

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

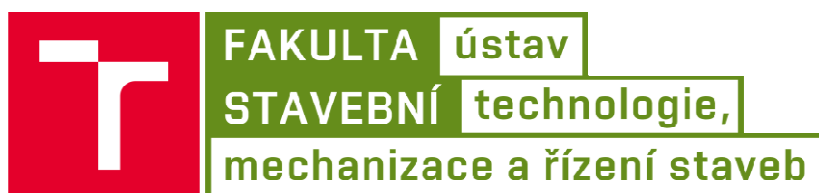


FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNOLOGIE, MECHANIZACE A ŘÍZENÍ STAVEB

INSTITUTE OF TECHNOLOGY, MECHANIZATION AND CONSTRUCTION MANAGEMENT



EXPERIMENTÁLNÍ VÝZKUM POUŽITELNOSTI A TRVANLIVOST TMELŮ UŽÍVANÝCH VE STAVEBNICTVÍ

EXPERIMENTAL RESEARCH OF SUITABILITY AND DURABILITY OF SEALANTS USED IN CIVIL ENGINEERING

TEZE DISERTAČNÍ PRÁCE

SHORT PHD THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ING. MARTINA HANZELKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Mgr. Jiří Šlanhof, Ph.D.

BRNO 2018

Abstrakt:

Disertační práce pojednává o metodice zkoušení tmelů. Jde o souhrn výzkumu zaměřeného na hodnocení tmelů v interakci s podkladními materiály. Pozornost je zaměřena na oficiální zkušební metody obsažené v evropských technických normách, diskutuje se přínos jednotlivých metod, jejich výhody a nevýhody. Součástí jsou i souhrnné závěry praktické aplikace zkušebních postupů aplikovaných pro 10 běžně dostupných průmyslově vyráběných tmelů na 8 různých podkladech zahrnujících fasádní obkladové desky používané pro systémy lehkých obvodových plášťů. Práce obsahuje obecné závěry týkající se jednotlivých zkušebních metod. Součástí výzkumu jsou rovněž různé způsoby přípravy a kondicionování zkušebních těles, které simulují různé podmínky působení prostředí a v některých případech hrají zcela rozhodující roli pro konečné hodnocení tmelů.

Abstract:

The dissertation thesis is focused on the method of testing the building sealants. This is a summary of the research focused on the evaluation of sealants in interaction with the underlying materials. Attention is focused on the official test methods contained in European technical standards, the benefits of individual methods, their advantages and disadvantages are discussed. Also included are the overall findings of the practical application of the test procedures applied to 10 commercially available industrial sealants on 8 different substrates, including facade lining boards used for lightweight envelope systems. The dissertation thesis contains general conclusions about individual test methods. The research also includes various ways of preparing and conditioning test specimens that simulate different environmental conditions and, in some cases, play a crucial role in the final evaluation of sealants.

Klíčová slova:

tmely, silikony, zkoušení, protažení, udržované protažení, přilnavost, soudržnost

Keywords:

sealants, silicones, testing, extension, ,maintained extensit, adhesion, cohesion

Obsah

1.	ÚVOD	5
2.	CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE.....	5
2.1.	Hlavní cíle práce.....	6
2.2.	Dílčí cíle disertační práce	6
3.	METODY ZPRACOVÁNÍ	6
4.	STAVEBNÍ TMELY.....	7
5.	HISTORIE.....	7
6.	LITERATURA	7
7.	DĚLENÍ TMELŮ	8
7.2.	Obecné dělení.....	8
7.3.	Dělení dle ČSN EN ISO 11 600.....	9
7.4.	Dělení dle chemického složení	9
7.4.1.	Akrylátové tmely.....	9
7.4.2.	Silikonové tmely	9
7.4.3.	Polyuretanové tmely	10
7.4.4.	Tmely na bázi MS-polymerů	10
7.4.5.	Butylkaučukové tmely	10
8.	ZKOUŠENÍ TMELŮ	10
8.1.	Zkoušení dle technických norem	10
8.2.	Předepsaný postup provádění zkoušek.....	11
8.2.1.	Tahová zkouška při teplotě (23±2) °C, Tahová zkouška při teplotě (-22±2) °C.....	11
8.2.2.	Tahová zkouška při udržovaném protažení 24 hodin.....	12
8.2.3.	Stanovení soudržnosti a přilnavosti při proměnlivé teplotě	12
8.2.4.	Stanovení přilnavosti a soudržnosti při udržovaném protažení při ponoření ve vodě	13
8.2.5.	Cyklické napínání a stlačování dle ČSN EN ISO 9046	13
8.2.6.	Tahová zkouška po ponoření ve vodě	13
8.2.7.	Odolnost proti stlačení	14
8.2.8.	Odolnost proti UV záření.....	14
8.3.	Navržené alternativní postupy zkoušení	14
8.3.1.	Přilnavost a soudržnost tmelů na reálné spáře	15
8.3.2.	Přilnavost a soudržnost tmelů na reálné spáře po protažení.....	15
8.3.3.	Přilnavost a soudržnost tmelů na reálné spáře při proměnlivé teplotě.....	16

8.3.4.	Přilnavost a soudržnost tmelů na reálné spáře při udržovaném protažení po ponoření ve vodě	16
9.	POUŽITÉ TMELY	17
10.	POUŽITÉ PODKLADNÍ MATERIÁLY	17
11.	VÝROBA VZORKŮ	18
12.	VÝROBA ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ PŘILNAVOSTI TMELŮ- ALTERNATIVNÍ METODY	20
13.	PROVÁDĚNÍ ZKOUŠEK	21
13.1.	Příprava vzorků	21
14.	ZHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH VÝSLEDKŮ	22
14.1.	Tahová zkouška při teplotě (23±2) °C	22
14.2.	Tahová zkouška při teplotě (-22±2) °C	23
14.3.	Tahová zkouška při udržovaném protažení	25
14.4.	Stanovení soudržnosti a přilnavosti při proměnlivé teplotě.....	26
14.5.	Stanovení soudržnosti a přilnavosti při udržovaném protažení při ponoření ve vodě.....	26
14.6.	Cyklické napínání a stlačování dle ČSN EN ISO 9046.....	27
14.7.	Tahová zkouška po ponoření ve vodě.....	27
14.8.	Odolnost proti stlačení.....	27
14.9.	Odolnost proti UV záření	27
14.10.	Přilnavost a soudržnost tmelů na reálné spáře při stálé teplotě- protažení do p porušení	28
14.11.	Přilnavost a soudržnost tmelů na reálné spáře při protažení o 100% délky, proměnlivé teplotě a udržovaném protažení	28
14.12.	Srovnání výsledků tahové zkoušky provedené dle navržené alternativní metody a tahové zkoušky provedené dle ČSN EN 8339.....	29
14.13.	Celkové vyhodnocení zkoušek přilnavosti a soudržnosti.....	30
15.	ZÁVĚRY PRÁCE A JEJÍ PŘÍNOS PRO DALŠÍ ROZVOJ VĚDY	32
15.1.	Zhodnocení dosažení hlavních cílů	32
15.2.	Zhodnocení dílčích cílů práce.....	33
15.3.	Vědecký přínos dizertační práce	34
15.4.	Praktický přínos dizertační práce	35
	Bibliografie	36
	Vybraná publikační činnost	38
	Životopis	40

1. ÚVOD

Těsnicí materiály jsou moderní stavební materiály, které jsou primárně používány jako prostředek pro utěsnění spojů ve stavebních konstrukcích. Podle evropské normy EN ISO 6927: 2012 je těsnicí materiál definován jako materiál aplikovaný v nezformovaném stavu, který po vytvrzení nebo sušení má lepicí a kohezní vlastnosti pro utěsnění spojů[4]

Základní funkcí tmele je funkce těsnící. V případě, že je tmel použit k utěsnění spáry na vnějších konstrukcích, které jsou vystaveny klimatickým vlivům, má takto použitý tmel přímý vliv na ochranu stavby, jedná se zejména o ochranu před zatékáním, dále o ochranu před pronikáním plynů, hluku či hmyzu. Přestože utěsnění spár a štěrbin stavby představuje pouze malé procento z celkové stavby, stává se tato část velmi důležitým faktorem. Tmely jsou také používány v rámci povrchovým úprav interiéru, kde je tmel použit zejména pro sjednocování spojů různých materiálů. Nejčastěji se jedná o vytmelení koutů SDK konstrukcí, styku podlahových krytin se svislými konstrukcemi, vnitřní kouty obkladů, atp. V mnoha případech jsou tmely užívány také jako lepidla pro vytvoření konstrukčního spoje, který musí současně zajistit i potřebnou těsnost. Životnost tmelů je omezená, tmely podléhají stárnutí. Zejména v případě tmelů aplikovaných ve vnějším prostředí, kdy jsou vystaveny neustále se měnícím klimatickým vlivům.

Existují však významné rozdíly mezi vlastnostmi jednotlivých tmelů, takže výběr vhodného tmelu není příliš jednoduchý. Není možné zodpovědně zvolit správný materiál, aniž bychom měli vhodná měření nebo měli předchozí zkušenosti. Zatímco jeden konkrétní typ silikonového tmelu bude vhodný pro všechny povětrnostní podmínky, jiný nebude schopen odolat např. mrazivých teplot. Navíc lze některé tmely správně použít s porézními materiály a jiné pouze s neporézními.

2. CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Vzhledem k velkému množství dostupných tmelů na evropském trhu a rozsahu jejich použití, není jednoduché zvolit správnou kombinaci podkladního materiálu a tmelu. Špatná volba tmelu se na stavbě může velmi rychle projevit výskytem poruch. Může dojít k otevření skryté spáry (estetická porucha), nebo k pronikání vlhkosti, což bude mít za následek další škody, jež budou vyžadovat další náklady související s opravou poškozené tmelené spáry.

Bohužel z praxe je známo, že i výrobky, které jsou dle výrobců určené k danému použití, nevykazují dlouhodobou a předpokládanou trvanlivost a spolehlivost. Tato skutečnost se však projevuje až vznikem poruchy a následnou vynucenou opravou. Z každé takové situace je možno vzít si ponaučení a stejný výrobek již znovu neaplikovat, ale použít jiný. Vzhledem k obrovskému množství různých výrobků na českém a evropském trhu však není pro koncového uživatele často možné najít neoptimálnější kombinaci tmele a podkladního materiálu.

Častou příčinou poruch je nejenom volba nesprávného tmelu, ale i nesprávné použití či nedostatečná příprava podkladu. V mnoha případech však vznikají poruchy i tehdy, kdy bylo provedeno vše řádně dle předepsaných postupů a správně aplikováno. Nejčastějšími poruchami v tomto případě jsou ztráty přilnavosti a soudržnosti k podkladu.

Disertační práce se bude zabývat hodnocením zkušebních metod spolu s praktickými aplikacemi, kdy bude vyhodnocena vhodnost použití tmelů s určitým podkladním materiálem a vlastnosti jednotlivých tmelů. Jelikož mezi nejzákladnější vlastnosti tmelů patří právě přilnavost a soudržnost k podkladnímu materiálu, ale normy a předpisy pouze předepisují jak zkoušku provést, ale nedefinují zkušební přístroj, bylo nutno tuto zařízení navrhnout a zkonstruovat.

2.1.Hlavní cíle práce

- Kritické zhodnocení zkušebních metod a návrh zlepšení

2.2.Dílčí cíle disertační práce

- Výběr vhodného souboru zkoušených materiálů (tmel, podkladní materiál)
- Zkoušení tmelů dle ČSN na dostatečně velkém souboru vzorků
- Využití nových zkušebních přípravků pro zkoušení přilnavosti tmelů
- Návrh alternativních metod zkoušení
- Vyhodnocení zkoušek přilnavosti a soudržnosti tmelů k podkladu
- Vyhodnocení vhodnosti zkoušených tmelů v kombinaci s podkladním materiálem
- Celkové zhodnocení problematiky zkoušení tmelů

3. METODY ZPRACOVÁNÍ

Metody zpracování jsou přímo závislé na zvolených cílech disertační práce.

Tvorba metodiky byla rozdělena do několika fází. Jednotlivé kroky metodického postupu jsou:

- literární rešerše:
 - současné požadavky na stavební tmely
 - české a evropské právní normy a předpisy
- průzkum českého trhu
- analýza:
 - návrh provádění zkoušek použitelnosti a soudržnosti tmelů a podkladního materiálu
 - provedení zkoušek tmelů
 - experimentální měření
- analýza výstupních hodnot:
 - stanovení optimálního postupu pro měření soudržnosti a přilnavosti tmelů k podkladu
 - vyhodnocení naměřených hodnot- tahové vlastnosti a poruchy přilnavosti a soudržnosti
 - implementace výsledků měření
 - stanovení optimálních kombinací tmel-podkladní materiál

Použité metody nepředstavují úplný výčet možností pro řešení dané problematiky, přesto jsou lehce aplikovatelné a pro třetí osobu snadno a rychle pochopitelné.

4. STAVEBNÍ TMELY

Tmely jsou tekuté až těstovité hmoty, kterými se vyplňují spáry, otvory, trhliny, prohloubeniny a nerovnosti povrchu, slouží také ke spojování materiálů, čímž plní funkci lepidel.

