



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A
DÍLCŮ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS AND
COMPONENTS

VÝVOJ HIGHTECH POLYMERNÍHO ZÁLIVKOVÉHO SYSTÉMU

DEVELOPMENT OF HIGHTECH POLYMER GROUT SYSTEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

KATEŘINA RUČKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
MBA
SUPERVISOR

prof. Ing. ROSTISLAV DROCHYTKA, CSc.,

BRNO 2016



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	Kateřina Ručková
Název	Vývoj HighTech polymerního zálivkového systému
Vedoucí bakalářské práce	prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2015
Datum odevzdání bakalářské práce	27. 5. 2016
V Brně dne 30. 11. 2015	

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

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

Podklady a literatura

- [1] Lindařík, M. a kolektiv: Epoxidové pryskyřice. SNTL. Praha 1983.
- [2] DROCHYTKA, R., EMMONS, P. H., JERÁBEK, J.: Sanace a údržba betonu v ilustracích. Akademické nakladatelství Brno, 1999. ISBN 80-7204-106-1.
- [3] JANČÁŘ, J.: Úvod do materiálového inženýrství polymerních kompozitů, FCH VUT v Brně, 2003
- [4] REIS, J.M.L., FERREIRA, A.J.M.: Assessment of fracture properties of epoxy polymer concrete reinforced with short carbon and glass fibers. Construction and Building Materials, vol. 18. 2004. pp.523–528.
- [5] DROCHYTKA, R., DOHNÁLEK, J., BYDŽOVSKÝ, J.: Technické podmínky pro sanace betonových konstrukcí III. SSBK. ISBN 978-80-260-2210-7

Zásady pro vypracování

Na základě teoretických poznatků získaných z odborné domácí a zahraniční literatury budou navrženy nové HighTech polymerní záливkové hmoty určené zejména do těžkých strojírenských provozů a do energetického průmyslu. Cílem je co nejefektivněji navrhnout vysoce kvalitní materiál vynikající poměrem pevností a houževnatostí s minimálním smrštěním, dále pak vysokou chemickou odolností a tomu odpovídající i dlouhodobou trvanlivostí.

1. Souhrnně zpracujte doposud získané poznatky z oblasti záливkových hmot především na polymerní bázi pro průmyslové provozování. Vypracujte rešerši stávajících záливkových systémů, které jsou určeny zejména do těžkých strojírenských provozů a do energetického průmyslu a jsou používány v ČR a v zahraničí včetně identifikace systémů s využitím speciálně upravených druhotných surovin a progresivních plniv, jako jsou např. dispergovaná uhlíková nanovlákná nebo nanokuličky.
2. Definujte požadavky na vlastnosti záливkových hmot pro těžké strojírenské provozování a pro energetický průmysl v souladu s platnými předpisy a normami pro sanaci betonových konstrukcí. Popište a zhodnoťte současné legislativní postupy hodnocení vlastností těchto hmot. Navrhněte optimální metodiku zkoušení pro ověření vhodnosti vstupních surovin pro tyto polymerní záливkové hmoty, dále definujte optimální zkušební postup pro laboratorní ověření zkušebních vzorků a pro poloprovozní ověření polymerních záливkových hmot.
3. Navrhněte nový systém HighTech polymerních záливkových hmot efektivně využitelných v těžkých strojírenských provezech a v energetickém průmyslu. Proveďte volbu vhodných vstupních surovin včetně druhotných surovin a dispergovaných uhlíkových nanovláken nebo nanokuliček, v případě potřeby navrhněte vhodné postupy předúpravy vstupních surovin. Zároveň proveďte návrh vlastních receptur HighTech polymerních záливkových hmot pro těžké strojírenské provozování a pro energetický průmysl včetně návrhu jejich aplikace, úpravy povrchu podkladu a způsobu zpracování.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na polymerní zálivkové hmoty určené do těžkých strojírenských provozů a do energetického průmyslu. Cílem práce je definovat požadavky na používané polymerní zálivkové hmoty. Dále zhodnocení postupů zkoušení a legislativní předpisy na vlastnosti těchto hmot. Na základě teoretických poznatků získaných z odborné literatury budou navrženy HighTech polymerní zálivkové malty s využitím druhotných surovin.

Klíčová slova

Polymerní zálivková hmota, báze, epoxidová pryskyřice, uhlíková nanovlákná, primární a druhotné suroviny, aplikace hmot

Abstract

Bachelor thesis is focused on polymer grout, designed for heavy engineering operations and energy industry. The aim of the thesis is to define the requirements for use of polymer grout and also evaluation of testing procedures and legislative regulations on properties of these materials. Based on theoretical knowledge gained from literature will be designed HighTech polymer grout using secondary input materials.

Keywords

Polymer grout mass, base, epoxy resin, carbon nanofibers, primary and secondary raw materials, application materials

Bibliografická citace VŠKP

RUČKOVÁ, Kateřina. *Vývoj HighTech polymerního zálivkového systému*. Brno, 2016. 67 s., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2016

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Rostislavu Drochytzkovi, CSc., MBA, za jeho odborné vedení. Zároveň bych chtěla poděkovat Ing. Jakubu Hodulovi za cenné připomínky, rady a věnovaný čas při vypracování této práce. Dále děkuji Ing. Janě Hodné za pomoc a vstřícný přístup.

Bakalářská práce byla vypracována s využitím infrastruktury Centra AdMas.

OBSAH

1	ÚVOD.....	11
2	TEORETICKÁ ČÁST.....	12
2.1	Zálivkové hmoty	12
2.1.1	Použití zálivkových hmot ve stavebnictví	12
2.1.1.1	Sanace betonových konstrukcí	12
2.1.2	Hlavní požadavky na polymerní zálivkové hmoty	14
2.1.2.1	Požadavky na zálivkové hmoty	14
2.1.3	Charakteristické vlastnosti zálivkových hmot.....	14
2.1.4	Správný výběr zálivkové hmoty	15
2.1.4.1	Základní parametry a principy	15
2.2	Základní typy zálivkových hmot	16
2.2.1	Speciálně prováděné zálivky	17
2.3	Polymerní zálivkové hmoty	17
2.3.1	Polymerbetony (PC) a polymermalty (PM)	18
2.3.2	Postup při aplikaci polymerních zálivkových hmot.....	18
2.3.3	Druhy polymerních pojiv používaných v zálivkových hmotách	21
2.3.4	Využitelná plniva v zálivkových hmotách	21
3	METODIKA PRÁCE	24
3.1	Etapa I – Přehled současně používaných polymerních zálivkových hmot ..	24
3.2	Etapa II – Požadavky na polymerní zálivkové hmoty	25
3.3	Etapa III – Návrh HighTech polymerních zálivkových hmot	26
4	PRAKTICKÁ ČÁST	27
4.1	Etapa I – přehled současně používaných polymerních zálivkových hmot...27	
4.1.1	Druhy pryskyřic používaných jako pojiva pro polymerní zálivkové hmoty 27	
4.1.2	Druhy používaných progresivních plniv	35

