
| μ () | | 34,41745231 | 37,21235545 | 38,56156226 | 38,83028395 | 41,79262066 | 41,53937353 |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| 11.5.2018 | 12.5.2018 | 13.5.2018 | 14.5.2018 | 15.5.2018 | 16.5.2018 | 17.5.2018 | 18.5.2018 |
| 11:25 | 12:55 | 13:00 | 14:00 | 12:55 | 13:30 | 13:00 | 12:00 |
| 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 331,33 | 330,85 | 330,41 | 329,89 | 329,53 | 329,03 | 328,61 | 328,20 |
| 0,019 | 0,019 | 0,018 | 0,021 | 0,016 | 0,020 | 0,018 | 0,018 |
| 95,646 | 96,093 | 93,267 | 106,183 | 80,194 | 103,829 | 91,237 | 91,001 |
| 5388 | 5388 | 5388 | 5388 | 5388 | 5388 | 5388 | 5388 |
| 0,213285402 | 0,212294299 | 0,218727459 | 0,192121537 | 0,254383147 | 0,196476292 | 0,223592875 | 0,224173033 |
| 39,58526393 | 39,40131754 | 40,59529686 | 35,65730094 | 47,21290773 | 36,46553309 | 41,49830643 | 41,60598237 |

Tabulka č. 12: Hodnoty vzorku A3 – omítka bílé barvy

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Měření č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Plocha S (m ²) | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| Den | 4.5.2018 | 5.5.2018 | 6.5.2018 | 7.5.2018 | 8.5.2018 | 9.5.2018 | 10.5.2018 |
| Čas (hod:min) | 13:30 | 13:10 | 13:15 | 13:10 | 13:15 | 12:55 | 13:00 |
| Teplota (°C) | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| φ _i (%) | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| φ _e (%) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Hmotnost m (g) | 356,33 | 355,76 | 355,31 | 354,82 | 354,43 | 354,06 | 353,68 |
| G (g/h) | | 0,024 | 0,019 | 0,020 | 0,016 | 0,016 | 0,016 |
| V (g/(m ² ·den)) | | 122,950 | 95,386 | 104,589 | 82,668 | 79,810 | 80,549 |
| d (μm) | | 4939 | 4939 | 4939 | 4939 | 4939 | 4939 |
| s _d (m) | | 0,165921103 | 0,213866849 | 0,195049104 | 0,246769441 | 0,255608186 | 0,253263374 |
| μ () | | 33,59406828 | 43,30164998 | 39,4916185 | 49,96344229 | 51,75302411 | 51,27826972 |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| 11.5.2018 | 12.5.2018 | 13.5.2018 | 14.5.2018 | 15.5.2018 | 16.5.2018 | 17.5.2018 | 18.5.2018 |
| 11:25 | 12:55 | 13:00 | 14:00 | 12:55 | 13:30 | 13:00 | 12:00 |
| 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 353,23 | 352,73 | 352,30 | 351,86 | 351,49 | 351,05 | 350,66 | 350,21 |
| 0,020 | 0,020 | 0,018 | 0,018 | 0,016 | 0,018 | 0,017 | 0,020 |
| 102,478 | 100,097 | 91,147 | 89,847 | 82,422 | 91,370 | 84,720 | 99,879 |
| 4939 | 4939 | 4939 | 4939 | 4939 | 4939 | 4939 | 4939 |
| 0,199066375 | 0,203802527 | 0,223814145 | 0,227052726 | 0,247507927 | 0,223268514 | 0,240792327 | 0,204246541 |
| 40,304996 | 41,26392528 | 45,31568021 | 45,97139625 | 50,11296348 | 45,20520632 | 48,7532551 | 41,3538249 |