Veškeré tmely musí všeobecně splňovat následující požadavky

- Musí mít dobrou tekutost, aby jeho zpracování bylo snadné a vyplnění spár nebo dutin bylo dokonalé
- Musí mít dobrou přilnavost ke spojovaným povrchům, aby při probíhajících objemových změnách konstrukcí nedocházelo k oddělení tmelů od spojovaných dílců
- Při tuhnutí a tvrdnutí se tmel nesmí smršťovat
- Součinitel tepelné roztažnosti stmelěných spojů má co nejvíce odpovídat součiniteli tep. roztažnosti zatmelených částí
- Pevnost tmelů se nemá měnit ani se změnou teploty, vlhkosti, případně dalšími vlivy prostředí
- Tmely mají být pružné, aby se neporušovaly při změnách tloušťek spojených dílců
- Tmely nemají podléhat stárnutí
- Stmelené spoje mají být vodotěsné, případně plynotěsné, nebo chemicky odolné[15].

5. HISTORIE

Již v pravěku byly používány různé přírodní materiály, jako je bahno, pryskyřice, dehet, rákos, apod. k utěsnění děr v obydlí tak, aby zabránily pronikání vlhkosti.

Zasklívací tmely byly poprvé použity v 17. Století, sloužily k utěsnění okenního skla do rámu. Chemicky byly těsnící materiály vyráběny od 20. Století, jednalo se zejména o tmely ve formě akrylových, butylových a silikonových polymerů. Těsnící materiály na bázi syntetických polymerů se staly ve stavebnictví běžně užívané a dostupné v 60. letech 20. Století.

6. LITERATURA

Stavební tmel z hlediska svých vlastností je definován v ČSN EN ISO 6927 jako materiál, který je nanášen v předem nevytvarovaném stavu, a který je po vytvrzení, či vysušení prostřednictvím adhezivních a kohezivních vlastností schopen utěsnit spáru. Dle ČSN EN ISO 11600 se tmely dělí na dva základní typy- zasklívací a stavební tmely. Tato norma také obsahuje soupis požadavků a odkazy na další normované zkušební postupy, které vedou k získání výsledků, dle nichž je tmel zařazen do jedné z uvedených skupin [5].

V roce 1999 byl vydán článek „ Spárovací tmel pro obklady stěn“, jehož autorem byl M.Y.L. Chew z Národní univerzity v Singapuru. V daném článku byl studován vliv změn počasí na degradaci těsnících spojů. Autor zde uvádí, že „ příčina selhání fasádního tmele závisí na druhu použitého tmele a kvalitě aplikace. Těsnící materiál může selhat z důvodu nesprávného vytvrzení, stárnutí a působením klimatických vlivů.“ [1]. V roce 1999 byl publikován jeho článek o nedestruktivních zkouškách silikonových tmelů. M.Y.L. Chew se pokusil provést a shrnout komplexní přehled literatury a cílem porovnat vlastní měření a výsledky jiných autorů, bohužel podobné práce na dané téma nebyly nalezeny. Výsledky jeho pokusů odhalily, že stárnutí tmeleného spoje se obvykle projevuje na povrchové části vzorku, ne uvnitř. [2]. Ve stejném roce publikoval článek s výsledky testů, které se týkaly podmínek stárnutí polyuretanových tmelů. V roce 2001 se M.Y.L. Chew zaměřil na přilnavost a soudržnost polyuretanových těsnících materiálů [3], které byly vystaveny dlouhodobému působení kombinace vody a tepla. Jeho výzkum ukázal, že odolnost polyuretanových těsnících materiálů proti horké vodě je ovlivněna zejména chemickým složením.

Přestože je používání stavebních tmelů široce rozšířené, neexistuje v celosvětové databázi žádná literatura zabývající se komplexně tématem vhodnosti aplikace tmelů na různé stavební materiály. Nebyly provedeny žádné nezávislé průzkumy, které by danou problematiku celkově obsáhly. V postatě jediné články ve světových databázích, zabývající se danou problematikou v širším měřítku, jsou články autorského kolektivu VUT FAST. Domnívám se tedy, že veškeré informace, které se dostávají ke spotřebiteli, pochází od výrobce. Což může být často zavádějící, jelikož výsledky dokazují, že vhodné aplikace stavebních tmelů, které udává výrobce, nejsou vždy vyhovující a často uvedené možné kombinace stavebních tmelů a podkladního materiálu nevyhoví ani základním zkouškám.

7. DĚLENÍ TMELŮ

Tmely se dělí do skupin podle různých hledisek například dle způsobu použití (na zpracovatelné za tepla a za studena), dle počtu smíchávaných komponent (jednosložkové a dvousložkové), dle rychlosti tvrdnutí (rychle a pomalu tuhnoucí), dle chemického složení, atd.

7.2.Obecné dělení

Tmely se obecně dělí na hmoty plastické a elastické, jejichž rozdílem je jejich chování po deformaci. Elastické hmoty se po stlačení či natažení vracejí ke svému původnímu tvaru, plastické hmoty ne, což při opakované deformaci vede k porušení jejich celistvosti.

Plastické materiály se proto užívají pouze ve spojích, které jsou relativně v klidovém stavu, oproti tomu pro spoje, kde dochází k pohybům ve větší míře, se užívají tmely elastické.

7.3. Dělení dle ČSN EN ISO 11 600

Dle normy ČSN EN ISO 11 600 se tmely dělí do dvou typů. Jedná se tmely zasklívací pro zasklívání spár- typ G, a stavební tmely pro použití ve spárách budov a jinde, než při zasklívání- typ F. Konstrukční tmely typu F se dále dělí do tříd 25; 20; 12,5; 7,5. Označení tříd značí schopnost pohybu ve spáře. Například tmel třídy 20 je schopen dilatace v rozmezí $\pm 20\%$. [5].

7.4. Dělení dle chemického složení

Z hlediska chemického složení se tmely dělí na

- akrylátové
- silikonové
- polyuretanové
- tmely na bázi MS-polymerů
- butylkaučukové

7.4.1. Akrylátové tmely

Akrylátové disperzní tmely patří v oblasti stavebnictví mezi jedny z nejpoužívanějších, mají široké uplatnění při opravách a renovacích. Jedná se o tmely určené ke spárování, těsnění a lepení, a to jak v interiéru, tak v exteriéru. Jedná se o disperzní pastovité hmoty na bázi akrylátové disperze, které po vytlačení z obalu a po odpaření vody přecházejí na plastický tmel. Odpaření probíhá od povrchu do hmoty a je závislé na teplotě a relativní vlhkosti vzduchu.

Akrylátové disperzní tmely jsou vzhledem k obsahu vody citlivější než ostatní typy pružných tmelů. Aby jejich vlastnosti byly plně využity, je bezpodmínečně nutné dodržet zásady při jejich zpracování. Teplota při zpracování tmelu se musí pohybovat v rozmezí $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$. To platí i pro povrchovou teplotu tmeleného objektu.

Dilatační spáry nesmí mít pro tento typ tmelu vyšší pohyb než $\pm 12,5\%$. Šířka spár by se měla pohybovat v rozmezí 20 - 40 mm. Optimální hloubka spáry pro tmelení je cca jedna třetina její šířky.

7.4.2. Silikonové tmely

Silikony nebo též polysiloxany jsou polymerní látky, jejichž základní skelet tvoří vazby mezi atomy křemíku a kyslíku. Na atom křemíku pak mohou být vázány různé typy organických substituentů, jakými jsou například metyl, vinyl či fenyl skupiny. Právě díky obsahu křemíku se jedná o materiály, mezi jejichž základní vlastnosti patří:

- odolnost vůči nízkým i vysokým teplotám, malá změna vlastností v závislosti na teplotě;
- hydrofobní účinky;
- odolnost vůči UV záření, oxidaci vzdušným kyslíkem, ozonu, tj. vysoká odolnost vůči povětrnosti;
- k ostatním materiálům jsou netečné, nekorozivní a biologicky inertní;

- dobré elektroizolační vlastnosti (vysoká elektrická pevnost v širokém frekvenčním rozsahu).

Další důležitou vlastností je dobrá přilnavost jak na hladké materiály, ke kterým patří například sklo, tak i na porézní povrchy - zdivo a omítky. Vyznačují se tepelnou odolností v širokém rozsahu teplot od -50 °C až do +305 °C. Některé typy odolávají kyselinám, louchům, slabým rozpouštědlům. Nejsou přetíratelné, proto se vyrábějí v řadě barevných odstínů.

7.4.3. Polyuretanové tmely

Polyuretanové tmely patří k nejkvalitnějším těsnícím materiálům. Vykazují velmi dobrou adhezi (přilnavost) a mechanickou odolnost. Z důvodu nutnosti správné volby polyuretanového tmelu se tmely vyrábí v širokém tvrdostním rozmezí.

7.4.4. Tmely na bázi MS-polymerů

Možnosti použití MS-polymerů jsou dány jejich zřetelnou chemickou strukturou a mechanismem vytvrzení. Mají vynikající přilnavost k nejrůznějším podkladům i bez užití penetrace, z hlediska technologického jsou jejich vlastnosti velmi stabilní. Jsou lehce zpracovatelné, odolné vůči UV záření. Vykazují velmi nízkou citlivost na klimatické změny.

MS-polymery se dělí na jednosložkové- vytvrzované vzdušnou vlhkostí, a dvousložkové- vytvrzované katalyzátorem.

7.4.5. Butylkaučukové tmely

Butylkaučuk je plastický materiál s vysokou lepivostí. Jedná se o jednosložkový materiál, který se pod napětím trvale deformuje a nepřenáší napětí. Díky své vynikající nepropustnosti vodní parou a plyny je určen pouze k těsnění.

8. ZKOUŠENÍ TMELŮ

8.1. Zkoušení dle technických norem

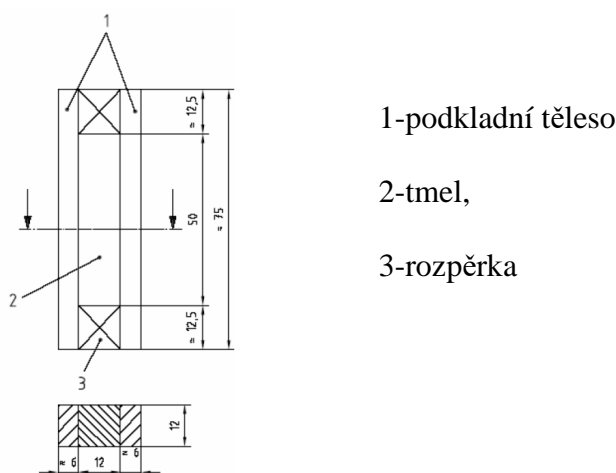
Zkoušky tmelů, požadavky na ně, způsoby jejich provedení a vyhodnocení jsou uvedeny v ČSN. Základními zkouškami tmelů jsou zkoušky, které měří jejich odolnost vůči tahovému a smykovému napětí a zkoušky přilnavosti tmelů. Tyto zkoušky se provádí za různých podmínek, v různých prostředích.

Jedná se především o

- Stanovení tahových vlastností (ČSN EN ISO 8339)
- Stanovení tahových vlastností při udržovaném protažení (ČSN EN ISO 8340)
- Stanovení tahových vlastností při udržovaném protažení (ČSN EN ISO 8340)
- Stanovení tahových vlastností (protahování při přetržení) (ČSN EN ISO 8339)
- Stanovení přilnavosti a soudržnosti
 - při stálé teplotě (ČSN EN ISO 9046)
 - při proměnlivé teplotě (ČSN EN ISO 9047)

- při udržovaném protažení po ponoření ve vodě (ČSN EN ISO 10590)
- po ponoření ve vodě (ČSN EN ISO 10591)
- po vystavení účinkům tepla, vody a umělého světla přes sklo (ČSN EN ISO 11431)
- Stanovení elastického zotavení tmelů (ČSN EN ISO 7389)
- Stanovení stékvavosti tmelů (ČSN EN ISO 7390)
- Stanovení změn hmotnosti a objemu (ČSN EN ISO 10563)
- Stanovení odolnosti proti stlačení (ČSN EN ISO 11432)

ČSN definují zkušební postupy a zkušební vzorek, neřeší však zkušební zařízení. Zkušební vzorek předepsaný v ČSN je uveden na obr. 2, je shodný pro všechny zkušební postupy. Zkušební podklady mohou mít v souladu s ČSN i jiné rozměry než dle obr. 2, musí však být zachovány rozměry profilu tmelu a plocha přilnavosti.



Obrázek 1 Požadované rozměry zkušebního vzorku s podkladními tělesy dle ČSN

8.2. Předepsaný postup provádění zkoušek

8.2.1. Tahová zkouška při teplotě (23 ± 2) °C, Tahová zkouška při teplotě (-22 ± 2) °C

Výchozí zkušební postup vychází z evropské normy EN ISO 8339: 2005.

Podstatou zkoušky je protahování tmelu až do porušení, přičemž se zaznamenává pevnost v tahu do grafu závislosti protažení na působící síle. Zkouška probíhá ve dvou variantách při teplotě 23 ± 2 °C a -20 ± 2 °C. Výsledkem je výše uvedený diagram a sekantový modul pro zvolené protažení, popř. protažení při přetržení, který se vypočte dle vzorce (1) [6].

$$\sigma = \frac{F}{s} \quad (1)$$

σ = sekantový modul pro zvolené protažení [N/mm²]

F = síla při vybraném protažení [N]

s = počáteční průřezová plocha zkušebního tělesa [mm²].

8.2.2. Tahová zkouška při udržovaném protažení 24 hodin

Zkušební postup vychází z evropské normy EN ISO 8340: 2005. Podstatou zkoušky je protahování zkoušeného tmelu na předem stanovenou délku a toto protažení je udržováno za stanovených podmínek. V průběhu zkoušky se zaznamenávají veškeré vzniklé poruchy přilnavosti nebo soudržnosti [7].