4.1.3	Druhotné suroviny.....	40
4.1.3.1	Brusné, řezné kaly	40
4.1.3.2	Odpad ze solárních panelů	40
4.1.3.3	Odpadní lupky – lupkové úlety	40
4.1.3.4	Elektrárenské popílký	40
4.1.3.5	Obalové sklo	41
4.1.3.6	Mikrosilika	42
4.1.3.7	Vlastnosti některých zálivkových hmot dostupných v ČR.....	42
4.2	Etapa II – Definice požadavků na vlastnosti polymerních zálivkových hmot	45
4.2.1	Požadavky na vlastnosti zálivkových hmot.....	45
4.2.1.1	Těžké strojírenské provozy	45
4.2.1.2	Energetický průmysl.....	46
4.2.1.3	Požadavky a kontrola kvality pro výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí	46
4.2.1.3.1	Požadavky na zálivkové hmoty	46
4.2.2	Zkoušení zálivkových hmot na základě norem	49
4.2.3	Návrh metodiky zkoušení HighTech polymerních zálivkových hmot.....	49
4.2.4	Návrh experimentálního prověření.....	52
4.2.4.1	Základní laboratorní zkoušky	52
4.2.4.2	Poloprovozní zkoušky	52
4.3	Etapa III – Návrh HighTech polymerního zálivkového systému	53
4.3.1	Pojivové složky	53
4.3.2	Optimalizace a výběr surovin.....	54
4.3.3	Návrh receptury polymerní zálivkové hmoty	56
4.3.3.1	Receptura zaměřena na kombinaci ideálních vlastností primárních a druhotných surovin	56

4.3.3.2	Receptura zaměřená na vysoké pevnosti s využitím pouze primárních surovin	57
4.3.3.3	Receptura zaměřena na co nejefektivnější využití druhotných surovin	57
4.3.4	Návrh předúpravy druhotných surovin	58
4.3.5	Návrh Aplikace polymerní záливkové hmoty	58
5	Závěr	59
6	Seznamy	61
6.1	Seznam použité literatury	61
6.2	Seznam obrázků	65
6.3	Seznam tabulek	65
6.4	Seznam zkratk	66

1 ÚVOD

Všechny stavební konstrukce vyžadují pravidelnou údržbu, opravu v průběhu času také rekonstrukci, modernizaci nebo přestavbu. Tyto práce souvisí s prodloužením jejich uživatelské doby a také s modernizací. V případě, že závady zůstávají bez povšimnutí, prudce stoupá nebezpečí znehodnocení interiérových částí budov nebo dokonce narušení statiky nosných konstrukcí. [1] Nejdůležitějším faktorem opravy železobetonových konstrukcí je především zpomalit degradaci betonu a korozi ocelové výztuže. Výskyt trhlin ve stavebních konstrukcích ohrožuje jak životnost konstrukce, tak i její stabilitu a nosnost. Přispívá ke korozi výztuže, propouští vlhkost a vodu. V neposlední řadě jsou estetickým nedostatkem konstrukce. Liší se jednak příčinou vzniku, svou pohyblivostí a přítomností vody. [2]

K obnovení trvanlivosti betonových a železobetonových prvků slouží např. i záливkové hmoty, které patří mezi hmoty správkové a využívají se především pro kotvení různých předmětů a zařízení, zalévání trhlin a spár, dále pro podlévání ložisek, kotevních patek, desek a základů strojů. Pro jejich aplikaci je nutný důkladně očištěný povrch. Výrobou záливkových malt se zabývá v České republice i ve světě mnoho výrobců. Je nutné brát zřetel na vhodný výběr záливky, špatný výběr vede např. k degradaci, poruchám nebo ke snížené životnosti samotné konstrukce.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Zálivkové hmoty

Zálivkové malty pro zalévání a kotvení jsou využívány ve stavebnictví k dokonalému vyplnění prostoru mezi základovým betonem a ocelovou konstrukcí/technologíí nebo jiným železobetonovým konstrukčním prvkem. Dále pro vyplnění manipulační mezery. Zejména se jedná o těžko dostupné otvory a rozsáhlé technologické celky. Jejich úkolem je obnovit trvanlivost stávajících prvků, staticky zesílit konstrukci a uvést ji do původního vzhledového stavu. Při aplikaci zálivkové hmoty do konstrukce z materiálu s rozdílnou tepelnou roztažností je nutné použít kompozic s velkou flexibilitou ve velkém teplotním rozsahu. [3]

2.1.1 Použití zálivkových hmot ve stavebnictví

- utěsnění spár mezi kolejnicemi a přilehlou povrchovou vrstvou jako je dlažba, beton nebo asfalt,
- vyplnění vyfrézovaných nerovností, přechodů a výtluků na cestách,
- pro sanaci trhlin a spár v asfaltových a betonových plochách,
- oprava poškozených vozovek, k vyplnění výtluků, výmolů a k vytváření malých ramp,
- vyplnění dutin, otvorů, prohlubní, úlomů hran, vrtaných otvorů apod.,
- zalévání kotevních šroubů,
- zalévání a upevňování napojovacích tyčí výztuže, svodidel, zábradlí, ložiskových desek,
- pro ložiska silničních a železničních mostů. [4]

2.1.1.1 Sanace betonových konstrukcí

Zálivkové hmoty se velmi často využívají také při sanaci betonových konstrukcí, lze je tedy používat i jako reprofilační hmoty. Cílem sanace je znovu vrátit konstrukci či objekt do stavu, který umožní plnit jeho požadovanou funkci. [5]

1) Předúprava podkladu

Nejdůležitějším faktorem provedení správné sanace je samotná příprava stávající konstrukce, především podkladu, na který bude nanesena nová vrstva vhodné záливkové hmoty. Podle zjištění kvality podkladu je zvolen způsob jeho očištění a správná volba materiálu. Jedním z cílů je otevření pórového systému a obnažení hrubých zrn kameniva, aby došlo k provázání nové malty se stávající. Snahou je dosažení soudržného podkladu bez znečištění. [5]

2) Příprava betonového podkladu

Čištění podkladu:

- Odstranění všech nesoudržných, nebo zdegradovaných součástí konstrukce.
- Očištění prutů výztuže a případné doplnění výztužné osnovy pomocí nových prvků.
- Otevření pórového systému a obnažení zejména hrubých zrn kameniva.
- Snahou je dosáhnout soudržného podkladu, bez znečištění, které by mohlo působit jako separační vrstva.