Tabulka č. 13: Hodnoty vzorku B1 – omítka šedé barvy

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Měření č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Plocha S (m ²) | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| Den | 4.5.2018 | 5.5.2018 | 6.5.2018 | 7.5.2018 | 8.5.2018 | 9.5.2018 | 10.5.2018 |
| Čas (hod:min) | 13:30 | 13:10 | 13:15 | 13:10 | 13:15 | 12:55 | 13:00 |
| Teplota (°C) | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| φ _f (%) | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| φ _e (%) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Hmotnost m (g) | 377,10 | 376,40 | 375,80 | 375,25 | 374,67 | 374,14 | 373,58 |
| G (g/h) | | 0,030 | 0,025 | 0,023 | 0,024 | 0,022 | 0,023 |
| V (g/(m ² ·den)) | | 150,991 | 127,182 | 117,396 | 122,943 | 114,322 | 118,703 |
| d (μm) | | 5285 | 5285 | 5285 | 5285 | 5285 | 5285 |
| s _d (m) | | 0,135107184 | 0,160400137 | 0,17377102 | 0,165931176 | 0,178443451 | 0,17185729 |
| μ () | | 25,56427324 | 30,35007322 | 32,88004157 | 31,39662746 | 33,76413446 | 32,51793559 |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| 11.5.2018 | 12.5.2018 | 13.5.2018 | 14.5.2018 | 15.5.2018 | 16.5.2018 | 17.5.2018 | 18.5.2018 |
| 11:25 | 12:55 | 13:00 | 14:00 | 12:55 | 13:30 | 13:00 | 12:00 |
| 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 373,05 | 372,45 | 371,89 | 371,32 | 370,82 | 370,24 | 369,72 | 369,14 |
| 0,024 | 0,024 | 0,023 | 0,023 | 0,022 | 0,024 | 0,022 | 0,025 |
| 120,697 | 120,116 | 118,703 | 116,393 | 111,381 | 120,442 | 112,960 | 128,733 |
| 5285 | 5285 | 5285 | 5285 | 5285 | 5285 | 5285 | 5285 |
| 0,169018621 | 0,169835439 | 0,17185729 | 0,175268771 | 0,183155866 | 0,169376114 | 0,180594245 | 0,158467144 |
| 31,9808175 | 32,13537164 | 32,51793559 | 33,16343823 | 34,65579295 | 32,04846056 | 34,17109654 | 29,98432242 |

Tabulka č. 14: Hodnoty vzorku B2 – omítka šedé barvy

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Měření č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Plocha S (m ²) | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| Den | 4.5.2018 | 5.5.2018 | 6.5.2018 | 7.5.2018 | 8.5.2018 | 9.5.2018 | 10.5.2018 |
| Čas (hod:min) | 13:30 | 13:10 | 13:15 | 13:10 | 13:15 | 12:55 | 13:00 |
| Teplota (°C) | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| φ _f (%) | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| φ _e (%) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Hmotnost m (g) | 381,81 | 381,10 | 380,55 | 380,04 | 379,56 | 379,11 | 378,64 |
| G (g/h) | | 0,030 | 0,023 | 0,021 | 0,020 | 0,019 | 0,020 |
| V (g/(m ² ·den)) | | 153,148 | 116,583 | 108,858 | 101,746 | 97,066 | 99,626 |
| d (μm) | | 5123 | 5123 | 5123 | 5123 | 5123 | 5123 |
| s _d (m) | | 0,133204266 | 0,174981968 | 0,187400119 | 0,200500171 | 0,210166731 | 0,204766132 |
| μ () | | 26,00122311 | 34,15615217 | 36,58015212 | 39,1372577 | 41,02415201 | 39,96996531 |

| | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| 11.5.2018 | 12.5.2018 | 13.5.2018 | 14.5.2018 | 15.5.2018 | 16.5.2018 | 17.5.2018 | 18.5.2018 |
| 11:25 | 12:55 | 13:00 | 14:00 | 12:55 | 13:30 | 13:00 | 12:00 |
| 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 378,19 | 377,68 | 377,25 | 376,73 | 376,33 | 375,84 | 375,41 | 374,96 |
| 0,020 | 0,020 | 0,018 | 0,021 | 0,017 | 0,020 | 0,018 | 0,020 |
| 102,478 | 102,099 | 91,147 | 106,183 | 89,104 | 101,753 | 93,410 | 99,879 |
| 5123 | 5123 | 5123 | 5123 | 5123 | 5123 | 5123 | 5123 |
| 0,199066375 | 0,199806399 | 0,223814145 | 0,192121537 | 0,228944832 | 0,200486013 | 0,218393041 | 0,204246541 |
| 38,85738342 | 39,00183466 | 43,68810162 | 37,5017641 | 44,68960221 | 39,13449396 | 42,6299123 | 39,8685421 |

Tabulka č. 15: Hodnoty vzorku B3 – omítka šedé barvy

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Měření č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Plocha S (m ²) | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| Den | 4.5.2018 | 5.5.2018 | 6.5.2018 | 7.5.2018 | 8.5.2018 | 9.5.2018 | 10.5.2018 |
| Čas (hod:min) | 13:30 | 13:10 | 13:15 | 13:10 | 13:15 | 12:55 | 13:00 |
| Teplota (°C) | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| φ _f (%) | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| φ _e (%) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Hmotnost m (g) | 378,92 | 378,22 | 377,56 | 376,97 | 376,35 | 375,75 | 375,19 |
| G (g/h) | | 0,030 | 0,027 | 0,025 | 0,026 | 0,025 | 0,023 |
| V (g/(m ² -den)) | | 150,991 | 139,900 | 125,934 | 131,421 | 129,421 | 118,703 |
| d (μm) | | 5316 | 5316 | 5316 | 5316 | 5316 | 5316 |
| s _d (m) | | 0,135107184 | 0,145818306 | 0,161989934 | 0,155225939 | 0,157625048 | 0,17185729 |
| μ () | | 25,4151964 | 27,43008019 | 30,47214703 | 29,19976279 | 29,65106247 | 32,3283088 |

| | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| 11.5.2018 | 12.5.2018 | 13.5.2018 | 14.5.2018 | 15.5.2018 | 16.5.2018 | 17.5.2018 | 18.5.2018 |
| 11:25 | 12:55 | 13:00 | 14:00 | 12:55 | 13:30 | 13:00 | 12:00 |
| 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 374,59 | 373,91 | 373,28 | 372,58 | 372,09 | 371,48 | 370,87 | 370,27 |
| 0,027 | 0,027 | 0,026 | 0,028 | 0,021 | 0,025 | 0,026 | 0,026 |
| 136,638 | 136,132 | 133,541 | 142,938 | 109,153 | 126,672 | 132,511 | 133,172 |
| 5316 | 5316 | 5316 | 5316 | 5316 | 5316 | 5316 | 5316 |
| 0,149299781 | 0,149854799 | 0,152762035 | 0,142718856 | 0,186893741 | 0,161046141 | 0,153949193 | 0,153184906 |
| 28,08498522 | 28,18939037 | 28,73627449 | 26,84703845 | 35,15683607 | 30,29460896 | 28,9595923 | 28,81582127 |

Tabulka č. 16: Hodnoty vzorku C1 – omítka černé barvy

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Měření č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Plocha S (m ²) | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| Den | 4.5.2018 | 5.5.2018 | 6.5.2018 | 7.5.2018 | 8.5.2018 | 9.5.2018 | 10.5.2018 |
| Čas (hod:min) | 13:30 | 13:10 | 13:15 | 13:10 | 13:15 | 12:55 | 13:00 |
| Teplota (°C) | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| φ _i (%) | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| φ _e (%) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Hmotnost m (g) | 357,72 | 356,98 | 356,30 | 355,60 | 354,95 | 354,28 | 353,65 |
| G (g/h) | | 0,031 | 0,028 | 0,029 | 0,027 | 0,028 | 0,026 |
| V (g/(m ² ·den)) | | 159,619 | 144,140 | 149,413 | 137,780 | 144,520 | 133,541 |
| d (μm) | | 4971 | 4971 | 4971 | 4971 | 4971 | 4971 |
| s _d (m) | | 0,127804093 | 0,141529533 | 0,136534373 | 0,148061665 | 0,141156759 | 0,152762035 |
| μ () | | 25,70993624 | 28,47103854 | 27,46617836 | 29,78508648 | 28,39604898 | 30,73064478 |

| | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| 11.5.2018 | 12.5.2018 | 13.5.2018 | 14.5.2018 | 15.5.2018 | 16.5.2018 | 17.5.2018 | 18.5.2018 |
| 11:25 | 12:55 | 13:00 | 14:00 | 12:55 | 13:30 | 13:00 | 12:00 |
| 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 353,01 | 352,30 | 351,62 | 350,89 | 350,29 | 349,62 | 348,96 | 348,33 |
| 0,029 | 0,028 | 0,028 | 0,029 | 0,026 | 0,027 | 0,028 | 0,027 |
| 145,747 | 142,138 | 144,140 | 149,064 | 133,657 | 139,131 | 143,373 | 139,831 |
| 4971 | 4971 | 4971 | 4971 | 4971 | 4971 | 4971 | 4971 |
| 0,139968545 | 0,143522906 | 0,141529533 | 0,136853698 | 0,152629888 | 0,146624099 | 0,142286375 | 0,145890387 |
| 28,15701974 | 28,87203909 | 28,47103854 | 27,530416 | 30,70406117 | 29,49589594 | 28,62329009 | 29,34829743 |

Tabulka č.17: Hodnoty vzorku C2 – omítka černé barvy

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Měření č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Plocha S (m ²) | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| Den | 4.5.2018 | 5.5.2018 | 6.5.2018 | 7.5.2018 | 8.5.2018 | 9.5.2018 | 10.5.2018 |
| Čas (hod:min) | 13:30 | 13:10 | 13:15 | 13:10 | 13:15 | 12:55 | 13:00 |
| Teplota (°C) | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| φ _i (%) | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| φ _e (%) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Hmotnost m (g) | 480,98 | 480,28 | 479,57 | 478,87 | 478,16 | 477,51 | 476,79 |
| G (g/h) | | 0,030 | 0,029 | 0,029 | 0,029 | 0,027 | 0,030 |
| V (g/(m ² ·den)) | | 150,991 | 150,499 | 149,413 | 150,499 | 140,206 | 152,618 |
| d (μm) | | 5206 | 5206 | 5206 | 5206 | 5206 | 5206 |
| s _d (m) | | 0,135107184 | 0,135549412 | 0,136534373 | 0,135549412 | 0,145500044 | 0,133666781 |
| μ () | | 25,95220593 | 26,03715165 | 26,22634895 | 26,03715165 | 27,94852946 | 25,67552455 |

| | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| 11.5.2018 | 12.5.2018 | 13.5.2018 | 14.5.2018 | 15.5.2018 | 16.5.2018 | 17.5.2018 | 18.5.2018 |
| 11:25 | 12:55 | 13:00 | 14:00 | 12:55 | 13:30 | 13:00 | 12:00 |
| 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 476,12 | 475,40 | 474,70 | 473,95 | 473,33 | 472,65 | 472,00 | 471,30 |
| 0,030 | 0,028 | 0,029 | 0,030 | 0,027 | 0,028 | 0,028 | 0,030 |
| 152,579 | 144,140 | 148,379 | 153,148 | 138,112 | 141,208 | 141,201 | 155,368 |
| 5206 | 5206 | 5206 | 5206 | 5206 | 5206 | 5206 | 5206 |
| 0,133701297 | 0,141529533 | 0,137485832 | 0,133204266 | 0,147706343 | 0,144467862 | 0,144475396 | 0,131301348 |
| 25,68215459 | 27,18584952 | 26,40911096 | 25,5866819 | 28,37232872 | 27,75026162 | 27,75170883 | 25,22115787 |

Tabulka č. 18: Hodnoty vzorku C3 – omítka černé barvy

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Měření č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Plocha S (m ²) | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| Den | 4.5.2018 | 5.5.2018 | 6.5.2018 | 7.5.2018 | 8.5.2018 | 9.5.2018 | 10.5.2018 |
| Čas (hod:min) | 13:30 | 13:10 | 13:15 | 13:10 | 13:15 | 12:55 | 13:00 |
| Teplota (°C) | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| φ _f (%) | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| φ _e (%) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Hmotnost m (g) | 431,40 | 430,71 | 430,02 | 429,37 | 428,67 | 428,09 | 427,42 |
| G (g/h) | | 0,029 | 0,029 | 0,027 | 0,029 | 0,025 | 0,028 |
| V (g/(m ² ·den)) | | 148,834 | 146,259 | 138,741 | 148,379 | 125,107 | 142,020 |
| d (μm) | | 4992 | 4992 | 4992 | 4992 | 4992 | 4992 |
| s _d (m) | | 0,137065259 | 0,13947838 | 0,147037017 | 0,137485832 | 0,163060395 | 0,143641914 |
| μ () | | 27,45698301 | 27,9403806 | 29,45453058 | 27,54123231 | 32,66434186 | 28,77442181 |

| | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| 11.5.2018 | 12.5.2018 | 13.5.2018 | 14.5.2018 | 15.5.2018 | 16.5.2018 | 17.5.2018 | 18.5.2018 |
| 11:25 | 12:55 | 13:00 | 14:00 | 12:55 | 13:30 | 13:00 | 12:00 |
| 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 426,84 | 426,16 | 425,48 | 424,86 | 424,31 | 423,68 | 423,09 | 422,49 |
| 0,026 | 0,027 | 0,028 | 0,025 | 0,024 | 0,026 | 0,025 | 0,026 |
| 132,083 | 136,132 | 144,140 | 126,603 | 122,519 | 130,825 | 128,167 | 133,172 |
| 4992 | 4992 | 4992 | 4992 | 4992 | 4992 | 4992 | 4992 |
| 0,15444805 | 0,149854799 | 0,141529533 | 0,161134193 | 0,166505332 | 0,155933565 | 0,159167809 | 0,153184906 |
| 30,93911253 | 30,01899023 | 28,35126855 | 32,27848412 | 33,35443359 | 31,23669177 | 31,88457719 | 30,6860789 |

Tabulka č. 19: Hodnoty vzorku R1 – vzorek bez omítky

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Měření č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Plocha S (m ²) | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| Den | 4.5.2018 | 5.5.2018 | 6.5.2018 | 7.5.2018 | 8.5.2018 | 9.5.2018 | 10.5.2018 |
| Čas (hod:min) | 13:30 | 13:10 | 13:15 | 13:10 | 13:15 | 12:55 | 13:00 |
| Teplota (°C) | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| φ _f (%) | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| φ _e (%) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Hmotnost m (g) | 289,50 | 288,42 | 287,36 | 286,35 | 285,33 | 284,39 | 283,41 |
| G (g/h) | | 0,046 | 0,044 | 0,042 | 0,042 | 0,040 | 0,041 |
| V (g/(m ² -den)) | | 232,958 | 224,688 | 215,582 | 216,209 | 202,760 | 207,730 |
| d (μm) | | 3585 | 3585 | 3585 | 3585 | 3585 | 3585 |
| s _d (m) | | 0,087569471 | 0,09079253 | 0,094627783 | 0,094353022 | 0,100611733 | 0,098204165 |
| μ () | | 24,42663073 | 25,32567095 | 26,39547643 | 26,31883451 | 28,06463956 | 27,39307266 |

| | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| 11.5.2018 | 12.5.2018 | 13.5.2018 | 14.5.2018 | 15.5.2018 | 16.5.2018 | 17.5.2018 | 18.5.2018 |
| 11:25 | 12:55 | 13:00 | 14:00 | 12:55 | 13:30 | 13:00 | 12:00 |
| 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 282,46 | 281,39 | 280,41 | 279,38 | 278,53 | 277,56 | 276,66 | 275,78 |
| 0,042 | 0,042 | 0,041 | 0,041 | 0,037 | 0,039 | 0,038 | 0,038 |
| 216,343 | 214,207 | 207,730 | 210,324 | 189,347 | 201,429 | 195,508 | 195,320 |
| 3585 | 3585 | 3585 | 3585 | 3585 | 3585 | 3585 | 3585 |
| 0,094294599 | 0,095234826 | 0,098204165 | 0,096993398 | 0,107738745 | 0,101276439 | 0,104343342 | 0,104444254 |
| 26,30253802 | 26,56480493 | 27,39307266 | 27,05534102 | 30,05264841 | 28,25005281 | 29,10553464 | 29,13368313 |

Tabulka č.20: Hodnoty vzorku R2 – vzorek bez omítky

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Měření č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Plocha S (m ²) | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| Den | 4.5.2018 | 5.5.2018 | 6.5.2018 | 7.5.2018 | 8.5.2018 | 9.5.2018 | 10.5.2018 |
| Čas (hod:min) | 13:30 | 13:10 | 13:15 | 13:10 | 13:15 | 12:55 | 13:00 |
| Teplota (°C) | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| φ _i (%) | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| φ _e (%) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Hmotnost m (g) | 236,19 | 235,08 | 234,05 | 233,01 | 231,93 | 230,98 | 229,89 |
| G (g/h) | | 0,047 | 0,043 | 0,043 | 0,045 | 0,040 | 0,045 |
| V (g/(m ² ·den)) | | 239,429 | 218,329 | 221,985 | 228,927 | 204,917 | 231,047 |
| d (μm) | | 3601 | 3601 | 3601 | 3601 | 3601 | 3601 |
| s _d (m) | | 0,085202729 | 0,093436973 | 0,091898135 | 0,089111187 | 0,099552662 | 0,088293653 |
| μ () | | 23,66085218 | 25,94750708 | 25,5201709 | 24,7462336 | 27,64583781 | 24,51920393 |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 | 0,0056745 |
| 11.5.2018 | 12.5.2018 | 13.5.2018 | 14.5.2018 | 15.5.2018 | 16.5.2018 | 17.5.2018 | 18.5.2018 |
| 11:25 | 12:55 | 13:00 | 14:00 | 12:55 | 13:30 | 13:00 | 12:00 |
| 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 | 93 |
| 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 228,94 | 227,77 | 226,74 | 225,63 | 224,70 | 223,63 | 222,67 | 221,69 |
| 0,042 | 0,046 | 0,043 | 0,044 | 0,041 | 0,044 | 0,041 | 0,043 |
| 216,343 | 234,227 | 218,329 | 226,659 | 207,168 | 222,195 | 208,542 | 217,515 |
| 3601 | 3601 | 3601 | 3601 | 3601 | 3601 | 3601 | 3601 |
| 0,094294599 | 0,087095097 | 0,093436973 | 0,090002882 | 0,098470896 | 0,091811352 | 0,097821883 | 0,093786677 |
| 26,18567032 | 24,18636406 | 25,94750708 | 24,99385793 | 27,34543059 | 25,49607097 | 27,16519934 | 26,04462012 |

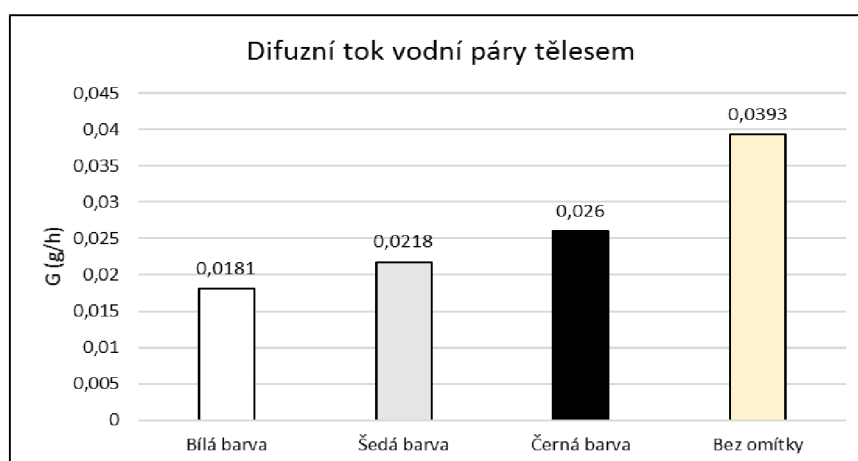
4.6. Diskuze dosažených výsledků

Z hodnot v tabulkách se vypočítají průměrné hodnoty pro každou skupinu vzorků. Průměrné hodnoty se vypočítají pro difuzní tok vodní páry tělesem G , hustotu difuzního toku vodní páry V , tloušťku ekvivalentní vzduchové vrstvy s_d a součinitel difuzního odporu μ . Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 21. [16]