Při teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$: vzorky se vloží do zkušebního stroje (obr. 4) a protahují se při teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ rychlostí $(5,5\pm 0,7)$ mm/minutu o 25%, 60% nebo 100% hodnoty původní délky, popř. jiné (jsou možné i jiné hodnoty). Toto protažení se udržuje při teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ po dobu 24 hodin v upínacích čelistech. Zjišťují se poruchy přilnavosti a soudržnosti, které se měří vhodným měřicím zařízením s přesností čtení 0,5 mm.

Při teplotě $(-22\pm 2)^{\circ}\text{C}$: před zkouškou jsou tělesa uložena v teplotě $(-22\pm 2)^{\circ}\text{C}$. Poté se zkušební tělesa umístí do zkušebního stroje (obr. 4) a protahují se při teplotě $(-22\pm 2)^{\circ}\text{C}$ rychlostí $(5,5\pm 0,7)$ mm/minutu o 25%, 60% nebo 100% hodnoty původní délky, popř. jiné (jsou možné i jiné hodnoty). Toto protažení se udržuje při teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ po dobu 24 hodin v upínacích čelistech. Zjišťují se poruchy přilnavosti a soudržnosti, které se měří vhodným měřicím zařízením s přesností čtení 0,5 mm. Měření se provádí až po vyjmutí zkušebních těles z chladicí komory a jejich rozmrznutí.

8.2.3. Stanovení soudržnosti a přilnavosti při proměnlivé teplotě

Zkušební postup vychází z evropské normy EN ISO 9047: 2003. Podstatou zkoušky je pomalu se měnící cyklické namáhání stlačováním a protahováním ve volitelném intervalu amplitudy 12,5 %, 20% nebo 25%. V průběhu zkoušky se střídá udržované protažení se stlačením a současně se skokově mění teplota v hodnotách $-20\pm 2^{\circ}\text{C}$ a $70\pm 2^{\circ}\text{C}$ po dobu 2 týdnů [9].

Zkušební vzorky jsou nejprve uloženy

- při teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ a rel. vlhkosti $(50\pm 5)\%$ po dobu 28 dnů.
- uložení ve třech 7-denních cyklech střídavého uložení v sušárně (3 dny v sušárně při teplotě $(70\pm 2)^{\circ}\text{C}$, 1 den v destilované vodě o teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$, 2 dny v sušárně při teplotě $(70\pm 2)^{\circ}\text{C}$, 1 den v destilované vodě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$)

Vzorek bude namáhán po předepsaném předuložení protahováním a stlačováním o rychlosti $(5,5\pm 0,7)$ mm/min a amplituda je dle požadavků $\pm 12,5\%$, $\pm 20,0\%$, $\pm 25\%$ nebo jakákoliv jiná za souhlasu zúčastněných stran.

Zkušební vzorek bude namáhán následujícím cyklem střídavého protahování a stlačování

První týden

1. den: Vzorky budou uloženy v chladicí komoře při teplotě $(-20\pm 2)^{\circ}\text{C}$. Po třech hodinách budou vzorky protaženy ve zkušebním stroji při požadované amplitudě. Protažení bude udržováno 21 hodin.

2. den: Protažení se uvolní a vzorek bude umístěn do sušárny při teplotě $(70\pm 2)^{\circ}\text{C}$. Po třech hodinách bude vzorek ve zkušební stroji stlačen na dobu 21 hodin při teplotě $(70\pm 2)^{\circ}\text{C}$.

3. den: Stlačení bude uvolněno a bude opakován postup ze dne prvního.

4. den: Uvolnění protažení a opakování postupu ze druhého dne

5-7. den: Uvolnění stlačení a uložení při teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti $(50\pm 5)\%$ bez použití mechanické síly.

Druhý týden

Bude opakován postup týdne prvního.

8.2.4. Stanovení přilnavosti a soudržnosti při udržovaném protažení při ponoření ve vodě

Zkušební postup vychází z ČSN EN ISO 10590 Stavební konstrukce – Těsnicí hmoty – Tmely - Stanovení přilnavosti a soudržnosti při udržovaném protažení po ponoření ve vodě. Podstatou zkoušky je namáhání zkušební vzorku cykly střídavého protahování a stlačování po ponoření vzorku do vody [10].

Po předepsaném předuložení se zkušební vzorek ponoří na 5 dnů do nádoby s vodou při teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$. Po vyjmutí se vzorky uloží na vzduchu na 24 hodin při teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti $(50\pm 5)\%$. Poté se zkušební vzorek umístí do zkušebního zařízení (obr. 4), kde bude protahován rychlostí $(5,5\pm 0,7)\text{mm/minutu}$ o 60% nebo 100% (nebo jakékoliv jiné za souhlasu všech stran) jejich původní šířky. Toto protažení bude udržováno po dobu 24 hodin.

Měřícím zařízením s přesností četní 0,5 se změří délka a umístění jakékoliv poruchy přilnavosti a soudržnosti.

8.2.5. Cyklické napínání a stlačování dle ČSN EN ISO 9046

Zkušební postup vychází z evropské normy EN ISO 9046: 2002. Podstatou zkoušky je 100 cyklů plynule se měnícího střídavého protahování a stlačování ve volitelném interval amplitudy 7,5% nebo 12,5 % při konstantní teplotě $23\pm 2^{\circ}\text{C}$. Výsledkem jsou záznamy poruch přilnavosti nebo soudržnosti.

8.2.6. Tahová zkouška po ponoření ve vodě

Podobný přístup obsahuje EN ISO 10591, kdy se opět zaznamenává diagram závislosti protažení na působící síle, avšak zkušební vzorky jsou před provedením tahové zkoušky ponořeny po dobu 4 dnů ve vodě. Výsledkem je hodnota protažení počítaná dle vzorce (2) [11].

$$\text{Protažení } [\%] = [(\text{konečná délka} - \text{počáteční délka}) / \text{počáteční délka}] \times 100 \quad (2)$$

Po předepsaném předuložení se zkušební vzorek ponoří na 4 dnů do nádoby s vodou při teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$. Po vyjmutí se vzorky uloží na vzduchu na 24 hodin při teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ a rel. vlhkosti $(50\pm 5)\%$. Poté se zkušební vzorek umístí do zkušebního zařízení, kde bude protahován rychlostí $(5,5\pm 0,7)\text{mm/minutu}$ do porušení. Zaznamenává se diagram závislosti protažení na působící síle.

8.2.7. Odolnost proti stlačení

Zkouška probíhá dle EN ISO 11432. Podstatou zkoušky je namáhání zkušební vzorku stlačením na stanovenou procentuální hodnotu počáteční délky a zaznamenání údajů o použité síle [12].

Zkouší se při teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti $(50\pm 5)\%$. Zkušební vzorek se umístí do zkušebního stroje, kde bude stlačován rychlostí $(5,5\pm 0,7)\text{mm/minutu}$ na hodnotu 75% nebo 80% počáteční délky, popř. jiné a zaznamenává se při tom použitá síla.

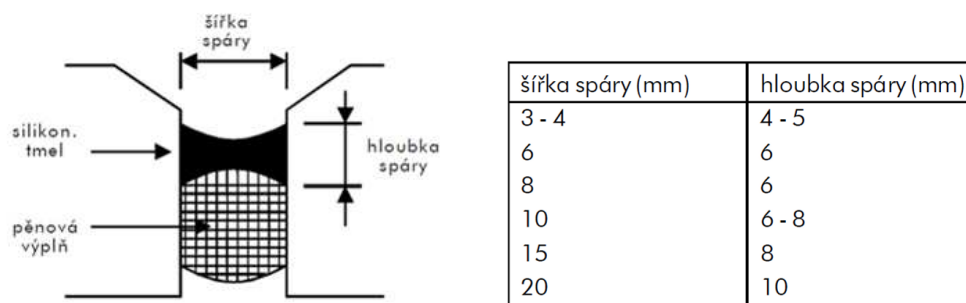
8.2.8. Odolnost proti UV záření

V současné době neexistuje ČSN, která by definovala zkušební postup pro stanovení odolnosti tmelů proti UV záření. Přesto je s ohledem na předpokládanou aplikaci v exteriéru na fasádách nezbytné ověřit odolnost zvolených typů tmelů proti dlouhodobě působícímu UV záření.

8.3. Navržené alternativní postupy zkoušení

Zkušební tělesa používaná v aktuálních ČSN totiž neodpovídají skutečným aplikacím. Z toho důvodu byly vyvinuty zkušební přípravky pro možnost ověření tmeleného spoje za různých podmínek působení prostředí při normálovém i smykovém napínání tmeleného spoje.

Při vývoji byl kladen důraz na univerzálnost použití ve smyslu různých tlouštěk zkoušených podkladním materiálů. Zkušební přípravky umožňují použití podkladních těles až do příčného rozměru 40 x 40 mm a délky až 160 mm.



Obrázek 2 Doporučené řešení a rozměry reálné tmelené spáry

8.3.1. Přílnavost a soudržnost tmelů na reálné spáře

Podstatou zkoušek je namáhání zkušební vzorku protahováním až do porušení.

Zkouší se pro teplotu $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ a $(-22\pm 2)^{\circ}\text{C}$.

Zkušební vzorky jsou ukládány následovně: nejprve 28 dnů při teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti $(50\pm 5)\%$, potom 3 cykly:

3 dny v sušárně při teplotě $(70\pm 2)^{\circ}\text{C}$

1 den v destilované vodě o teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$

2 dny v sušárně při teplotě $(70\pm 2)^{\circ}\text{C}$

1 den v destilované vodě o teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$

Před zkoušením se musí zkušební tělesa skladovat 24 hodin při teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti $(50\pm 5)\%$.

Vlastní postup

Při teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$: zkušební vzorky se umístí do zkušebních přípravků a protahují se při teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ rychlostí $(5,5\pm 0,7)$ mm/minutu dokud nedojde k porušení. Zaznamenává se výsledná hodnota protažení při porušení.

Při teplotě $(-22\pm 2)^{\circ}\text{C}$: před zkouškou jsou zkušební vzorky uloženy nejméně 4 hodiny při teplotě $(-22\pm 2)^{\circ}\text{C}$. Zkušební tělesa se umístí do zkušebních přípravků a protahují se při teplotě $(-22\pm 2)^{\circ}\text{C}$ rychlostí $(5,5\pm 0,7)$ mm/minutu dokud nedojde k porušení. Zaznamenává se výsledná hodnota protažení při porušení [15].

8.3.2. Přílnavost a soudržnost tmelů na reálné spáře po protažení

Podstatou zkoušek je namáhání zkušební vzorku protahováním až do porušení po předchozím protažení.

Zkušební vzorky jsou ukládány 28 dnů při teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti $(50\pm 5)\%$.

Vlastní postup

Při teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$: vzorky se vloží do zkušebních přípravků a protahují se při teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ rychlostí $(5,5\pm 0,7)$ mm/minutu o 100% hodnoty původní délky. Toto protažení se udržuje při teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ po dobu 24 hodin. Zjišťují se poruchy přílnavosti a soudržnosti, které se měří vhodným měřicím zařízením s přesností čtení 0,5 mm. Poté se ihned protahuje až do porušení a zaznamenává se výsledná hodnota protažení při porušení.

Při teplotě $(-22\pm 2)^{\circ}\text{C}$: před zkouškou jsou tělesa uložena v teplotě $(-22\pm 2)^{\circ}\text{C}$. Poté se zkušební tělesa umístí do zkušebních přípravků a protahují se při teplotě $(-22\pm 2)^{\circ}\text{C}$ rychlostí $(5,5\pm 0,7)$ mm/minutu o 100% hodnoty původní délky, popř. jiné (jsou možné i

jiné hodnoty). Toto protažení se udržuje při teplotě (-22 ± 2) °C po dobu 24 hodin. Zjišťují se poruchy přilnavosti a soudržnosti, které se měří vhodným měřicím zařízením s přesností čtení 0,5 mm. Poté se ihned protahuje až do porušení a zaznamenává se výsledná hodnota protažení při porušení. Měření se provádí až po vyjmutí zkušebních těles z chladicí komory a jejich rozmrznutí [15].

8.3.3. Přilnavost a soudržnost tmelů na reálné spáře při proměnlivé teplotě

Podstatou zkoušky je namáhání vzorku cykly střídavého protahování a uvolnění za měnící se teploty a zaznamenají se poruchy přilnavosti a soudržnosti.

Zkušební vzorky jsou ukládány 28 dnů při teplotě (23 ± 2) °C a relativní vlhkosti (50 ± 5) %.

Vlastní postup

Zkušební tělesa se po předepsaném předuložení po dobu 28 dnů při teplotě (23 ± 2) °C a relativní vlhkosti (50 ± 5) % vloží do zkušebních přípravků a protáhnou se při teplotě (23 ± 2) °C rychlostí $(5,5\pm 0,7)$ mm/minutu o 100% hodnoty původní délky. Toto protažení se udržuje při teplotě (23 ± 2) °C po dobu 24 hodin. Po uplynutí této doby se napětí uvolní a vzorek ponechá odstát 24 h při teplotě (23 ± 2) °C. Poté se vzorek opět protáhne o 100% původní délky a vloží na 24 h do mrazicí komory při teplotě (-22 ± 2) °C. Po 24 h se vzorek vytáhne z mrazicí komory a ponechá pod napětím 24 h při teplotě (23 ± 2) °C. Další den se napětí uvolní a vzorek ponechá v klidu dalších 72 h. Tento postup trvajícím jeden týden se bude opakovat 3x. Přitom se průběžně sledují poruchy přilnavosti a soudržnosti, které se měří vhodným měřicím zařízením s přesností čtení 0,5 mm. Po uplynutí 3 cyklů se vzorek ihned protahuje až do porušení a zaznamenává se výsledná hodnota protažení při porušení [15].