Pokud je podklad dokonale očištěn, je nutné lokální vyspravení části konstrukce, které by mohlo mít vliv na výsledné řešení záливky. Dále je potřeba zhodnotit kvalitu podkladu po očištění. [5]

Tři základní typy podkladu:

- kvalitní podklad,
- podklad horší kvality, nebo kvality, která odpovídá minimálním požadavkům,
- podklad, který nesplňuje minimální požadavky – musí být tedy proveden speciální technologický postup pro opravu konstrukce. [5]

Prvky betonových konstrukcí můžeme reprofilovat několika způsoby. Mezi tyto technologie řadíme nanášení opravné malty ručně, stříkáním nebo betonáží. Jedná se o malty cementové, polymercementové (PCC) a polymerní (PC). Materiál musí vyhovovat požadovaným fyzikálně-mechanickým vlastnostem, zejména zamezení smrštění a musí vykazovat dobrou přídržnost ke stávajícímu podkladu. Hodnota

přidrženosti se může s přibývajícím časem snižovat a to vlivem působení negativních faktorů. Při výběru správkových hmot je velmi důležitá obezřetnost. [1]

2.1.2 Hlavní požadavky na polymerní záливkové hmoty

Požadavky na vlastnosti správkových hmot neustále stoupají, je tedy třeba brát zřetel na správnou volbu polymerní záливky. Ta se odvíjí od základních znalostí parametrů záливkové hmoty. Významnou roli hrají klimatické podmínky v dané lokalitě, zejména pak rozdíl mezi nejnižšími a nejvyššími teplotami. Pro to jsou na záливkové malty kladeny velké nároky a jejich použití vyžaduje velmi dobrou znalost a zkušenost právě se zpracováním těchto materiálů. [5]

2.1.2.1 Požadavky na záливkové hmoty

- vysoká pevnost v tlaku, tahu za ohybu a tahu,
- dobrá zpracovatelnost,
- objemová stálost,
- dlouhodobá trvanlivost,
- odolnost proti chemickým agresivním vlivům, mrazu, vodě,
- odolnost proti možnému dynamickému zatížení,
- odolnost proti karbonataci a UV záření,
- rychlost uvedení do provozu,
- rovinnost a estetický vzhled,
- otěruvzdornost,
- těsnost,
- rázová houževnatost.

2.1.3 Charakteristické vlastnosti záливkových hmot

- tekutost,
- rychlý vývoj pevnosti,
- minimální smršťování,
- vysoká odolnost vůči posypovým solím,
- odolnost proti stárnutí.

2.1.4 Správný výběr záливkové hmoty

Před každou aplikací je nutné zvolit tu neoptimalnější záливkovou hmotu pro dané podmínky.

- **Vyplňování trhlin** – technika, která zabraňuje pronikání vody do podloží na vozovkách, na kterých jsou trhliny, ale nedochází ke strukturálnímu selhání vozovky.
- **Zalévání trhlin** – technika zabraňující pronikání vody do podloží na vozovkách, které jsou v dobrém stavu, ukazujících narušení většinou ve formě tepelných nebo pracovních trhlin.
- **Zalévání spár** – technika utěšňování spár v cemento–betonových površích, aby se zabránilo vodě v pronikání do podloží a jeho narušování.

2.1.4.1 Základní parametry a principy

1) Tekutost záливky

- Klíčovým parametrem každé záливkové hmoty je kompletní vyplnění dutiny mezi základovou deskou, okolo montážních prvků apod. Tečení záливky nesmí být dosaženo na úkor pevnosti, objemové stálosti či objemové hmotnosti.

2) Objemová stabilita/smrštění – zamezení smrštění, které je nežádoucí

- Řízená expanze a smršťování jsou zcela zásadní pro dokonalou a dlouhodobou funkci záливky.

3) Objemová hmotnost

- Vysoká objemová hmotnost záливky je zárukou lepší schopnosti přenést zatížení a odolávat cyklickému či dynamickému namáhání.

4) Chemická odolnost

- Schopnost odolávat agresivnímu vnějšímu a vnitřnímu prostředí, jak přírodnímu tak uměle vytvořenému.

5)Dotvarování

- Vysoká provozní teplota zvyšuje dotvarování pryskyřičných záливок. Kvalitní epoxidové zálivky odolávají teplotám až do +70 °C. Pro teploty vyšší jsou vhodné cementové zálivky a zálivky s metalickou příměsí.

6)Vibrace/dynamické namáhání

- Kombinace optimálních hodnot hustoty, modulu pružnosti a pevnosti v tlaku. Zásadní je nalezení optimální rovnováhy mezi dostatečně nízkým modulem, creepem/ dotvarováním a tepelnou odolností.

7)Rychlost uvedení do provozu

- Kromě výše zmíněných požadavků je zásadní také rychlost, s jakou dosáhne zálivka provozních parametrů. Speciální kvalitní minerální zálivky umožňují zatížení provozem již po několika hodinách po zalití. [6]

2.2 Základní typy zálivkových hmot

- **Zálivkové hmoty na silikátové bázi** – cementové zálivkové hmoty – k podlévání základů strojů, jeřábových drah, k zalévání kotev, šroubů, svorníků apod., vykazují vysoké pevnosti, zpracovatelnost i při nízkých teplotách. [7]
- **Zálivkové hmoty na polymerní bázi** – polyesterové (PES), vinylesterové (VES), epoxidové (EP), polyuretanové pryskyřice (PUR) – kompozitní materiál skládající se z vytvrditelné organické matrice a anorganického plniva, který namísto cementu využívá jako pojivo polymery. Používají se zejména pro odvodňovací systémy venkovních zpevněných ploch.
- **Asfaltové zálivky** – směs asfaltu s anorganickými nebo organickými plnidly. S asfaltovou zálivkou se můžeme setkat nejenom na silnicích, ale i při zalévání betonových spár vozovek, letištních ploch či dlažby a chodníků. [8]

2.2.1 Speciálně prováděné zálivky

1) **Zálivky za horka** – asfaltové zálivky modifikované polymerem, např. zálivky typu N1 a N2. Dle účelu použití se rozdělují na zálivky bez odolnosti proti pohonným látkám a zálivky odolné proti pohonným látkám. [9]

- Typ N1 podle normy DIN EN 14188–1 asfaltová termoplastická hmota zpracovávaná za horka, která má převážně elastické vlastnosti.
- Typ N2 podle normy DIN EN 14188–1 asfaltová termoplastická hmota zpracovávaná za horka, která má převážně plastické vlastnosti. [9]

Použití:

- u spojů na betonových a ocelových mostech podél obrubníků,
- na málo pojížděné spáry na betonových a asfaltových plochách,
- sanace trhlin a spár.

Výhody:

- dobrá přilnavost,
- odolnost proti solím, stárnutí apod.,
- recyklovatelná. [4]

2) **Zálivky za studena** – používají se jako samonivelační a soudržné, podle způsobu jejich aplikace. Dále se dělí do dvou tříd podle jejich přípustné celkové deformace (25 % a 35 %). [9]

2.3 Polymerní zálivkové hmoty

Zálivkové malty určené do energetického průmyslu a těžkých strojírenských provozů musí být vysoce mechanicky odolné, s dlouhodobou trvanlivostí. I z toho důvodu je práce zaměřena na zálivky na polymerní bázi, které lze označit v současnosti mezi ty nejlepší na trhu. V určitých případech můžeme jako polymerní zálivkové hmoty použít i polymerbetony (PC), které mají oproti běžnému betonu s cementovou maticí, výrazně lepší mechanické vlastnosti i odolnost vůči agresivním médiím.