Tabulka č.21: Průměrné hodnoty sledovaných vlastností

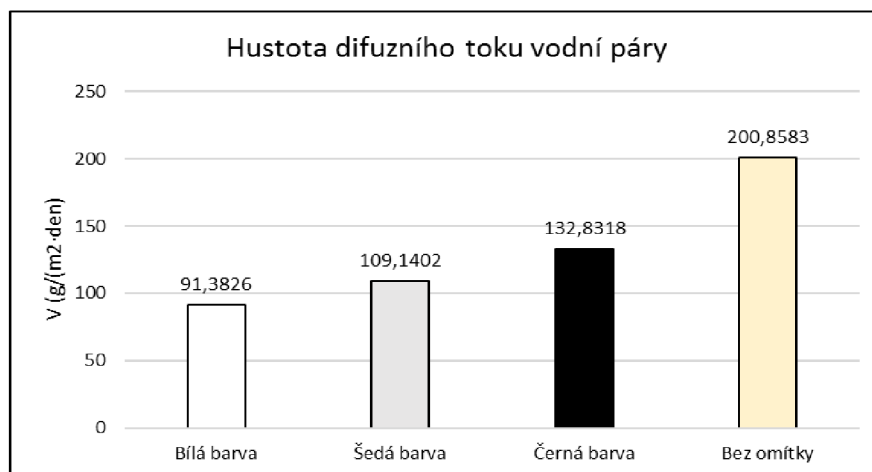
| Vzorek | G (g/h) | V (g/(m ² ·den) | s _d (m) | μ (-) |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|---------|
| Bílá barva | 0,0181 | 91,3826 | 0,1913 | 40,4914 |
| Šedá barva | 0,0218 | 109,1402 | 0,1644 | 32,8527 |
| Černá barva | 0,026 | 132,8318 | 0,1343 | 28,4804 |
| Bez omítky | 0,0393 | 200,8583 | 0,0888 | 26,4709 |

Průměrné hodnoty sledovaných vlastností byly vyneseny do grafů č.1 – č.4. Podle těchto grafických závislostí byl posouzen vliv pigmentů na difuzní vlastnosti omítek, což byl cíl této bakalářské práce.



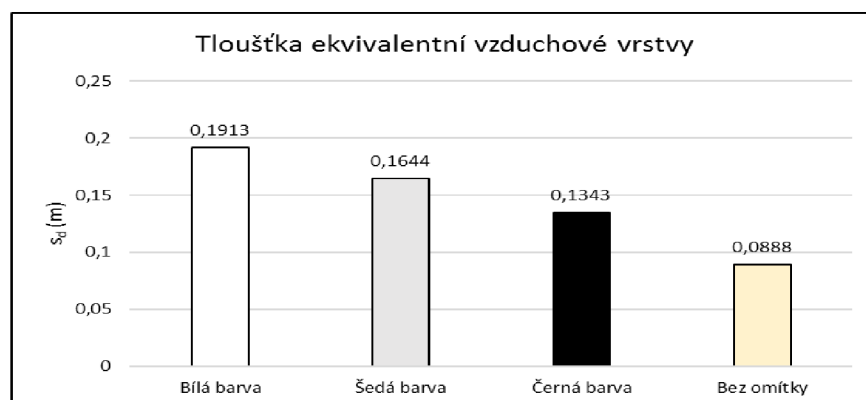
Graf č.1: Srovnání hodnot difuzního toku vodní páry všech sad vzorků

Nejvyšší hodnota difuzního toku byla určena u vzorku bez omítky, druhá nejvyšší potom u vzorku s černou omítkou a nejnižší u vzorku s bílou omítkou. Z toho vyplývá, že čím je světlejší pigment, tím je propustnost vodní páry nižší.



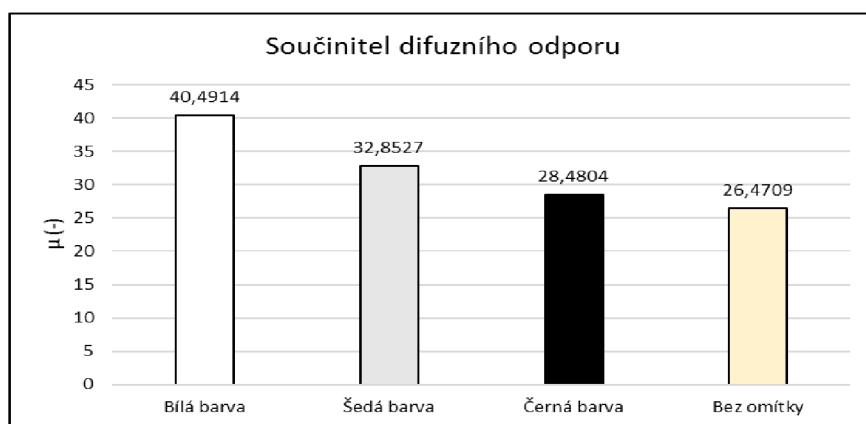
Graf č.2: Srovnání hodnot hustoty difuzního toku vodní páry všech sad vzorků