8.3.4. Přilnavost a soudržnost tmelů na reálné spáře při udržovaném protažení po ponoření ve vodě

Podstatou zkoušky je namáhání zkušebního vzorku cykly střídavého protahování a stlačování po ponoření vzorku do vody.

Zkušební vzorky jsou ukládány následovně: nejprve 28 dnů při teplotě (23 ± 2) °C a relativní vlhkosti (50 ± 5) %, potom 3 cykly:

- 3 dny v sušárně při teplotě (70 ± 2) °C
- 1 den v destilované vodě o teplotě (23 ± 2) °C
- 2 dny v sušárně při teplotě (70 ± 2) °C
- 1 den v destilované vodě o teplotě (23 ± 2) °C

Před zkoušením se musí zkušební tělesa skladovat dalších 24 hodin při teplotě (23 ± 2) °C a relativní vlhkosti (50 ± 5) %.

Zkušební postup

Po předuložení dle výše uvedených zásad se zkušební vzorek ponoří na 5 dnů do nádoby s vodou při teplotě (23 ± 2) °C. Po vyjmutí se vzorky uloží na vzduchu na 24 hodin

při teplotě (23±2) °C a relativní vlhkosti (50±5)%. Poté se zkušební vzorek umístí do zkušebních přípravků, kde bude protahován rychlostí (5,5±0,7)mm/minutu o 100% jejich původní šířky. Toto protažení bude udržováno po dobu 24 hodin.

Měřícím zařízením s přesností čtení 0,5 se změří délka a umístění jakékoliv poruchy přilnavosti a soudržnosti. Poté se ihned protahuje až do porušení a zaznamenává se výsledná hodnota protažení při porušení.

9. POUŽITÉ TMELY

Pro experimentální část byly zvoleny 4 skupiny těsnících, vysocepevnostních tmelů tak, aby byly zastoupeny všechny cenové úrovně.

Tmel	Výrobce		
	Soudal	Lučební závody	SILCO
Silikonový acetátový	Univerzální silikon (SO-U)	Lukopren UNI A (LU-U)	Univerzální silikon (SL-U)
Silikonový neutrální	SILRUB N (SO-N)	Lukopren UNI N (LU-N)	Neutrální silikon (SL-N)
Polyuretanový	Konstrukční tmel 25D (SO-PU)	-	Polyuretanový tmel PU 40 (SL-PU)
MS polymery	SOUDASEAL 215LM (SO-MS)	-	Polymer MS 60 (SL-MS)

Tabulka 1 Seznam použitých tmelů jednotlivých výrobců a jejich označení v dalším textu

10. POUŽITÉ PODKLADNÍ MATERIÁLY

Nejdůležitější hodnocenou veličinou tohoto výzkumu je přilnavost tmelů k podkladnímu materiálu. Nejenom k materiálům hladkým jako je například ocel, ale i k materiálům s porézním povrchem- zdivo a omítky. Z toho důvodu byly zvoleny dvě skupiny obkladových materiálů- neporézní a porézní.

Typ materiálu	Obchodní název
NEPORÉZNÍ MATERIÁLY	
Hliníkové kompozitní desky	Alubond 4,0 mm
Kompaktní desky- HPL	Trespa Meteor tl. 6,0 mm Antracit 25.8.1. o rozměru 3050 * 1530 mm
COR-TEN	Corten A, EN 10204/3,1- 2,0 mm- 3000*1200 mm
PORÉZNÍ MATERIÁLY	
Cemento-vláknové desky	Cembonit FDA 8 mm- 2500*1200 mm
Keramické fasádní desky	Keraion, 12,0 mm- 860*295- 10 ks
Sklo-cementové desky	Sklocement plus SVB- 12,0 mm- 2500*1200mm
Umělý kámen	Technistone Exterior Terracotta 12,0 mm- 3040*1400 mm

Tepelně upravené dřevo	Thermowood- UTV 19*140- délka 4500 mm- kks
------------------------	--------------------------------------------

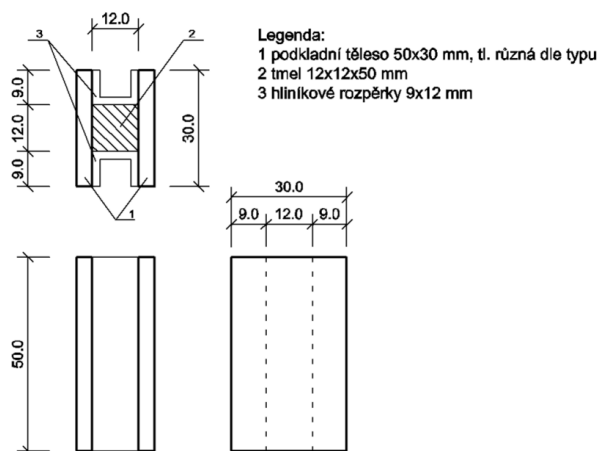
Tabulka 2 Seznam použitých podkladních materiálů

11. VÝROBA VZORKŮ

ČSN definuje rozměry a tvar zkušební vzorku, umožňuje měnit rozměry podkladních těles, je však potřeba zachovat předepsané rozměry profilu tmele a plochu přilnavosti. Díky tomu bylo možné navrhnout geometrii zkušební tělesa, kdy vzorek je celkově mnohem odolnější proti zlomení podkladních desek při namáhání během zkoušek. V rámci výzkumu bylo provedeno 1980 experimentů a zkušební těleso se osvědčilo – ke zlomení podkladních desek nedošlo ani jednou.

Z důvodu dobré manipulace při provádění dílčích zkoušek a z důvodu potřeby jednoduchého uchycení vzorků do zkušebních zařízení bylo zvoleno zkušební těleso sestavené ze dvou destiček o rozměrech 30x50 mm slepených tmelem o příčném profilu 12x12 mm v délce 50 mm, jak znázorňuje obr. 9. Na každý podkladní materiál a použitý tmel jsou potřeba 3 vzorky. Jejich tvar a výroba je v souladu s nornou.

Pro výrobu zvolené konstrukce vzorku je nutné použití bednicích prvků o rozměrech 12 x 12 x 50 mm. Tyto bednicí prvky slouží pro možnost vytvarování tmele mezi dvěma podkladními tělesy. Z důvodu vyjmutí těchto bednicích prvků je potřeba zajistit jejich možné odbednění. Prvky tedy byly ošetřeny odbedňovacím přípravkem přímo k tomu určeným. Bednicí rozpěrky byly opatřeny odbedňovacím nátěrem Lukopren SEPARÁTOR. Povrchy zkušebních těles byly dle druhu ošetřeny příslušným penetračním nátěrem- Lukoprenem PRIMER B733, PRIMER N či PRIMER A.



Obrázek 3 Zkušební vzorek

Před aplikací tmele je potřeba zlepšit přilnavost povrchu podkladních těles např. odmaštěním, penetrací či jejich kombinací v závislosti na použitém typu materiálu. Plnění vzorků se provádí ruční vytlačovací pistolí na kartuše či monoporce z čelní strany. Tmel byl do spáry vtlačován pouze z jedné strany, z toho důvodu, aby při vtlačování tmele z obou stran nevznikala uprostřed pracovní spára. Bylo dbáno na to, aby byl prostor zcela vyplněn tmelem.

Pro zajištění identifikace během dalších úkonů je potřeba přesně označit jednotlivé vzorky. Takto vyrobené vzorky musí být následně 28 dní uloženy v prostředí o teplotě vzduchu (23 ± 2) °C s relativní vlhkostí (50 ± 5) %.



Obrázek 4 Příprava zkušebního vzorku

Po 28 dnech byly vzorky odbedněny. Tělesa však byla nepoužitelná pro další výzkumy, neboť nedošlo k dostatečnému proschnutí tmelu, při odbedňování došlo k poškození tmelu apod., při opětovném zaklopení a "doschnutí" dochází ke vzniku spáry a vzorek je pro další účely znehodnocený. U vzorků kde byl použit polyuretanový tmel, MS polymer a silikonový acetátový tmel došlo k „absolutnímu“ přilnutí k ocelovým rozpěrkám přesto, že byly opatřeny odbedňovacím přípravkem, rozpěrky bylo možno odstranit pouze hrubou silou, čímž docházelo k poškození tmelu.

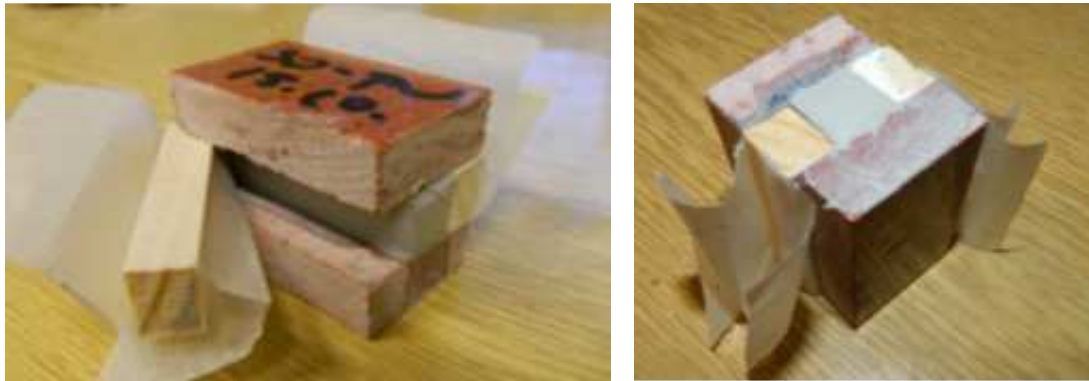
V další fázi byly zhotovovány vzorky, kdy byly mezi tmel a rozpěrky vkládány prodyšné materiály, které udrží tvar tmelu, ale zároveň umožňují přístup vzduchu. Bylo potřeba, aby k těmto materiálům tmel nepřilnul, proto bylo dílčími pokusy stanoveno, že pro polyuretanové a silikonové neutrální tmely je používán pečící papír, který je vložen mezi tmel a rozpěrku, a pro MS polymery mikrotenová fólie. Tyto pomocné materiály mají minimální tloušťku, která neovlivní tvar tmelu, ale zároveň zajistí, že po odstranění rozpěrek (cca po 48 hodinách) udrží tvar tmelu, ale umožní průniku vzduchu k povrchu tmelu a urychlí schnutí.



Obrázek 5 Tmel je ve středu stále "živý", při odbedňování došlo k roztržení tmelu

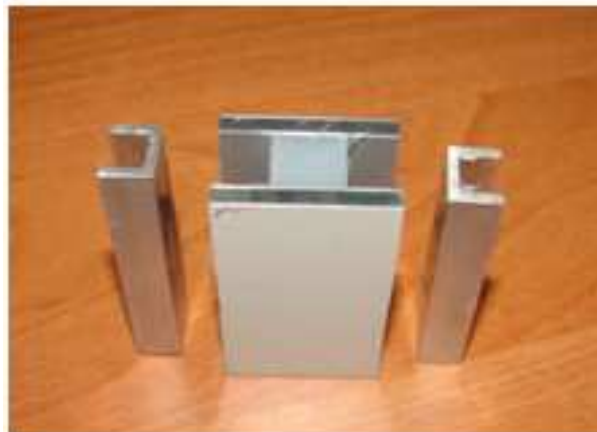
Přesto, že výrobci vybraných tmelů garantují rychlost schnutí tmelů cca 1-1,5 mm/den při přístupu vzduchu, tmely touto rychlostí neschnou. Problém vznikl tím, že je velmi omezený přístup vzduchu k povrchu tmelu, jelikož původně navržené rozpěrky z ocelových profilů jsou neprodyšné a schnutí tmelů se tím zpomaluje. Také bylo

zjištěno, že některé tmely (zejména MS polymery a polyuretanové tmely) přilnou k rozpěrkám, přestože jsou opatřeny odbedňovacím nátěrem, proto bylo potřeba ocelové rozpěrky nahradit alternativní náhradou, kterou byly po dílčících pokusech zvoleny rozpěrky dřevěné.



Obrázek 6 Zkušební vzorky s vrstvou z pečícího papíru

Takto připravený vzorek je díky možnosti pevného uchycení po celé délce tmelené oblasti mnohem odolnější proti zlomení, což se příznivě projevilo při provádění zkoušek. Výroba vzorků vyžaduje jistou zručnost, nejpodstatnější je použití vhodných separačních prostředků s ohledem na nutnost odstranění dočasných rozpěrek, které pouze zajišťují správnou geometrii tmelu.

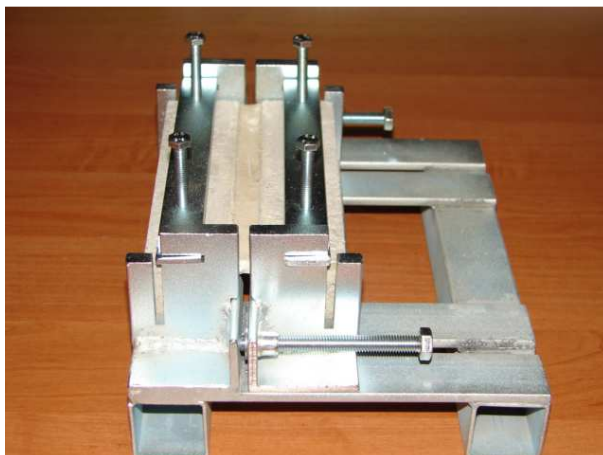


Obrázek 7 Zkušební vzorek po odbednění, připravený k použití

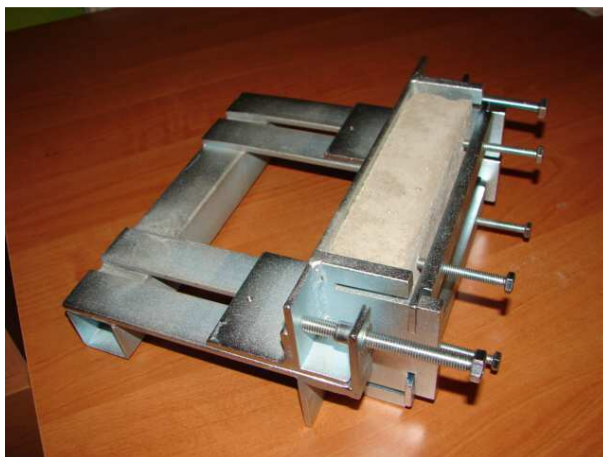
12. VÝROBA ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ PŘILNAVOSTI TMELŮ- ALTERNATIVNÍ METODY

V současné je popsáno pouze způsob provádění zkoušek přilnavosti a soudržnosti s podkladním materiálem, neexistuje však normové zkušební zřízení, na kterých by měly být zkoušky prováděny.