2.3.1 Polymerbetony (PC) a polymermalty (PM)

Jsou to kompozity, v nichž pojivo tvoří pouze polymerní pryskyřice a plnivem je většinou kamenivo. Jejich pevnostní a deformační vlastnosti se mění podle obsahu pryskyřice v kompozitu. Jako záливkové malty jsou vhodné např. při rekonstrukci jeřábových drah, polymermalty (PM), které se využívají k upevnění uvolněných kotevních šroubů. [10]

2.3.2 Postup při aplikaci polymerních záливkových hmot

Správná příprava a aplikace záливkové hmoty :

Následující postup, je navržený tak, aby bylo dosaženo nejlepších výsledků:

1) Plánování

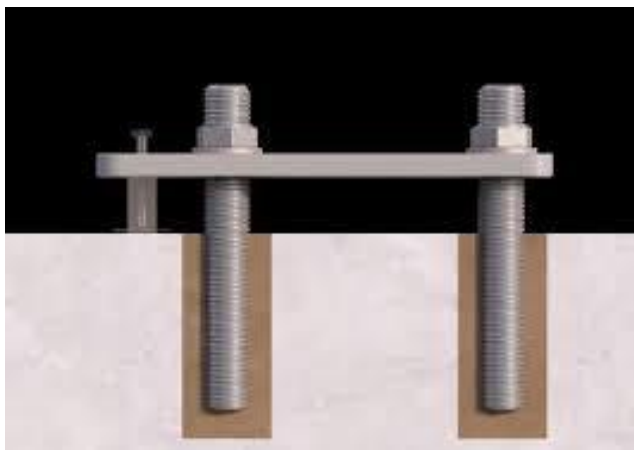
Správné naplánování je zásadní. Důležité je také ujištění, že byla vypočtena vzdálenost toku/hlavy a je k dispozici potřebné zařízení, dobré promíchání záливky, dostatek času pro práci a zajištění správného fungování díky vhodné teplotě. [11]

2) Příprava podkladu

- podklad musí mít dostatečnou soudržnost a pevnost, bez uvolněných částí betonu a dalšího nesoudržného podkladu,
- podklad je nutné zbavit mastnoty, zbytků cementu nebo cementového mléka, výkvětů a jiného cizorodého materiálu zvláště s vodu odpuzujícími účinky, popř. odstranění koroze ze základové desky, identifikace skvrn a provrtání, aby se zabránilo zachycení vzduchu,
- pro zlepšení přilnavosti se doporučuje styčný povrch zdrsnit např. přebroušením, brokováním nebo pískováním,
- pro zlepšení přilnavosti u vývrtů (zvláště jádrových) se doporučuje zdrsnění stěn příslušnými nástroji, při zalévání závitových šroubů mohou být také použity vyrovnávací podložky, které musí být odstraněny po lití,
- pro dokonalou soudržnost se na podklad použije primer, který musí dostatečně ztvrdnout, pak se aplikuje samotná polymerní záливka. [11]

3) Upevnění

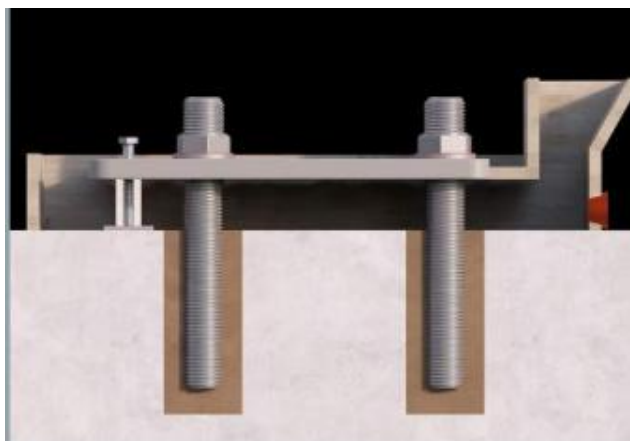
Šrouby a otvory musí být čisté a suché s dostatečným mechanickým klíčem. Je nutné okamžité umístění šroubu otáčivým pohybem do pryskyřice, dokud není dosaženo požadované hloubky. Šrouby by měly být rovné a ve středu, pro ustálení materiálu (Obr. č. 1). [11]



Obrázek č. 1 Upevnění šroubů [11]

4) Bednění

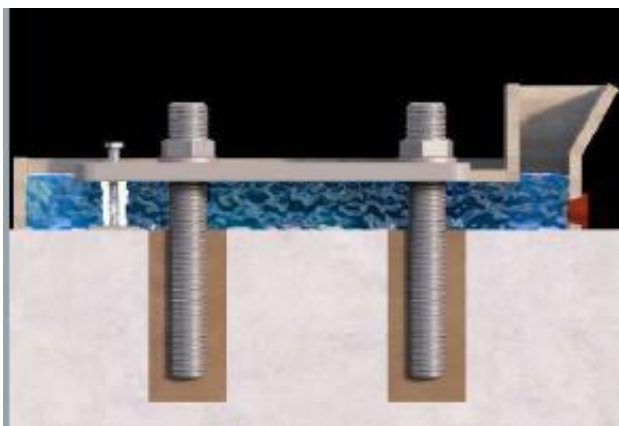
Bednění pro polymerní epoxidové zálivky musí být vodotěsné, dobře upevněné a soudržné, opatřeno vhodným odbedňovacím přípravkem – silikonovým olejem nebo potaženo silikonovou folií, protože polymery na EP a MA bázi mají obrovskou přilnavost k silikátovým materiálům, dřevu i kovům. (Obr. č. 2) [11]



Obrázek č. 2 Bednění [11]

5) Nasycení

Vyplnění bednění čistou vodou a nechat stát po dobu minimálně dvou hodin, kontrola bednění, po nasycení odstranění stojaté vody pomocí vakua nebo houby, zahájení procesu injektáže ihned po dokončení procesu nasycení. (Obr. č. 3) [11]



Obrázek č. 3 Nasycení čistou vodou [11]

4) Míchání

Míchání je prováděno ruční vrtačkou nastavenou na pomalou rychlost nebo může být použit lopatkový mixer. Pomalu je přidávám prášek do předem odměřeného množství vody, zajištěna dobrá konzistence poměr voda/prášek. Materiál by neměl stát déle než 15 minut. Potup míchání by měl zajistit, že je dosaženo konstantní síly bez časových prodlev. [11]

5) Nalévání

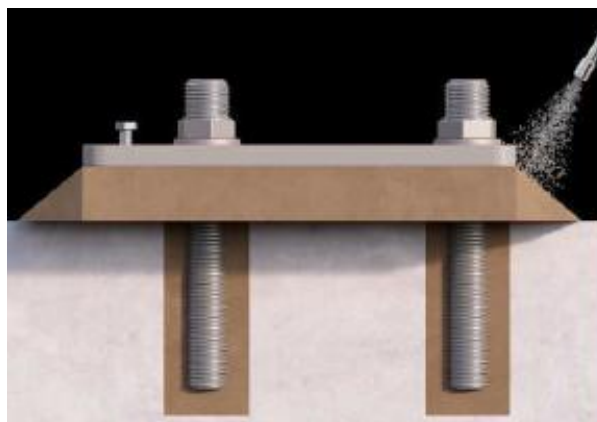
Pomocí záhlaví nalít zálivku průběžně přes oblast, důležité je udržování mezery mezi litím na absolutní minimum a udržováním vedoucího tlaku. Provede se kontrola toku materiálu pod deskou a všechny větrací otvory budou ucpané, jakmile se naplní. Lít pouze z jedné strany, aby se zabránilo zachycování vzduchu. Nevibrovat správkovací hmoty pokud jsou v plastickém stavu. Pro velké plochy zvážit použití čerpadla (Obr. č. 4). [11]



Obrázek č. 4 Nalévání zálivky do bednění [11]

6) Dokončení

Volné hrany materiálu je třeba ošetřit. [11]



Obrázek č. 5 Ošetření hran materiálu [11]

2.3.3 Druhy polymerních pojiv používaných v záливkových hmotách

Použitím vhodného pojiva spolu s plnivovou složkou docílíme kompaktního systému, který se po vytvrzení vyznačuje vysokou pevností, povrchovou odolností a přídržností k podkladu.