Hustota difuzního toku vodní páry byla nejvyšší u vzorku bez omítky, ze vzorků s omítkami měl nejvyšší hodnotu vzorek černé barvy a nejnižší hodnotu vzorek bílé barvy. Po provedení zařídění podle normy ČSN EN ISO 7783-2 patří vzorek bez omítky do skupiny I, což znamená vysokou propustnost pro vodní páru, ostatní vzorky patří do skupiny II, to znamená střední propustnost pro vodní páru.



Graf č.3: Srovnání tloušťky ekvivalentní vzduchové vrstvy všech sad vzorků

Největší tloušťku ekvivalentní vzduchové vrstvy měl vzorek s bílou omítkou, nejnižší hodnotu ze vzorků s omítkami měl černý vzorek a celkově nejnižší hodnotu měl vzorek bez omítky. Při zařídění hodnot podle normy ČSN EN ISO 7783-2 zjistíme, že hodnoty vzorku bez omítky a s černou omítkou patří do kategorie I, tedy mají vysokou propustnost pro vodní páru a vzorky s šedou a bílou omítkou patří do kategorie II pro střední propustnost pro vodní páru.



Graf č.4: Srovnání součinitele difuzního odporu všech sad vzorků

Nejvyšší hodnotu součinitele difuzního odporu měl vzorek s bílou barvou omítky. Poté následoval vzorek s šedou barvou omítky, dále vzorek s černou barvou omítky a nejnižší hodnotu měl vzorek bez omítky. To znamená, že bílá omítka má z měřených vzorků nejnižší propustnost pro vodní páru a černá omítka má nejvyšší propustnost pro vodní páru.

5. Závěr

Tato bakalářská práce je zaměřena na problematiku vnějších omítek. V současnosti se velmi často používají pro finální povrchové úpravy omítky probarvené a úkolem této bakalářské práce je ověření, zda pigmenty obsažené v těchto omítkách mohou ovlivňovat jejich difuzní vlastnosti.

V teoretické části této práce byla zpracována rešerše zaměřená na druhy, vlastnosti a požadavky kladené na vnější omítky. Část práce byla věnována typům omítek, historii jejich vývoje a zásadami zpracování. Byl zde také popsán zateplovací systém ETICS a podmínky pro povrchové úpravy, které se pro tento systém mohou použít. Další část teoretické části je věnována pigmentům, jejich vývoji a vlivu na vlastnosti omítek.

V praktické části práce byla navržena metodika zkoušení difuzních vlastností omítek aplikovaných na ETICS. Pro účely zkoušení byla vyrobena tělesa složená z několika vrstev. Jako finální povrchová úprava byla zvolena silikonová tenkovrstvá omítka. Pro určení vlivu pigmentů byla použita omítka probarvená ve třech odstínech: bílá, šedá a černá. Byla zkoušena také zkušební tělesa, u nichž nebyla provedena vrstva tenkovrstvé omítky a byla tvořena pouze základní vrstvou s výztužnou síťovinou. Metoda zkoušení difuzních vlastností byla inspirována normou na zkoušení nátěrových hmot ČSN EN 7783. Zkoušení vzorků probíhalo 14 dní.

Z naměřených hodnot byly vypočítány tyto parametry: difuzní tok vodní páry G , hustota difuzního toku vodní páry V , tloušťka ekvivalentní vzduchové vrstvy s_d a součinitel difuzního odporu μ . Výsledné hodnoty byly graficky znázorněny.

Z výsledků vyplývá, že vzorek černé barvy má hodnotu difuzního toku vodní páry nejvyšší ze vzorků s omítkou, vzorek bez omítky měl hodnotu ještě o něco vyšší. Podobně je tomu u výsledků hustoty difuzního toku vodní páry, ty jsou taktéž u vzorku černé barvy nejvyšší. Vzorek bílé barvy měl naopak hodnotu G i V nejnižší. Tloušťka ekvivalentní vzduchové vrstvy a součinitel difuzního odporu mají nejvyšší hodnotu u vzorku bílé barvy, poté následuje vzorek šedé barvy a černé barvy.

Vzorky bez nanesené omítky mají největší propustnost vodní páry, což se předpokládalo. Vzorky černé barvy vykazují ze vzorků s omítkou největší

propustnost, která je určena nejmenším difuzním odporem a nejmenší tloušťkou vzduchové vrstvy. Vzorky bílé barvy mají naopak nejvyšší hodnotu difuzního odporu a hodnotu tloušťky vzduchové vrstvy, proto jsou považovány za vzorky s nejmenší propustností pro vodní páru. Vzorky šedé barvy mají všechny své hodnoty mezi hodnotami černého a bílého vzorku.