Byly vyvinuty zkušební přípravky pro možnost ověření tmeleného spoje za různých podmínek působení prostředí při normálovém i smykovém napínání tmeleného spoje. Při vývoji byl kladen důraz na univerzálnost použití ve smyslu různých tloušťek zkoušených podkladních materiálů. Na obr. 1 a 2 zobrazené zkušební přípravky umožňují použití podkladních těles až do příčného rozměru 40 x 40 mm a délky až 160 mm.



Obrázek 8 Zkušební přípravek pro normálové namáhání tmelené spáry se zkušebním tělesem



Obrázek 9 Zkušební přípravek pro smykové namáhání tmelené spáry se zkušebním tělesem

13. PROVÁDĚNÍ ZKOUŠEK

13.1. Příprava vzorků

Před samotným zkoušením je nezbytné, aby vzorky prošly třemi cykly sušení a namáčení. Sušení je prováděno v elektrické sušičce o teplotě $(70\pm 2)^{\circ}\text{C}$. Toto zařízení je nezbytné umístit do dobře větratelné místnosti z důvodu nadměrného zápachu, které vzniká při sušení. Následně se vzorky vloží do vodní lázně s destilovanou vodou o teplotě $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$. Intervaly jednotlivých cyklů jsou uvedeny v následující tabulce (tabulka 16).

Počet dní	Cyklus	Teplota [$^{\circ}\text{C}$]
3	Sušení	70 ± 2
1	Máčení	23 ± 2
2	Sušení	70 ± 2
1	Máčení	23 ± 2

Tabulka 3 Intervaly cyklů sušení a namáčení

Po skončení všech tří cyklů se nechají vzorky 24 hodin „odstát“ při teplotě vzduchu $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ s relativní vlhkostí $(50\pm 5)\%$.

14. ZHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH VÝSLEDKŮ

14.1. Tahová zkouška při teplotě (23±2) °C

U materiálu **HPL** byla zaznamenána nejvyšší průměrná naměřená pevnost pro tmel s ozn. SL-MS- 983,400 N, nejmenší naměřená průměrná hodnota pevnosti pro tmel SL-U- 163,800 N. U tmelu s označením SL-U zároveň s tímto podkladním materiálem byla zároveň naměřena i nejmenší průměrná hodnota prodloužení-14,45 mm, tzn. i nejmenší hodnota tažnosti- 120,28 %. Nejvyšší průměrná hodnota prodloužení byla naměřena u tmelu s označením LU-N a to 42,548 mm což odpovídá hodnotě tažnosti 353,667 %.

Pro materiál **CORTEN** byla nejvyšší průměrná hodnota dosažené maximální pevnosti dosažena u tmelu s označením SL-MS a to 937,667 N, ale nejvyšší hodnota průměrného prodloužení byla u tmelu s označením SO-PU- 35,385 mm. Naopak nejnižší hodnotu průměrné dosažení maximální pevnosti dosáhl tmel s označením LU-N a to 189,8 N, nemenší naměřená průměrná hodnota protažení u tmelu SL-PU- 10,919 mm (tažnost 90,845%)

Nejvyšší naměřené průměrné hodnoty pevnosti u materiálu **CEMBONIT** byly pro tmel s označením SL-N- 419,733 N, nejmenší hodnoty pro tmel s označením LU-U – 127,567 N. Z hlediska průměrné hodnoty prodloužení při nejvyšší pevnosti lze nejlépe hodnotit tmel s označením LU-N – 39,742 mm, nejhůře tmel s označením SO-U 0,898 mm.

S materiálem **KERAION** dosáhl nejnižší průměrné hodnoty naměřené pevnosti tmel s označením LU-N, 121,033 N. Nejvyšší hodnota pevnosti byla u tmelu SL-MS-1009, 733 N. Největšího prodloužení dosáhl tmel s označením SL-U- 51,26 mm, nejmenší hodnota prodloužení byla naměřena u tmelu SL-PU- 11,364 mm.

Pro materiál **UMĚLÝ KÁMEN** dosáhl nevyšších naměřených výsledků tmel s označením SL-MS. Dosáhl jak nejvyšší naměřené průměrné hodnoty maximální pevnosti 969,067 N, tak nejvyšší hodnoty prodloužení 29,306 mm. Nejmenší naměřená průměrná hodnota prodloužení byla zaznamenána u tmelu s ozn. SO-U- 7,709 mm, z hlediska průměrné nejvyšší pevnosti dopadl nejhůře tmel s označením LU-N-143,133N.

Část vzorků, jejichž podkladní materiál tvořil **SKLOCEMENT PLUS SVB** se rozpadl již během přípravy vzorků- jedná se o vzorky se tmely s označením SO-U, SO-N, SO-MS, LU-U, SL-U. Ze zbývajících vzorků, u kterých bylo měření možno provést, dosáhl nejvyšší průměrné naměřené pevnosti tmel s označením SL-PU 411,133 N, nejmenší průměrné pevnosti tmel LU-N 87,2N. Nejvyšší průměrná hodnota prodloužení při nejvyšší pevnosti byla zaznamenána u tmelu SL-N 12,998, naopak nejmenší hodnoty vykazoval tmel SL-MS jehož průměrná hodnota prodloužení je 3,486 mm.

Nejvyšší průměrné hodnoty protažení s materiálem **ALUBOND** dosáhl tmel SL-Pu a to 610,567 N, naopak nejnižších hodnot dosáhl tmel s označením LU-N jehož průměrná

hodnota pevnosti je 166,200 N. z hlediska hodnoty průměrného protažení dopadl nejlépe tmel s označením SO-PU s hodnotou 30,508 mm a nejhůře tmel SL-MS s hodnotou 5,053 mm.

U podkladního materiálu **THERMOWOOD** byly nejvyšší hodnoty průměrné nevyšší pevnosti zaznamenány u tmelu s označením SL-MS- 690,400 N, nejmenší u tmelu LU-U s hodnotou 122,300. Nejmenšího prodloužení dosáhl tmel SO-U s hodnotou 2,446 mm a nejvyšší hodnota prodloužení byla zaznamenána u tmelu s označením LU-N- 32,936 mm.

Maximální průměrná nejvyšší pevnost (N)	Ozn Hodnota podkl. mat.	SL-MS 1009,733 KERAION	Sekantový modul (N/mm ²)	7,012
Minimální průměrná nejvyšší pevnost (N)	Ozn. Hodnota podkl. mat.	LU-N 87,2 SKLOCEMENT	Sekantový modul (N/mm ²)	0,606
Maximální průměrná hodnota prodloužení (mm)	Ozn. Hodnota podkl. mat.	SL-U 51,268 KERAION	Tažnost (%)	425,003
Minimální průměrná hodnota prodloužení (mm)	Ozn. Hodnota podkl. mat.	SO-U 0,898 CEMBONIT	Tažnost (%)	7,477

Tabulka 4 Maximální/minimální naměřené hodnoty tahové zkoušky při teplotě (23±2) °C

Z hlediska nejvyšších naměřených hodnot průměrné nejvyšší pevnosti celkově dopadl nejlépe tmel z označením SL-MS, který dosáhl nejvyšších hodnot u pěti podkladních materiálů- HPL, CORTEN, KERAION, Umělý kámen, THERMOWOOD.

Nejhorších hodnot naopak dosáhl tmel s označením LU-N, u kterého byly zaznamenány nejnižší hodnoty z hlediska pevnosti u celkem pěti podkladních materiálů- CORTEN, KERAION, Umělý kámen, SKLOCEMENT a ALUBOND.

Nejmenší hodnoty prodloužení vykazoval tmel s označením SO-U, u kterého byly zaznamenány nejmenší hodnoty prodloužení u tří materiálů-CEMBONIT, Umělý kámen. THERMOWOOD.

Ostatní výsledky nebyly již příliš výrazné, z hlediska maximálních hodnot prodloužení nevykazoval žádný z tmelů výrazně lepší výsledky.

14.2. Tahová zkouška při teplotě (-22±2) °C

U materiálu **HPL** byla zaznamenána nejvyšší průměrná naměřená pevnost pro tmel s ozn. SL-MS- 788,533 N, nejmenší naměřená průměrná hodnota pevnosti pro tmel LU-N- 139,567 N. Nejmenší průměrná hodnota prodloužení-14,45 mm byla naměřena u tmelu s ozn SO-N- 6,819 mm, Nejvyšší průměrná hodnota prodloužení byla naměřena u tmelu s označením LU-N a to 38,534 mm což odpovídá hodnotě tažnosti 321,036 %.

Pro materiál **CORTEN** byla nejvyšší průměrná hodnota dosažené maximální pevnosti dosažena u tmelu s označením SL-MS a to 530,667 N, ale nejvyšší hodnota průměrného prodloužení byla u tmelu s označením SL-U- 24,772 mm. Naopak nejnižší hodnotu průměrné dosažené maximální pevnosti dosáhl tmel s označením LU-N a to 112,00 N, nemenší naměřená průměrná hodnota protažení u tmelu SL-PU- 5,800 mm (tažnost 48,293%)

Nejvyšší naměřené průměrné hodnoty pevnosti u materiálu **CEMBONIT** byly pro tmel s označením SL-PU- 622,367 N, nejmenší hodnoty pro tmel s označením SL-U – 100,300 N. Z hlediska průměrné hodnoty prodloužení při nejvyšší pevnosti lze nejlépe hodnotit tmel s označením LU-N – 39,961 mm, nejhůře tmel s označením SO-U 4,082 mm.

S materiálem **KERAION** dosáhl nejnižší průměrné hodnoty naměřené pevnosti tmel s označením LU-N, 128,433 N. Nejvyšší hodnota pevnosti byla u tmelu SLMS – 875,100 N. Největšího prodloužení dosáhl tmel s označením SL-U- 44,977 mm, nejmenší hodnota prodloužení byla naměřena u tmelu SO-PU- 10,873 mm.

Pro materiál **UMĚLÝ KÁMEN** dosáhl tmel s označením SL-MS nejvyšší naměřené průměrné hodnoty maximální pevnosti 872,200 N. Z hlediska průměrné nejvyšší pevnosti dopadl nejhůře tmel s označením LU-N- 145,600 N Nejmenší naměřená průměrná hodnota prodloužení byla zaznamenána u tmelu s ozn. SL-PU- 10,349 mm, nejvyšší hodnotu prodloužení tmel SL-U s hodnotou 35,546 mm.

Část vzorků jejichž podkladní materiál tvořil **SKLOCEMENT PLUS SVB** se rozpadl již během přípravy vzorků- jedná se o vzorky se tmely s označením SO-U, SO-N, SO-MS, LU-U, SL-U. Ze zbývajících vzorků, u kterých bylo měření možno provést, dosáhl nejvyšší průměrné naměřené pevnosti tmel s označením SL-PU 573,967 N, nejmenší průměrné pevnosti tmel LU-N 64,367 N. Nejvyšší průměrná hodnota prodloužení při nejvyšší pevnosti byla zaznamenána u tmelu SO-PU 21,886 mm, naopak nejmenší hodnoty vykazoval tmel SL-MS jehož průměrná hodnota prodloužení je 3,204 mm.

Nejvyšší průměrné hodnoty protažení s materiálem **ALUBOND** dosáhl tmel SL-PU a to 666,200 N, naopak nejnižších hodnot dosáhl tmel s označením LU-U jehož průměrná hodnota pevnosti je 198,533 N. z hlediska hodnoty průměrného protažení dopadl nejlépe tmel s označením SO-U s hodnotou 25,063 mm a nejhůře tmel SL-MS s hodnotou 6,991 mm.

U podkladního materiálu **THERMOWOOD** byly nejvyšší hodnoty průměrné nevyšší pevnosti zaznamenány u tmelu s označením SL-MS- 694,3670 N, nejmenší u tmelu LU-U s hodnotou 109,267 N. Nejmenšího prodloužení dosáhl tmel LU-U s hodnotou 5,077 mm a nejvyšší hodnota prodloužení byla zaznamenána u tmelu s označením LU-N- 36,726 mm.

Maximální průměrná nejvyšší pevnost	Ozn Hodnota	SL-MS 875,100	Sekantový modul	6,077
-------------------------------------	----------------	------------------	-----------------	-------

(N)	podkl. mat.	KERAION	(N/mm ²)	
Minimální průměrná nejvyšší pevnost	Ozn.	LU-N	Sekantový modul	0,447
(N)	Hodnota	66,367	(N/mm ²)	
Maximální průměrná hodnota průměrná prodloužení (mm)	podkl. mat.	SKLOCEMENT	Tažnost (%)	374,408
Ozn.	SL-U			
Hodnota	44,977			
podkl. mat.	KERAION			
Minimální průměrná hodnota průměrná prodloužení (mm)	Ozn.	SO-U	Tažnost (%)	26,673
Hodnota	3,204			
podkl. mat.	SKLOCEMENT			

Tabulka 5 Maximální/minimální naměřené hodnoty tahové zkoušky při teplotě $-(22\pm 2)$ °C

Z hlediska nejvyšších naměřených hodnot průměrné nejvyšší pevnosti celkově dopadl nejlépe tmel z označením SL-MS, který dosáhl nejvyšších hodnot u pěti podkladních materiálů- HPL, CORTEN, KERAION, Umělý kámen, THERMOWOOD.