- **Epoxidové pryskyřice (EP)** – termosety s dobrými mechanickými vlastnostmi, vysokou rozměrovou stálostí a přilnavostí k zvolenému typu plniva,
- **Polyuretany (PUR)** – jsou dvousložkové pryskyřice s nízkou viskozitou (výbornou zatékavostí) a rychlým vytvrzením, mají výborné izolační a fyzikálně – mechanické vlastnosti,
- **Metakrylátové pryskyřice (MA)** – reaktivní pryskyřice, MA mají dobré mechanické a elektroizolační vlastnosti a vynikající odolnost proti povětrnosti,
- **Kaučuky** – přírodního, syntetického a speciálně syntetického původu.

2.3.4 Využitelná plniva v záливkových hmotách

Plniva jsou přírodní nebo syntetické nerozpustné látky, které zastávají funkci přídatného materiálu obsaženého v objemu matrice. Důvodem proč se přidávají různá plniva do polymerních zálivek je především snížení ceny materiálu a to nahrazením drahého polymeru levnější náhražkou. Avšak nežádoucí tvar a chemické složení plniv může jenom lehce zvýšit elasticitu polymeru a jeho pevnost dokonce i zmenšit. Dále se mohou používat pro změnu fyzikálních vlastností

kompozitu, kde neplní roli levnější náhražky, ale jsou přímo hlavní složkou. V tomto případě mluvíme o funkčních plnivech. [12]

Cíl použití plniv:

- dosažení požadované objemové koncentrace pevných látek, tedy plniv a pigmentů v zálivkovém systému,
- optimalizace určitých vlastností nebo dosažení specifických vlastností tohoto systému,
- odlišují se od pigmentů tím, že mají nižší krycí schopnost, ve většině případů by neměla ovlivňovat výsledný barevný odstín. [13]

Typy plniv:

1) Funkční plniva

Ovlivňují řadu vlastností kompozitů. V některých případech se jedná o tzv. multifunkční plnivo, protože mohou mít řadu vedlejších funkcí. Např. vláknová plniva mají velký vliv na modifikaci mechanických vlastností, mezi jejich hlavní funkce patří zvýšení odolnosti proti ohni, modifikace povrchových vlastností, úprava elektrických a magnetických vlastností, vylepšení a kontrola zpracovatelských vlastností. [13]

2) Vláknová plniva:

- přírodní, syntetická,
- uhlíkové nanotuby, uhlíková vlákna,
- skleněná vlákna apod.,
- slída,
- aramidová/syntetická/přírodní vlákna. [13]

3) Částicová plniva:

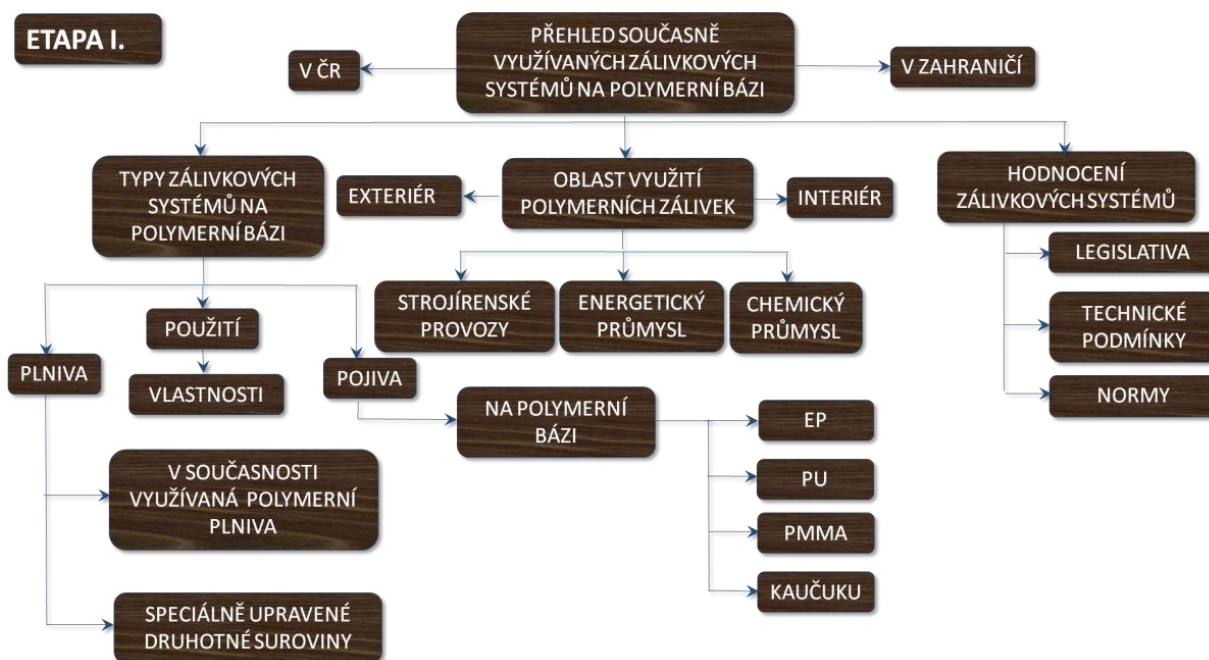
- mastek,
- uhličitan vápenatý,
- kaolin,
- dřevěná moučka,
- wollastonit (CaSiO_3),
- skleněné koule. [13]

Nanoplňiva

- v polymerech se využívají zejména pro zvýšení houževnatosti,
- vhodným plnivem jsou uhlíkové nanotrubičky, mají vynikající strukturální a elektrické vlastnosti, díky čemuž lze docílit vodivosti kompozitu při velmi nízkých koncentracích plniva,
- nevýhodou je náročné rozptýlení nanotrubiček v tekutých polymerech, je tedy nutné najít ekonomicky výhodnější technologický postup výroby takových kompozitů,
- grafit, zachovává nebo vylepšuje mechanické vlastnosti kompozitu,
- uhlíková vlákna, dají se používat v kombinaci s jinými plnivy, jako grafitový prášek nebo saze, vykazují dobré vlastnosti, a to díky dominanci efektu ze zvětšeného vnitřního mezifázového rozhraní. [13]