Z uvedených poznatků lze konstatovat, že čím tmavší pigment je v omítce obsažen, tím vyšší difuzní otevřenost daná omítka vykazuje. Původní předpoklad byl ovšem opačný, proto by bylo vhodné se danou problematikou podrobněji zabývat.

Seznam použitých zdrojů:

- [1] FRIDRICOVÁ, Marcela, DVOŘÁK, Karel a FRIDRICH, Rudolf. Omítky. Brno: ERA group, 2004. Stavíme. ISBN 80-7366-004-0.
- [2] BLAHA, Martin. Omítky. Praha: Grada, 2004. Profi & hobby. ISBN 80-247-0898-1.
- [3] HOŠEK, Jiří a LOSOS, Ludvík. Historické omítky: průzkumy, sanace, typologie. Praha: Grada, 2007. Stavitel. ISBN 978-80-247-1395-3.
- [4] ŠIMŮNKOVÁ, Eva a BAYEROVÁ, Tatjana. Pigmenty. 3., upr. vyd. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek - STOP, 2014. ISBN 978-80-86657-17-2.
- [5] CHROUST, František, KVASNIČKA, Ilja a KVASNIČKOVÁ, Rajisa. Omítky. 2., upr. vyd. Praha: SNTL, 1959. Odborné příručky pro stavebnictví.
- [6] ČSN EN ISO 7783 (673093) A Nátěrové hmoty - Stanovení propustnosti pro vodní páru - Misková metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [7] ČSN 73 2901 (732901) A Provádění vnějších tepelněizolačních kompozitních systémů (ETICS). Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [8] ČSN EN 13914-1 (733710) A Navrhování, příprava a provádění vnějších a vnitřních omítek. Část 1, Vnější omítky = Design, preparation and application of external rendering and internal plastering. Part 1, External rendering. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [9] MACHATKA, Milan a SVOBODA, Pavel. Navrhování kontaktních systémů - ETICS: TP 1.8.9. Praha: pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydává Informační centrum ČKAIT, 2017. Metodické a technické pomůcky k činnosti autorizovaných osob. ISBN 978-80-87438-99-2.
- [10] ROVNANÍKOVÁ, Pavla. Omítky: chemické a technologické vlastnosti. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek - Stop, 2002. ISBN 80-86657-00-0.
- [11] Stavebniny > Zateplovací systémy | Stavebniny DEK - Vše pro Váš dům . Stavebniny DEK - Vše pro Váš dům [online]. Copyright © 2018 DEK a.s. [cit. 13.05.2018]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/vypis/13-zateplovaci-systemy>

- [12] FRIDRICHOVÁ, Marcela, DVOŘÁK, Karel, GAZDIČ, Dominik a HÁJKOVÁ, Iveta. BJ16 - Maltoviny: modul M02. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2014. Studijní opory pro studijní programy s prezenční formou studia. ISBN 978-80-214-4973-2.
- [13] VAVŘÍN, František. Maltoviny. 2., nezm. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1982.
- [14] ČSN EN 15824 (722402) A Specifikace vnějších a vnitřních omítek s organickými pojivy. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [15] DROCHYTKA, Rostislav. Plastické látky ve stavebnictví. Brno: CERM, 1998. ISBN 80-214-1148-1.
- [16] ŠŤASTNÍK, Stanislav. Fyzika stavebních látek: návody do cvičení. Brno: VUT, 1983.
- [17] GOMES, Maria Idália, FARIA, Paulina a GONÇALVES, Teresa Diaz. Earth-based mortars for repair and protection of rammed earth walls. Stabilization with mineral binders and fibers. Journal of Cleaner Production [online]. Elsevier, 2018, 172, 2401-2414 [cit. 2018-05-20]. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.11.170. ISSN 0959-6526.
- [18] PŘIBYL, František, ZAPLETAL, Vratislav a HRDLIČKA, Jaromír. Stavební hmoty. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1984.
- [19] Stavebniny DEK - Vše pro Váš dům [online]. Copyright © [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: https://www.dek.cz/get_dokument.php?id=1424742843
- [20] Stavebniny DEK - Vše pro Váš dům [online]. Copyright © [cit. 20.05.2018]. Dostupné z: https://www.dek.cz/get_dokument.php?id=1258470589
- [21] ČSN EN ISO 7783-2 (673093) N Nátěrové hmoty - Povlakové materiály a povlakové systémy pro vnější zdivo a beton. Část 2, Stanovení a klasifikace stupně propustnosti pro vodní páru (permeability) = Paints and varnishes - Coating materials and coating systems for exterior masonry and concrete. Part 2, Determination and classification of water-vapour transmission rate (permeability). Praha: Český normalizační institut, 2000. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>