Nejhorších hodnot naopak dosáhl tmel s označením LU-N, u kterého byly zaznamenány nejnižší hodnoty z hlediska pevnosti u celkem pěti podkladních materiálů- HPL, CORTEN, KERAION, Umělý kámen, SKLOCEMENT.

Ostatní výsledky nebyly již příliš výrazné, z hlediska maximálních a minimálních hodnot prodloužení nevykazoval žádný z tmelů výrazně lepší či horší výsledky.

Tmely dosahovaly u tahových zkoušek při teplotách (23 ± 2) °C a $-(22\pm 2)$ °C přibližně stejných výsledků.

14.3. Tahová zkouška při udržovaném protažení

14.3.1. Tahová zkouška při udržovaném protažení za teploty 23°C

Výsledky experimentálního měření poukazují na problémy s přilnavostí zejména u materiálu Sklocement PLUS SVB, v jehož případě nevyhověl ani jeden z použitých tmelů, krom jednoho pokusu došlo u všech zkoušek k poruše přilnavosti tmelu k podkladnímu tělesu. Naopak nejlépe dopadly vzorky, jež byly vyhotoveny z materiálu Keraion, u kterých nedošlo k poruše přilnavosti v šesti případech. Jednalo se o tmely- SO-PU, SO-MS, LU-U, SL-U, SL-N, SL-PU.

Nejlépe lze hodnotit tmel s označením SO-MS, kdy nedošlo k poruše přilnavosti v celkem šesti případech (HPL, Corten, Keraion, Umělý kámen, Alubond, Lunwood).

Nejhůře dopadly tmely s označením SO-U, SO-N, LU-U a SL-MS, které vyhověly pouze s jedním typem podkladního materiálu.

14.3.2. Tahová zkouška při udržovaném protažení za teploty -20°C

Z výsledků měření udržovaného protažení při teplotě -20°C (Tab. 17) je patrné, že největší problémy s přilnavostí jsou u materiálu Cembonit, který vyhověl zkouškám pouze s tmelem s označením LU-N. Zkušební vzorky z materiálu Sklocement PLUS SVB a Alubond vyhověly zkouškám přilnavosti ve dvou případech

Nejlépe dopadl materiál Keraion, který vyhověl zkouškám bez porušení soudržnosti v šesti případech (tmely s označením SO-N, SO-PU, SO-MS, LU-U, SL-U, SL-PU).

Z tmelů nejlepších výsledků dosáhl tmel s označením SO-PU, který vyhověl zkouškám bez porušení u materiálů- HPL, Corten, Keraion, Sklocement PLUS SVB, Thermowood.

14.3.3. Celkové vyhodnocení tahové zkoušky při udržovaném protažení

Z celkových výsledků tahových zkoušek při udržovaném protažení lze jako materiál s nejhodnějším výsledkem z hlediska soudržnosti se skupinou použitých tmelů hodnotit materiál Skocement PLUS SVB

Nejvíce vyhovující lze hodnotit z hlediska soudržnosti s podkladním materiálem tmel s označením SO-MS, který vyhověl při teplotě 23°C u šesti podkladních materiálů, při teplotě -20°C u čtyř materiálů.

14.4. Stanovení soudržnosti a přilnavosti při proměnlivé teplotě

Výsledky měření soudržnosti a přilnavosti jsou vyznačeny v Tabulce 17. Nejlépe v této zkoušce dopadly podkladní materiály HPL a Corten, které vyhověly zkouškám se šesti druhy tmelů. U materiálu HPL se jednalo o tmely s označením SO-U, LU-U, LU-N, SL-N, SL-PU a SL-MS, u materiálu Corten se jednalo o tmely s označením SO-PU, SO-MS, SL-U, SL-N, SL-PU a SL-MS.

Nejlépe hodnoceným tmelem v této zkoušce je tmel s označením S-N, který vyhověl u zkoušek s celkem sedmi materiály. Naopak nejhůře dopadly tmely s označením SO-U, SO-MS, LU-N, které vyhověly pouze s jedním typem podkladního materiálu.

14.5. Stanovení soudržnosti a přilnavosti při udržovaném protažení při ponoření ve vodě

Tato zkouška se projevila ještě účinnější pro vznik poruch než metoda udržovaného protažení bez ponoření ve vodě, přestože jediným rozdílem bylo uložení zkušebních těles na 5 dní ve vodě. Došlo tedy k vyloučení ještě většího množství nevhodných kombinací tmelů a podkladních materiálů.

Nelépe hodnoceným materiálem je v tomto případě materiál HPL- nedošlo u něj k poškození soudržnosti a přilnavosti ve čtyřech případech- u vzorků s tmely oz. SO-U, SO-MS, LU-N, SL-MS. Naopak nejhůře je hodnocen výsledek zkoušek prováděných se vzorkem, jehož podkladní materiál je tvořen Sklocementem PLUS SVB, u tohoto materiálu došlo ve všech případech k poruše a poškození vzorku.

Nejlépe dopadl silikonový neutrální tmel s Lukopren UNI-N, který vyhověl ve čtyřech případech-s materiálem HPL, Corten, Cembonit a Lenawood. Oproti tomu tmely

s označením SO-U, SO-N, LU-U, SL-U a SL-PU vyhovují pouze s jedním podkladním materiálem.

14.6. Cyklické napínání a stlačování dle ČSN EN ISO 9046

Během této zkoušky vzniklo jen malé množství poruch. Většina tmelů odolala zatížení bez poškození. Vysoká úspěšnost tmelů při 100x opakovaném cyklickém namáhání je dána jak malým rozsahem pohybů, které pružné tmely dokáží snadno přenést, tak zejména faktem, že vzorky nebyly před vlastním zkoušením podrobeny 3 týdňům střídání uložení v sušárně a ve vodě.

Mezi nejhůře hodnocené podkladní materiály při této zkoušce patří materiály-Sklocement PLUS SVB, Alubond a Thermowood, u kterých došlo k poruše přilnavosti se třemi druhy tmelů.

Nejlépe hodnocenými tmely při těchto zkouškách jsou tmely s označením SO-PU(konstrukční tmel 25 D od výrobce SOUDAL), SL-N(neutrální silikon SILCO), a SL-PU(polyuretanový tmel PU 40 od výrobce SILCO), u kterých nedošlo v ani jednom případě k poruše soudržnosti a přilnavosti k podkladnímu materiálu.

14.7. Tahová zkouška po ponoření ve vodě

U tmelů s označením SO-U, SO-N, SO-MS, LU-U a SL-U u materiálu Sklocement PLUS SVB nebyly zaznamenány žádné dosažené výsledky, jelikož zkušební vzorky se vlivem střídavého uložení ve vodě a v sušárně rozpadly.

Nejlepších výsledků dosahoval tmel s označením LU-N (Lukopren UNI-N), který dosáhl nejvyšší hodnoty protažení u pěti podkladních materiálů. Nejhůře hodnoceným je neutrální silikonový tmel od výrobce SILCO, který naopak u pěti materiálů dosáhl nejmenších hodnot protažení.

14.8. Odolnost proti stlačení

V rámci výzkumu bylo provedeno 60 měření. Další měření nebyla prováděna, jelikož získané výsledky neposkytly žádné zásadní informace. Nedošlo k žádným poruchám stlačovaných tmelů, což neposkytlo žádné informace o vhodnosti tmelů pro konkrétní podklad.

14.9. Odolnost proti UV záření

Zajímavým výsledkem, bylo srovnání výsledků a naměřených hodnot u vzorků bez expozice UV záření a vzorků vystaveným UV záření.

Nejlepší výsledek byl zaznamenán u tmelu Universální silikon od výrobce SOUDAL, jehož tažnost se po vystavení UV záření zvýšila o 86,3 %. Naopak nejhorší

výsledek a to snížení tažnosti o 134,8% došlo u tmelu označeného SL-U- neutrální silikon výrobce SILCO.

14.10. Přílnavost a soudržnost tmelů na reálné spáře při stálé teplotě- protažení do porušení

Při namáhání vzorků tahem bylo při teplotě (23 ± 2) °C nejvyšší dosažené průměrné prodloužení zaznamenáno u polyuretanového tmelu 25D od výrobce SOUDAL, průměrná hodnota maximálního prodloužení byla 217,29%, naopak nejnižší hodnoty byly naměřeny u tmelu MS 60 SILCO- 68,09%.

Při teplotě (-22 ± 2) °C dosáhl nejvyššího prodloužení neutrální silikonový tmel Lukopren UNI-N s hodnotou 206,7 % a nejnižší hodnoty Lukopren UNI-U, kde byla naměřena průměrná hodnota maximálního prodloužení 80,05%.

Při smykovém namáhání vzorků za teploty (23 ± 2) °C nejlépe vyhověl polyuretanový tmel SOUDAL 25D s průměrnou hodnotou 457,27%, naopak nejhůře tmel Lukopren UNI-N, jehož zaznamenaná hodnota prodloužení byla 62,15%.

Při teplotě (-22 ± 2) °C byla nejvyšší naměřená průměrná hodnota prodloužení u tmelu Lukopren UNI-N- 434 %, naopak nejmenší hodnota u universálního silikonového tmelu SOUDAL- 89,03%.

14.11. Přílnavost a soudržnost tmelů na reálné spáře při protažení o 100% délky, proměnlivé teplotě a udržovaném protažení

Při provádění zkoušky přílnavosti a soudržnosti tmelů na reálné spáře při protažení o 100% délky, proměnlivé teplotě a udržovaném protažení byly zaznamenávány případné poruchy vzorků.

Při prováděných zkouškách vyhověl bez vzniku poruchy u všech zkušebních vzorků pouze tmel Lukopren UNI-N. Velmi dobrých výsledků dosáhl i polyuretanový tmel SOUDASEAL 215LM od výrobce Soudal, u kterého byl zaznamenán vznik poruchy pouze v jediném případě a to u zkoušky namáhání tahem při protažení o 100% délky při teplotě (23 ± 2) °C.

Z výsledků zkoušek prováděných na zkušebních vzorcích napodobující reálnou spáru je tedy patrné, že pro podkladní materiál ALUBOND je jediným vhodným tmelem silikonový neutrální tmel Lukopren UNI-N od výrobce Lučební závody. Naopak tmely s označením SO-U, SO-N, LU-U a SL-MS jsou vyhodnoceny jako absolutně nevyhovující, jelikož u nich došlo ke vzniku poruch u valné většiny zkoušených vzorků.

14.12. Srovnání výsledků tahové zkoušky provedené dle navržené alternativní metody a tahové zkoušky provedené dle ČSN EN 8339

Vzorek	Výsledky tahové zkoušky při teplotě 23°C		Vzorek	Výsledky tahové zkoušky při teplotě -20°C	
	Zkoušky dle alternativní metody- reálná spára	Zkouška dle ČSN EN 8339		Zkoušky dle alternativní metody- reálná spára	Zkouška dle ČSN EN 8339
	hodnota prodloužení (%)	hodnota prodloužení (%)		hodnota prodloužení (%)	hodnota prodloužení (%)
SO-U	164,95	284,65	60,16	375,93	
	63,70	309,92	70,00	343,72	
	156,96	303,83	89,98	318,58	
PRŮMĚR	128,54	299,46	73,38	346,08	
SO-N	85,87	218,31	133,49	194,24	
	74,45	172,39	65,57	203,33	
	96,00	151,11	155,08	229,90	
PRŮMĚR	85,44	180,60	118,05	209,16	
SO-PU	211,63	238,15	175,33	110,36	
	228,15	324,87	187,54	204,70	
	212,09	232,30	120,70	270,75	
PRŮMĚR	217,29	265,11	161,19	195,27	
SO-MS	144,38	281,98	140,48	318,24	
	116,93	313,16	113,56	324,26	
	124,61	291,83	115,94	326,90	
PRŮMĚR	128,64	295,65	123,33	323,13	
LU-U	100,48	126,94	84,04	184,72	
	61,75	150,08	92,72	127,46	
	67,58	137,13	63,38	129,33	
PRŮMĚR	76,60	138,05	80,05	147,17	
LU-N	113,56	453,49	207,65	274,50	
	162,85	259,27	205,39	272,68	
	184,24	285,68	207,06	268,89	
PRŮMĚR	153,55	332,81	206,70	272,03	
SL-U	79,98	165,24	87,48	173,82	
	157,11	152,35	206,07	204,19	
	165,08	85,35	183,72	159,39	
PRŮMĚR	134,06	134,31	159,09	179,13	
SL-N	120,79	136,63	137,94	129,50	
	147,34	147,76	184,28	120,48	
	91,26	133,64	187,29	140,05	
PRŮMĚR	119,80	139,34	169,84	130,01	
SL-PU	120,67	148,93	107,84	103,62	

	78,28	155,53	92,22	116,20
	92,40	171,26	135,65	156,23
PRŮMĚR	97,12	158,58	111,90	125,35
SL-MS	62,64	76,98	94,89	72,44
	62,73	50,91	80,93	82,52
	78,91	77,75	69,59	93,81
PRŮMĚR	68,09	68,54	81,80	82,92



rozdíl v naměřených výsledcích se liší o hodnotu větší než 20

rozdíl v naměřených výsledcích se liší o hodnotu menší než 20

Srovnání provádění tahových zkoušek dle ČSN a navržené alternativní metody přineslo velmi zajímavé výsledky. Byly porovnávány průměrné hodnoty protažení vzorku při porušení pro materiál ALUBOND. Byly srovnány výsledky pro provádění zkoušky za teploty +23°C a teploty -20°C, pro všechny druhy tmelů. Z celkem dvaceti dvojic výsledků (deset pro teplotu +23°C, a deset pro teplotu -20°C) se výsledky lišily o hodnotu vyšší než 20% celkem u třinácti dvojic. Některé rozdíly byly opravdu markantní – příklad u tmelu LU-N při teplotě +23°C se výsledky lišily přibližně o hodnotu 150% (u alternativní metody byla průměrná hodnota prodloužení 153,55% u zkoušky prováděné dle ČSN 332,81%). Vzhledem k tomu, že alternativní metody imitovaly skutečnost co nejpřesněji, lze považovat výsledky naměřené tažnosti za přesnější.