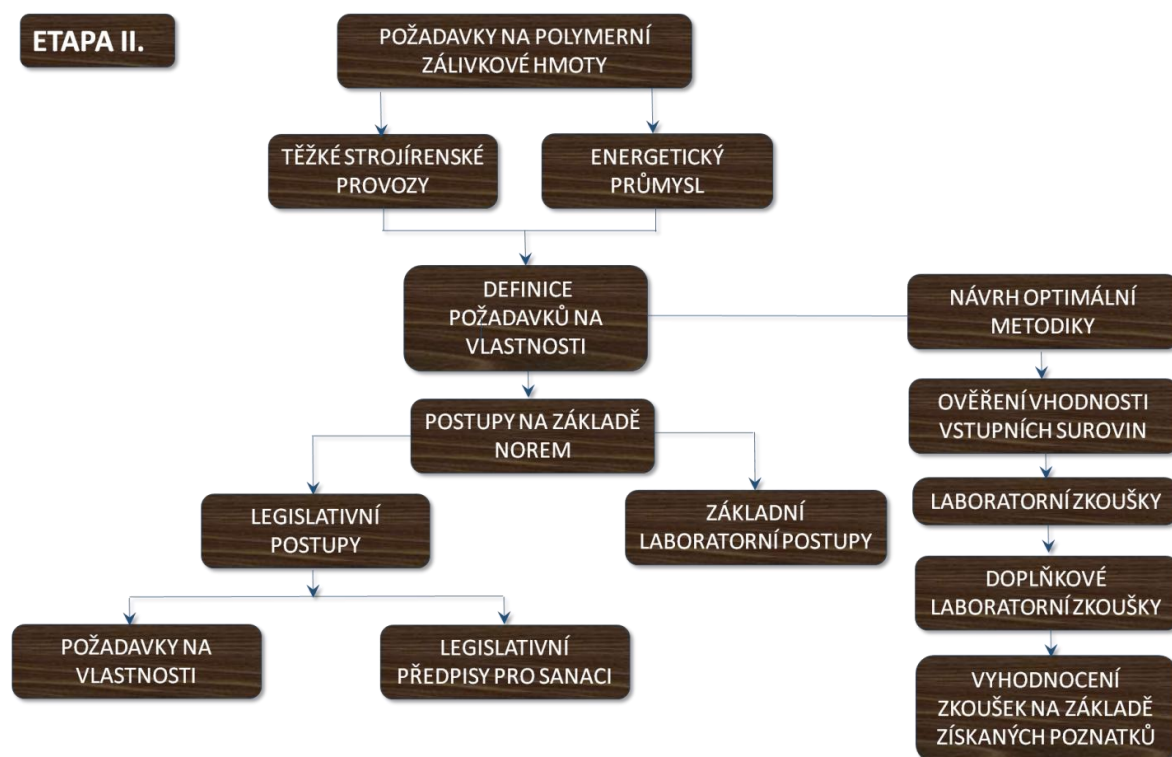
3 METODIKA PRÁCE

3.1 Etapa I – Přehled současně používaných polymerních zálivkových hmot



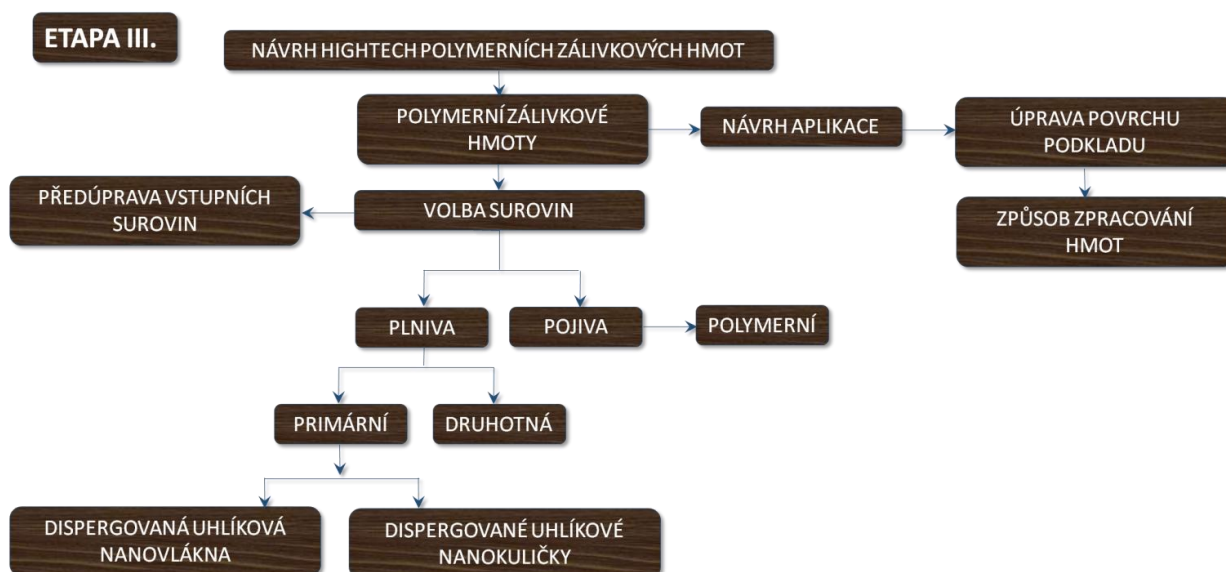
Cílem Etapy I je zpracování doposud získaných poznatků, vlastností a použití z oblasti polymerních zálivkových hmot především pro průmyslové provozy, do těžkých strojírenských provozů a do energetického průmyslu používané v ČR i v zahraničí, včetně identifikace systémů s využitím speciálně upravených druhotných surovin a progresivních plniv, jako jsou dispergovaná uhlíková nanovlákná. Dále uvedení a srovnání vybraných vlastností polymerních zálivkových hmot dostupných na trhu jak u nás tak i v zahraničí.

3.2 Etapa II – Požadavky na polymerní záливkové hmoty



Etapa II je zaměřena na požadavky a vlastnosti polymerních záливkových systémů pro těžké strojírenské provozy a energetický průmysl v souladu s platnými předpisy a normami pro sanaci betonových konstrukcí. Dále se tato etapa zabývá současnými legislativními postupy hodnocení vlastností těchto záливkových hmot. Bude zde navržena optimální metodika zkoušení vhodnosti vstupních surovin pro polymerní záливkové systémy. Dále zde budou definovány optimální zkušební postupy pro laboratorní ověření navržených polymerních záливkových hmot a postupy pro jejich poloprovozní ověření.

3.3 Etapa III – Návrh HighTech polymerních zálivkových hmot



V poslední etapě bude navržen nový systém HighTech polymerních zálivkových hmot využitelných v těžkých strojírenských provozech a v energetickém průmyslu. Bude provedena vhodná volba vstupních surovin včetně druhotných a odpadních a taky progresivních plniv jako jsou dispergovaná uhlíková nanovlákná nebo dispergované uhlíkové nanokuličky. Dále budou navrženy optimální receptury pro přípravu HighTech polymerní zálivkové hmoty včetně návrhu jejich aplikace, úpravy povrchu podkladu a způsob zpracování.