14.13. Celkové vyhodnocení zkoušek přilnavosti a soudržnosti

Tmel je možné prohlásit za vyhovující pouze v případě, že by nedošlo během žádné zkoušky ke vzniku poruch přilnavosti nebo soudržnosti. To znamená, že v souhrnu výsledků nesmí být u žádné zkoušky zaznamenaná porucha přilnavosti a soudržnosti.

Nejlépe v hodnocení pro tmelení spar materiálu **HPL TRESPA METON** dopadl tmel s označením LU-N, tzn. neutrální silikon LUKOPREN UNI-N od firmy Lučební závody, který vyhověl bez vzniku poruch všem zkouškám. Dobrého výsledku dosáhl i tmel s označením SO-U, univerzální silikon od značky SOUDAL, který nevyhověl pouze u zkoušky dle ČSN EN 9046 a tmel Polymer MS 60 firmy SILCO, který vykazoval poruchu přilnavosti a soudržnosti při provádění tahové zkoušky za teploty -20°C. naopak za absolutně nevyhovující lze považovat tmel Silirub N, což je silikonový neutrální tmel od výrobce SOUDAL, který vyhověl pouze u zkoušky prováděné dle ČSN EN 9046. U této však zkoušky vyhověla valná většina tmelů, poruchy soudržnosti a přilnavosti zde byly zaznamenány minimálně.

Ocelový podklad bez povrchové úpravy lze označit jako tmelitelný. Z výsledků je zřejmé, že vhodným produktem pro tmelení prvků z materiálu **CORTEN** je nejvhodnější tmel s označením SO-PU – polyuretanový tmel SOUDAL 25D, který jako jediný přešel všechny zkoušky bez známek poruch přilnavosti a soudržnosti. Další dva tmely SO-MS (SOUDAL SOUDASEAL 215 LM) a SL-N SILCO NEUTRÁLNÍ, které vykazovaly poruchy soudržnosti a přilnavosti pouze u jedné zkoušky.

Silikonové tmely (acetátový i neutrální) od výrobce Soudal naopak vyhověly pouze u zkoušky prováděné dle ČSN EN 9046. U této však zkoušky vyhověla valná většina tmelů, poruchy soudržnosti a přilnavosti zde byly zaznamenány minimálně.

Z výsledků je zřejmé, že stavební hmoty na bázi cementu- **CEMBONIT** mohou být velmi problematickým podkladem pro jakékoliv tmelení. Laboratorní experimenty potvrdily praktickou zkušenost, že většina tmelů není schopna vykazat dlouhodobou spolehlivost tmeleného spoje na podkladech s obsahem cementu.

Pro podklad z cementovláknitých desek vyhověl pouze jeden silikonový tmel- Lukopren UNI-N, od výrobce Lučební závody. Ostatní tmely vyhověly bez poruch u velmi malého počtu prováděných zkoušek, jelikož cementové podklady vykazaly značnou citlivost na střídání sucha a vlhka, mnohé vzorky se rozpadaly již při této přípravě před vlastním zkoušením.

Pro podklad ze sklocementových desek **SKLOCEMENT PLUS SVB** nevyhověl bez poruch ani jeden ze zkoušených tmelů.

Cementové podklady vykazaly značnou citlivost na střídání sucha a vlhka, mnohé vzorky se rozpadaly již při této přípravě před vlastním zkoušením.

Pro podkladní materiál **KERAION** vyhověly z hlediska poruch přilnavosti a soudržnosti dva tmely. Jedná se o polyuretanový tmel 25D od firmy Soudal a silikonový acetátový tmel Lukopren UNI A. Také univerzální silikon SILCO se dá považovat za vyhovující, jelikož u nich došlo k poruchám pouze při provádění tahové zkoušky za teploty -20°C.

Za absolutně nevyhovující byl vyhodnocen silikonový neutrální tmel Lukopren UNI-N, který u všech prováděných zkoušek zaznamenal poruchu soudržnosti a přilnavosti.

Jako nejvhodnější tmel pro tmelení materiálu **UMĚLÝ KÁMEN** lze vyhodnotit univerzální silikonový tmel od společnosti SILCO, který jako jediný vyhověl u všech zkoušek bez porušení. Dobrých výsledků dosáhl i neutrální silikon od stejného výrobce, který nevyhověl pouze u zkoušky prováděné dle ČSN EN ISO 10590. Naopak acetátový silikonový tmel „univerzální silikon“ od výrobce Soudal byl vyhodnocen jako absolutně nevyhovující, k poruchám přilnavosti či soudržnosti u něj došlo při všech

Na základě dosažených výsledků lze vyhodnotit pro podkladní materiál **ALUBOND** jako vyhovující pro tmelení spár polyuretanový tmel PU 40 od výrobce SILCO. Naopak jako absolutně nevyhovující tmel MS 60 (polyuretanový tmel) od stejného výrobce, a acetátové tmely Lukopren UNI-A a Univerzální silikon Soudal, které u všech provedených zkoušek vykazoval poruchy. Dobrých výsledků dosáhl také tmel MS 60 od výrobce SILCO, u kterého došlo k porušení pouze u zkoušky dle ČSN EN 9047.

U materiálu **THERMOWOOD** vyhověl pouze polyuretanový tmel 25D od spol. SOUDAL všem provedeným zkouškám bez známek poruchy. Za absolutně nevyhovující byly vyhodnoceny všechny acetátové silikonové tmely (SOUDAL, SILCO i Lučební závody), u kterých došlo k tvorbě poruchy při všech zkouškách.

15. ZÁVĚRY PRÁCE A JEJÍ PŘÍNOS PRO DALŠÍ ROZVOJ VĚDY

15.1. Zhodnocení dosažení hlavních cílů

Hlavním cílem této práce bylo následující:

- Kritické zhodnocení zkušebních metod a návrhy zlepšení

V rámci provádění experimentu také zjištěno, že výroba zkušebních vzorků tak, aby odpovídala předepisující ČSN, není snadná. V průběhu výroby byly problémy s nedostatečným přísunem vzduchu a tím i s nedostatečným schnutím a zráním stavebních tmelů, dále s formou, jež měla zachovat a udržet předepsaný tvar a rozměry nanášeného tmelu, atp. Dílčími pokusy byly postupy výroby optimalizovány tak, aby tato výroba byla co nejrychlejší a nejsnadnější. Postup výroby je popsán v příslušné kapitole.

Je patrné, že 3 zkušební vzorky jsou absolutně minimálním možným počtem vzorků, na kterých jsou zkoušky prováděny. Tento počet zkušebních vzorků, jež ukládá norma ČSN, byl zvolen z toho důvodu, že šlo zejména o kritické zhodnocení stávajícího stavu zkoušení tmelů. Vzhledem k značnému množství zvolených tmelů a podkladních materiálů a tím i velkému počtu prováděných zkoušek, byl zvolený počet tří vzorků dostačující. Pro ověření tmelitelnosti konkrétní kombinace materiálů doporučujeme provádět zkoušky na větším souboru zkušebních vzorků.

V experimentální části byly provedené zkoušky tak, jak je předepisují příslušné ČSN. Příslušné normy stanovují postup provádění zkoušek i tvar a rozměry zkušebního tělesa. Zkušební těleso popisované v ČSN však neodpovídá skutečné aplikaci. Z toho důvodu byly vyvinuty zkušební přípravky pro možnost ověření tmeleného spoje, který by odpovídal a imitoval pracovní spáru v praxi, za různých podmínek.

Výsledky měření dle navržené alternativní metody, kdy byla při prováděných zkouškách imitována pracovní spára tak, aby se co nejvíce podobala reálné spáře v praxi, vykazují značně rozdílné výsledky, než u stejných zkoušek, které byly prováděny v souladu s ČSN. Rozdílné výsledky z hlediska protažení jednotlivých vzorků jsou dány rozdílnou napjatostí v návaznosti na odlišný tvar a průřez nanášeného tmelu.

Z hlediska zkoušek na ověření přilnavosti a soudržnosti vyhověl pro zkušební vzorek napodobující reálnou spáru silikonový neutrální tmel Lukopren UNI-N, který vyhověl u všech prováděných zkoušek bez vzniku poruch. Velmi dobrých výsledků dosáhl také tmel Soudaseal 215LM(MS polymer) u kterého vznikla porucha pouze u

jediného zkušební vzorku. Při zkouškách prováděných dle ČSN byl jako vyhovující tmel vyhodnocen polyuretanový tmel PU40 od firmy Silco.

Avšak tmel Lukopren UNI-N, jež vyhověl při provádění alternativních zkoušek na reálné spáře, byl při zkouškách dle ČSN vyhodnocen jako absolutně nevyhovující, jelikož vyhověl bez vzniku poruchy pouze u zkoušky prováděné dle ČSN EN 9046.

Takto rozdílné výsledky celkového vyhodnocení souboru zkoušek vedou k závěru, že navržené alternativní metody zkoušení na reálné spáře by se měla stát nedílnou a důležitou součástí skupiny zkoušek tmelů.

15.2. Zhodnocení dílčích cílů práce

Pro provádění experimentálního měření byly na základě současného stavu trhu zvoleny čtyři základní skupiny stavebních tmelů- silikonový acetátový, silikonový neutrální, polyuretanové tmely a MS polymery. Z důvodu zastoupení všech cenových skupin byly vybrány tmely od následujících výrobců- SOUDAL, SILCO, Lučební závody Kolín.

Jako podkladní materiály byly vybrány materiály, které jsou v praxi běžně a často používány. Z hlediska různorodosti, byly zvoleny materiály s různými druhy povrchů.

Přestože zkoušky předepsané v ČSN slouží primárně spíše ke klasifikaci tmelů a stanovení jejich vlastností, přesto lze zjištěné výsledky využít také při problematice návrhu optimální kombinace tmel-podkladní materiál.

Z výsledků je zřejmé, že nejmenší účinnost na počty poruch má zkouška cyklického namáhání menšími hodnotami střídavého protažení se stlačením. Nižší počet poruch je však dán tím, že norma EN ISO 9046 nepředepisuje před zkouškou provedení 3 cyklů střídavého uložení ve vodě a v sušárně. Je evidentní, že malé hodnoty namáhání protažením i stlačením nemají příliš zásadní vliv na celkový výsledek zkoušek.

Velkou roli krom způsobu namáhání má také způsob uložení zkušebních těles před vlastními zkouškami. Zejména u nasákových podkladních materiálů toto předuložení velmi ovlivnilo výsledky. U některých materiálů stačilo pouze dodržet normami požadovanou přípravu zkušebních těles spočívající ve střídání vodního uložení spolu s vysoušením, a vzorky se v některých případech samy rozpadly již při pouhé manipulaci, aniž by došlo k aplikaci zkušební postupu. Z hodnocených materiálů to bylo nejvýraznější u podkladů s obsahem cementu, kdy ani jakákoliv penetrace nezabránila odlepení tmelů od podkladu, kdy se sloupala i vrstva penetrace.

Z hlediska měření soudržnosti a přilnavosti dle zkoušek prováděných podle ČSN lze za vyhovující tmely u jednotlivých podkladních těles vyhodnotit ty, u kterých nedošlo z hlediska soudržnosti a přilnavosti k poruchám u žádné z provedených zkoušek. Ukázalo se, že ne každý tmel je pro daný podkladní materiál optimální, přestože jsou k tomu výrobcem určeny.

PODKLADNÍ MATERIÁL	VHODNÝ TMEL
HPL TRESPA METEON	LU-N
CORTEN	SO-PU
CEMBONIT	LU-N
KERAION	SO-PU, LU-U
UMĚLÝ KÁMEN	SL-U
SKLOCEMENT PLUS SVB	-
ALUBOND	SL-PU
THERMOWOOD	SO-PU

Tabulka 6 Nejvhodnější kombinace podkladního materiálu a tmelu dle dosažených výsledků

Ani jeden z tmelů patřící do skupiny MS polymerů nevyhověl bez vykázaní poruch přilnavosti a soudržnosti všem provedeným zkouškám, stejně jako silikonové tmely od výrobce SOUDAL.

Je zajímavé, že jednotlivé tmely patřící do stejné skupiny (silikonový neutrální, silikonový univerzální, MS polymery a polyuretanové tmely) s podobnými vlastnostmi vykazují tak rozdílné výsledky. Dalo by se předpokládat, že pro daný podkladní materiál vyhoví všechny tmely ze stejné skupiny. Výsledky byly však rozdílné, jak v celkovém hodnocení, tak v dílčím hodnocení jednotlivých zkoušek, což jen potvrzuje, že volba správného tmelu může být velmi problematická.