4 PRAKTICKÁ ČÁST

4.1 Etapa I – přehled současně používaných polymerních zálivkových hmot

4.1.1 Druhy pryskyřic používaných jako pojiva pro polymerní zálivkové hmoty

A) Epoxidové pryskyřice (EP)

Epoxidové pryskyřice (EP) jsou sloučeniny, obsahující v molekule více než jednu epoxidovou (oxiranovou) skupinu. Nejběžnějším typem jsou produkty alkalické kondenzace epichlorhydrinu (EPC) s bisfenolem A (BPA), (85 % světové produkce). [14]. Pro svou vysokou chemickou a mechanickou odolnost jsou široce používány v námořní a letecké dopravě, ve stavebnictví a v mnoha dalších oborech. V kombinaci se skleněnými, uhlíkovými a aramidovými vlákny je možno z EP připravit kompozitní materiály vláknového typu – lamináty. [15]

Vytvrzování epoxidových pryskyřic

Po vytvrzení dosahují EP řadu vynikajících vlastností, jako vysokou mechanickou pevnost, houževnatost, požadovanou elasticitu, rozměrovou stálost, tepelnou a chemickou odolnost aj. Tyto vlastnosti jsou nezbytné pro většinu aplikací ve stavebnictví. [16]

Vytvrzování EP je proces, při kterém se pomocí chemických reakcí převádějí nízkomolekulární, rozpustné epoxidové monomery a oligomery na netvarovatelné a nerozpustné epoxidové polymery (termostety), které mají převážně trojrozměrnou strukturu. [16]

Samotné vytvrzování EP se provádí pomocí tvrdidel, což jsou látky schopné reagovat s oxiranovými, popř. hydroxylovými skupinami přítomnými v pryskyřici, tak, že se stávají součástí sítě, která vznikne vytvrzením. Dále se používají i látky, které pouze iniciují polymeraci epoxidových skupin. Síť, která vznikne, je složená ze segmentů EP. U některých tvrdidel probíhají oba typy polyreakcí současně, ve vzniklé síti jsou přítomné obě struktury vedle sebe. Během polymerace dochází také k malému úniku rozpouštědel, které většinou obsahují dvě složky. Avšak v

současnosti se využívají EP s minimálním množstvím rozpouštědel a označují se tedy jako „bezrozpouštědlové“. Při vytvrzování EP polyadičními nebo polymeračními tvrdidly dochází s postupující konverzí funkčních skupin k růstu relativní molekulové hmotnosti. Bod gelace je charakteristickým bodem pro síťování, kdy se v systému objeví nekonečná struktura. [16]

Vytvrzování EP lze uskutečňovat třemi různými způsoby:

- polyadici probíhající na epoxidových skupinách,
- polykondenzací na přítomných hydroxylových skupinách,
- polymerací epoxidových skupin. [16]

Pro vytvrzování EP lze využít:

- reakce s polyaminy – alifatické a cykloalifatické polyaminy,
- reakce s polythioly – reakce skupiny – SH s epoxidovými skupinami,
- vytvrzování anhydridy – anhydridy polykarboxylových kyselin,
- polymerace EP – spojení molekul EP etherovými můstky,
- vytvrzování jinými pryskyřicemi. [16]

Mezi nejčastěji používaná tvrdidla patří v současné době polyaminy jako např. diethylentriamin, m–xylene diamine a další; za normální teploty se používají zejména pro lepidla, tmely, nátěrové hmoty, licí podlahoviny a plastbetony; přičemž tvrzení probíhá většinou za nezvýšené teploty během několika hodin, úplné dotvrzení až po několika dnech. Zvýšením teploty se může proces urychlit. [16]

Vlastnosti EP

- během vytvrzování dochází k minimálnímu smrštění,
- jsou velmi dobře plnitelné,
- mají výbornou přilnavost na kovy, sklo, beton, dřevo, keramiku a jiné materiály,
- mají velmi dobré chemické a elektroizolační vlastnosti,
- většina neodolává acetonu a organickým rozpouštědlům,
- teplotní stálost přibližně do 100 °C,
- vykazují vysoké pevnosti,

- vykazují značnou odolnost vůči vodě,
- jsou dlouhodobě odolné na silikátových a kovových podkladech,
- široká oblast použití. [17]

Použití EP ve stavebnictví

Pro jejich dobrou přilnavost k povrchu, odolnost proti povětrnostním vlivům a odolnosti stárnutí, jsou epoxidové pryskyřice využívány ve stavebnictví např. k ochraně a opravě povrchů, zejména do mechanicky namáhaných oblastí. [17]

Využití ve stavebnictví:

- nátěrové hmoty – chemicky odolné fyziologicky nezávadné apod.,
- opravné hmoty,
- injektážní hmoty,
- přísady,
- pojivo do polymerbetonu (PC) a polymermalt (PM),
- vodné emulze,
- provádění podlah,
- tmelení lokálních výtluků v podlaze (reprofilace),
- lepení různých druhů materiálů, zejména silikátů.

Podmínky pro použití EP

- nesmí být zpracovávána při teplotách okolí a podkladu pod $+5^{\circ}\text{C}$ a nad $+30^{\circ}\text{C}$,
- min. doporučená teplota je $+12^{\circ}\text{C}$,
- doporučená teplota pro aplikaci je $+20^{\circ}\text{C}$,
- maximální vlhkost vzduchu do 75%, vlhkost podkladu u většiny bezrozpuštědlových pryskyřic max 6 %,
- skladovatelnost v originálních obalech v suchu při teplotě 12–25 C maximálně 6 měsíců. [18]

Při výběru správného druhu pryskyřice může nastat řada problémů. Další problémy nastávají i při aplikaci konkrétní pryskyřice v technologickém procesu. Popis nejčastějších poruch a vad při použití EP:

Tabulka č. 1 Nejčastější poruchy při provádění podlah z EP – jejich příčiny a možnosti zabránění poruch [14]

Vada	Příčina	Možnosti zabránění poruch
Unikání vzduchu v podobě bublin z malých otvorů v průběhu vytvrzování	Zachycení vzduchu v pryskyřici	Změna teploty předeřtí nebo vytvrzení
	Nečistoty, zbytky oleje, maziva, činidel aj. na povrchu nebo mezi vrstvami	Důkladné vyčištění podkladu před aplikací
	Prášková pryskyřice je zvlhlá	Skladování v uzavřeném stavu
Nízká přilnavost pryskyřice	Nečistoty, zbytky oleje, maziva, činidel aj. na povrchu nebo mezi vrstvami	Důkladné vyčištění před aplikací
	Nepřichytávající materiál	Změna materiálu
	Pryskyřice není plně vytvrzena	Kontrola vytvrzovací teploty nebo důslednost vytvrzení a dostatečná doba vytvrzení

Zálivkové malty na EP bázi

Zálivky na EP bázi jsou vysoko pevnostní, s vysokou odolností vůči obrusu, oděru a vlhkosti. Doba zpracovatelnosti materiálu začíná smícháním komponentů, pryskyřice a tvrdidla. Při vyšších teplotách je doba zpracovatelnosti kratší, naopak při poklesu teploty se doba zpracovatelnosti prodlužuje.