Z celkových výsledků disertační práce lze usuzovat, že doporučení výrobců o vhodnosti použití jednotlivých tmelů je nutno brát s rezervou. Informace o možnosti použitelnosti tmelů jsou často velmi obecné, což může být pro koncového uživatele matoucí.

Jestliže je potřeba v praxi utěsnit spáry ve velkém rozsahu, kdy může hrozit riziko značných škod, pak při současném stavu na trhu doporučuji, aby byl uvažovaný tmel na konkrétním podkladu podroben souboru všech, v této práci uvedených, zkoušek. Pouze v takovém případě lze zaručit, že bude zvolen nejvhodnější tmel.

15.3. Vědecký přínos dizertační práce

Předložená disertační práce je první publikací, která komplexně popisuje problematiku zkoušení stavebních tmelů a způsob provádění daných zkoušek. Jsou zde charakterizovány postupy základních zkoušek pro stanovení tahových vlastností tmelů a jejich hodnocení z hlediska soudržnosti a přilnavosti, popisuje ideální postupy pro tvorbu zkušebních těles. Obsahuje návrh alternativních zkušebních metod pro vzorky, které napodobují pracovní spáru v její reálné podobě.

Dalším krokem by měla být úprava zkušebních metod a postupů tak, aby co nejvíce napodobovaly reálné podmínky. Nejenom z hlediska působení klimatických vlivů na zkušební vzorek, ale zejména tvar a rozměry zkoušeného vzorku, především rozměry tmelu.

15.4. Praktický přínos dizertační práce

Jedná se o první krok k vytvoření možné databáze vhodných kombinací stavebních tmelů s ostatními materiály. Pro další rozvoj je nutné rozšiřovat a neustále doplňovat databázi jak stavebních tmelů, tak podkladních materiálů.

Taková databáze vhodných tmelitelných kombinací by umožnila zvolit ideální tmel pro daný podkladní materiál, což by zamezilo, či alespoň omezilo, vznik poruch na stavbách. Snížení počtu poruch z důvodu použití nesprávného tmelu by minimalizovalo investice související s případnou opravou daných poruch a případných dalších nákladů.

Bibliografie

- [1] Wolf, A. T. *Durability of building sealants*. Published by RILEM Publications s.a.r.l. in 1999. ISBN: 2-912143-12-8. p. 137. <online access:<https://www.dowcorning.com/content/publishedlit/Chapter8.pdf>. >
- [2] Chew, M. Y. L. *On-site non-destructive test for sealant*. Polymer testing vol. 19. Published by Elsevier Science Ltd. in 2000. PII: S0142-9418(99)00037-9. p. 643-651. <online access: http://ac.els-cdn.com/S0142941899000379/1-s2.0-S0142941899000379-main.pdf?_tid=144e248e-39c6-11e4-b680-00000aacb362&acdnat=1410448543_9234a7da0d85f51a5a4a6427046f3db7.>
- [3] Chew, M. Y. L., Zhou, X. *Enhanced resistance of polyurethane sealants against cohesive failure under prolonged combination of water and heat*. Polymer testing vol. 21. Published by Elsevier Science Ltd. in 2001. PII: S0142-9418(01)00068-X. p. 188-193. <online access: http://ac.els-cdn.com/S014294180100068X/1-s2.0-S014294180100068X-main.pdf?_tid=fbae9d86-39c6-11e4-9a26-00000aacb361&acdnat=1410448931_9dd7d59cb742f7640c935208be5f044a.>
- [4] ČSN EN ISO 6927 *Stavební konstrukce - Těsnící hmoty - Tmely - Názvosloví*, Český normalizační institut, Praha 2013
- [5] ČSN EN ISO 11600 *Stavební konstrukce - Těsnící hmoty - Klasifikace a požadavky pro tmely*, Český normalizační institut, Praha 2013
- [6] ČSN EN ISO 8339 *Stavební konstrukce - Těsnící hmoty – Tmely – Stanovení tahových vlastností (protážení při přerušení)*, Český normalizační institut, Praha 2006.
- [7] ČSN EN ISO 8340 *Stavební konstrukce - Těsnící hmoty – Tmely – Stanovení tahových vlastností při udržovaném protážení*, Český normalizační institut, Praha 2005
- [8] ČSN EN ISO 9046 *Stavební konstrukce - Těsnící hmoty – Tmely – Stanovení přilnavosti a soudržnosti tmelů při stálé teplotě*, Český normalizační institut, Praha 2005
- [9] ČSN EN ISO 9047 *Stavební konstrukce - Těsnící hmoty – Tmely – Stanovení přilnavosti a soudržnosti při proměnlivé teplotě*, Český normalizační institut, Praha 2005
- [10] ČSN EN ISO 10590 *Stavební konstrukce - Těsnící hmoty – Tmely - Stanovení přilnavosti a soudržnosti při udržovaném protážení po ponoření ve vodě*, Český normalizační institut, Praha 2005

- [11] ČSN EN ISO 10591 *Stavební konstrukce - Těsnící hmoty – Tmely – Stanovení přilnavosti a soudržnosti při udržovaném protažení*, Český normalizační institut, Praha 2005
- [12] ČSN EN ISO 11432 *Stavební konstrukce - Těsnící hmoty – Tmely – Stanovení odolnosti proti stlačení*, Český normalizační institut, Praha 2005
- [13] ŠIMÁČKOVÁ, M. *Stavební tmely*. In Sborník příspěvků z mezinárodní vědecké konference- Mezinárodní Masarykova konference pro doktorandy a mladé vědecké pracovníky 2011. Hradec Králové: Mangnaminitas, 2011. s. 1026-1033. ISBN: 978-80-904877-7-2.
- [14] ŠIMÁČKOVÁ, M.; ŠLANHOF, J.; LIŠKA, P. *Zkušenosti pro přípravu zkušebních vzorků pro přípravu tmelů*. In REALIZACE STAVEB – TEORIE A PRAXE, Sborník mezinárodního workshopu. 1. Brno: Vysoké učení technické v brně, Fakulta stavební, Ústav technologie, mechanizace a řízení staveb, 2013. s. 137-141. ISBN: 978-80-214-4803-2.
- [15] ŠLANHOF, J.; MOTYČKA, V.; ŠIMÁČKOVÁ, M.; LIŠKA, P. *Zkoušení přilnavosti silikonových tmelů na fasádním obkladovém materiálu Alubond*. In Sborník příspěvků mezinárodní vědecké konference Vývojové trendy v oblasti navrhovania, přípravy, realizácie a údržby stavieb. Brno: Tribun EU s.r.o., 2013. s. 200-204. ISBN: 978-80-263-0544-6

Vybraná publikační činnost

1. NEČASOVÁ, B.; LIŠKA, P.; ŠLANHOF, J.; ŠIMÁČKOVÁ, M. *Test of Adhesion and Cohesion of Silicone Sealants on Facade Cladding Materials within Extreme Weather Conditions*. In enviBUILD 2014. Advanced Materials Research. 1. Zurich-Durnten: Trans Tech Publications, 2014. p. 23-26. ISBN: 978-3-03795-976-3. ISSN: 1022-6680.
2. ŠLANHOF, J.; LIŠKA, P.; NEČASOVÁ, B.; ŠIMÁČKOVÁ, M. *The Suitability of Sealants for Use with Concrete Structures*. Advanced Materials Research, 2015, vol. 2015(1122), no. 1122, p. 131-134. ISSN: 1022-6680.
3. ŠIMÁČKOVÁ, M. *Stavební tmely*. In Sborník příspěvků IX. mezinárodní vědecká konference SvF TUKE, Mladý vedec 2012. Košice: Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, 2012. s. 1-6. ISBN: 978-80-553-0904-0.
4. LIŠKA, P.; ŠIMÁČKOVÁ, M.; ŠLANHOF, J. *Zkoušení tahových vlastností stavebních tmelů při udržovaném protažení*. In Sborník příspěvků mezinárodní vědecké konference k problematice technologických a inovačních procesů Technológia Europea 2013. Hradec Králové: Magnanimitas, 2013. s. 21-28. ISBN: 978-80-87952-01-6.
5. NEČASOVÁ, B.; LIŠKA, P.; ŠLANHOF, J.; ŠIMÁČKOVÁ, M. *Experimental Tests of Adhesion of Silicone Sealants within Extreme Weather Conditions*. In International Scientific Conference Bratislava - Construction Technology and Management CTM 2014. Bratislava: Slovak University of Technology in Bratislava, 2014. p. 353-360. ISBN: 978-80-227-4243-6.
6. ŠLANHOF, J.; ŠIMÁČKOVÁ, M.; LIŠKA, P.; NEČASOVÁ, B. *Sealing Possibilities of Glass Fibre Reinforced Concrete Elements and Fibre - Cement Facade Cladding Panels*. In International Scientific Conference Bratislava - Construction Technology and Management CTM 2014. Bratislava: Slovak University of Technology in Bratislava, 2014. p. 447-455. ISBN: 978-80-227-4243-6.
7. ŠIMÁČKOVÁ, M.; ŠLANHOF, J.; LIŠKA, P.; NEČASOVÁ, B. *Test of Adhesion and Cohesion of Silicone Sealants on Facade Cladding Materials*. PEOPLE, BUILDINGS AND ENVIRONMENT, 2014, vol. 2014 (4), no. 1, p. 432-438. ISSN: 1805-6784.
8. ŠLANHOF, J.; NEČASOVÁ, B.; LIŠKA, P.; ŠIMÁČKOVÁ, M. *Sealing of Joints in Steel Structures without Surface Treatment*. In Proceedings in Advanced Research in Scientific Areas (ARSA 2014). ARSA - Proceedings in ARSA - Advanced Research in Scientific Areas. Žilina: EDIS - Publishing Institution of the University of Zilina, 2014. p. 346-349. ISBN: 978-80-554-0958-0. ISSN: 1338-9831.

9. ŠIMÁČKOVÁ, M.; ŠLANHOF, J.; LIŠKA, P.; NEČASOVÁ, B. *Testování přilnavosti a soudržnosti polyuretanových tmelů na fasádních materiálech*. In Sborník příspěvků z mezinárodní vědecké konference CzechSTAV 2014 - proměny stavebnictví. Hradec Králové: Magnanimitas, 2014. s. 27-32. ISBN: 978-80-87952-06-1.
10. LIŠKA, P.; NEČASOVÁ, B.; ŠLANHOF, J.; ŠIMÁČKOVÁ, M. *Determination of Tensile Properties of Selected Building Sealants in Combination with Technistone Exterior Terracotta*. In YOUNG SCIENTIST 2015, 7th International Scientific Conference of Civil Engineering and Architecture. 7. Jasná - Low Tatras, Slovakia: Technical University of Košice, Faculty of Civil Engineering, 2015. p. 1-9. ISBN: 978-80-553-1988-9.
11. LIŠKA, P.; NEČASOVÁ, B.; ŠLANHOF, J.; ŠIMÁČKOVÁ, M. *Determination of Tensile Properties of Selected Building Sealants in Combination with High-pressure Compact Laminate (HPL)*. Procedia Engineering, 2015, vol. 2015, no. 108, p. 199-205. ISSN: 1877-7058.
12. NEČASOVÁ, B.; LIŠKA, P.; ŠLANHOF, J.; ŠIMÁČKOVÁ, M. *Case Study on Determination of Tensile Properties of Construction Sealants at Variable Temperatures*. In enviBUILD 2015. Applied Mechanics and Materials. Switzerland: Trans Tech Publications, 2016. p. 18-26. ISBN: 978-80-227-4469-0. ISSN: 1660-9336.
13. ŠLANHOF, J.; NEČASOVÁ, B.; LIŠKA, P.; ŠIMÁČKOVÁ, M. *Verification of Sealing Possibilities of Cement – Based Structures without Additional Surface Treatment*. In enviBUILD 2015. Applied Mechanics and Materials. Switzerland: Trans Tech Publications, 2016. p. 164-171. ISBN: 978-80-227-4469-0. ISSN: 1660-9336.

Kompletní seznam publikační činnosti je uveden v Disertační práci.

Životopis

Osobní údaje

Jméno, titul: **Martina Hanzelková, Ing.**
Narozen: 25.3.1986, Hodonín
Trvalé bydliště: Trávníky 502/23, 691 53 Tvrdonice

Vzdělání

2011 – současnost Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Doktorský studijní program: Stavební inženýrství
obor: Pozemní stavby

2009 – 2011 Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Navazující magisterský studijní program: Stavební inženýrství
obor: Technologie, mechanizace a řízení staveb

2005 – 2009 Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Bakalářský studijní program: Stavební inženýrství
obor: Pozemní stavby

2000 – 2004 Gymnázium a jazyková škola s právem státní jazykové zkoušky
Břeclav, příspěvková organizace

Pracovní zkušenosti

09/2015 – současnost LIKOMSTAV MORAVA s.r.o.
pracovní zařazení: stavbyvedoucí, přípravář

03/2013 – 03/2015 PROSTAVBY a.s.
pracovní zařazení: přípravář

Studijní pobyty v zahraničí

01/2013 – 02/2013 Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Fakulta stavební,
Slovensko

Projekty

2012 – 2014 FR – TIP (2009-2017) FR-TI4/332, Nové technologie lepených
obvodových plášťů budov s kotvícími prvky se zvýšenou odolností vůči
korozi.

Další informace

Jazykové dovednosti	Anglický jazyk Německý jazyk
Práce s počítačem	Standardní uživatelská úroveň – Microsoft Windows, Microsoft Office, AutoCAD, ArchiCAD, Build-power, Contec, Stavební fyzika,
Řidičské oprávnění	
skupiny:	B (aktivní)

V Brně dne 11. 7. 2018

.....

Ing. Martina Hanzelková