Použití epoxidové zálivkové malty:

Zalévání a upevňování:

- spon, upevňovačů,
- táhel, distančních prutů,

- svodidel, zábradlí, mříží,
- plotových sloupků. [18]

Podlévání a uložení:

- mostních ložisek,
- ložiskových desek,
- mechanických spojů,
- základů strojů, podkladní desky, lehkých a těžkých strojů, vibračních přístrojů atd. [18]

Bezpražcové upevňování kolejnic:

- tramvajových kolejí na mostech a v tunelech,
- jeřábových drah. [18]

Výhody záливkové hmoty na EP bázi:

- minimální smrštění,
- odolnost vůči vlhkosti, většině chemikálií a mrazu,
- vysoký nárůst počátečních pevností,
- vynikající mechanické vlastnosti,
- vysoká odolnost proti abrazi,
- vysoká pevnost v tlaku a tahu za ohybu,
- vysoká odolnost vůči vibracím a dynamickému zatěžování,
- odolnost vůči dotvarování. [18]

Epoxidové zalévací směsi jsou nalévány do předem připravených bednění a to pouze z jedné nebo ze dvou stran, abychom zabránili možnosti uzavření vzduchu pod podlévanou plochou. Tloušťka vrstvy pro jeden pracovní krok je min. 12 mm a max. 50 mm. Pokud chceme vytvořit vyšší vrstvu, je třeba zalévat ve více vrstvách. Zálivka slouží během tvrzení jako parotěsná zábrana. Většinou nesmí být ředěna, protože by došlo k zabránění správnému vytvrnutí a změně mechanických vlastností. Epoxidové pryskyřice upřednostňujeme díky jejich výborné adhezi k většině povrchů, vynikajícím mechanickým vlastnostem, odolnosti vůči chemikáliím a klimatickým podmínkám. [18]

B) Polyuretany (PUR)

Vznikají adiční polymerací vícefunkčních isokyanátů s polyalkoholy. Pokud obsahují více jak 2 hydroxylové skupiny, vznikají síťované prostorové makromolekuly. To má význam pro tzv. reaktivní laky. Lineární nebo málo lehčené polymery se střední molekulovou hmotností jsou vhodné pro měkké lehčené výrobky. Naopak s malou molekulovou hmotností, s krátkými molekulovými řetězci se využívají k výrobě tvrdých lehčených výrobků. [19]

Použití PUR ve stavebnictví

- nátěrové hmoty,
- plniva do izolačních malt,
- plniva do lehkých betonů,
- podlahové systémy na bázi polyuretanových živic,
- fasádní prvky,
- technické izolace potrubí a zařízení,
- protipožární překlad,
- dveřní systémy městských drah – nadzemních i podzemních,
- nástavby vozidel,
- spoilerové systémy užitkových vozidel,
- tvrdá pěna pro výrobu modelů.

Zálivkové hmoty na PUR bázi:

Jsou vysoce odolné proti mechanickému poškození a namáhání otěrem. Používají se k vyplnění dilatačních spár průmyslových podlah, potěrů aj. Jejich vynikající přilnavost k betonu, přírodnímu kamenivu, keramice atd. zajišťuje předchozí penetrace prováděná primerem na PU bázi. [20]

Použití:

- vyplnění dilatačních spár,
- provádění průmyslových podlah,
- finální vrstva vozovek určené pro letiště, silnice a dálnice,
- spárování vertikální nebo nakloněné.

Pro dláždění a upravené plochy:

- tržnice, zahradní cesty, vjezdy do garáží, pěší zóny,
- spárovací zálivka pod kamenné nebo betonové dlažební kostky.

Výhody:

- dobrá odolnost proti chemikáliím,
- vytvrzení bez trhlin a při tuhnutí s minimálním smrštěním,
- trvale pružná,
- při vyšších teplotách neměkne, při nižších nekřehne,
- odolává zředěným kyselinám, louhům apod. [21] [22]

Díky kombinaci pružnosti, pevnosti v tahu a vysoké odolnosti vůči oděru jsou vhodné tyto zálivky jako materiál, který dobře plní vysoké nároky na spolehlivost i při velkém dynamickém zatížení. Zejména v prostředí vyžadujícím odolnost proti oděru. Všechny výrobky je nutné po výrobě temperovat, vyrovnáme tak vnitřní pnutí PUR. [22]

C) Metakrylátové pryskyřice (MA)

Reaktivní pryskyřice, která se vyrábí polymerizací kyseliny akrylové, metakrylové a jejich esterů. Tyto pryskyřice jsou bez rozpouštědel a s nízkou viskozitou. Mezi MA řadíme i polymethylmetakrylát (PMMA), jehož největší předností je rychlost vytvrzení materiálu, mechanické pevnosti a trvanlivost. Díky tomu lze realizovat novou nebo opravit starou podlahu v minimálním možném čase. Po dokončení prací je možno podlahu okamžitě plně zatěžovat. [23]

Zálivková hmota na bázi MA:

Opravné a zalévací malty na bázi MA mají vysoké počáteční pevnosti s velmi krátkou dobou vytvrzení. Během zpracování a tvrdnutí vykazují charakteristický zápach. Pokud probíhá aplikace v interiéru je nutné větrání a odvod výparů. Zálivková hmota na bázi reaktivních akrylátových pryskyřic vykazuje během zpracování a tvrdnutí charakteristický zápach. Po vytvrzení se zápach neuvolňuje. [24]

Použití:

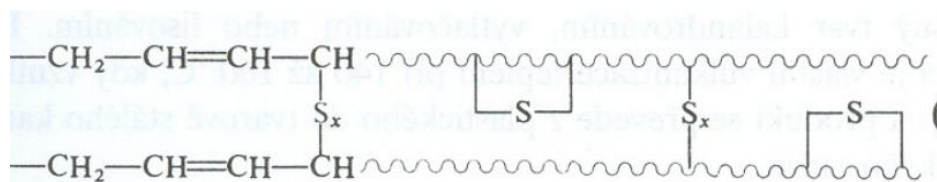
- betonové vozovky, letištní plochy, průmyslové podlahy, parkovací plochy, schodiště atd.,
- výplně otvorů, dutin, prohlubní, úlomků hran, vrtaných otvorů apod.,
- zalévání kotevních šroubů apod.,
- základy strojů, jeřábové dráhy,
- podlévání ložisek silničních a železničních mostů. [24]

Výhody:

- rychlost provádění prací (realizace cca 500m²/den),
- aplikace i v nízkých teplotách od -5°C,
- vysoká mechanická a chemická odolnost,
- vysoká odolnost proti obrusu a nárazům,
- vysoké počáteční i koncové pevnosti,
- vysoká přilnavost na beton, kámen, cementovou maltu i ocel,
- vhodná do středně – těžkého průmyslu,
- aplikace i při nízkých teplotách,
- rychlé vytvrzení bez objemové expanze. [24]

D) Kaučuky

Jedná se o polymery přírodního nebo syntetického původu, které lze převést zesíťováním na elastomery. Ty lze působením malých sil silně protáhnout, po skončení deformace se však vrací do původního stavu a díky tomu se tedy vyznačují velkou pružností. Využívají se především jako základní surovina pro výrobu pryží díky možné vulkanizaci kaučuku. Jejich vlastnosti jsou většinou uváděny pro vulkanizované směsi. Právě některé vlastnosti lze vhodnými přísadami ovlivnit. [25]



Obrázek č. 6 Vulkanizace kaučuků [25]

Tabulka č. 2 Příklady nejběžnějších kaučuků [25]

ZKRATKA	NÁZEV	SPOTŘEBA [%]	URČENÍ
NR	Přírodní kaučuk	32	všeobecné
IR	Izoprenový	3	všeobecné
SBR	Butadienstyrenový	37	všeobecné
EPM/EPDM	Ethylenpropylenový	7	všeobecné
IIR	Butylkaučuk	3	všeobecné

1) Syntetické kaučuky

Syntetické kaučuky jsou vyráběny polymerací nebo kopolymerací některých nenasyčených uhlovodíků, mohou mít různé složení. Vyznačují se velkým objemem spotřeby a nízkou cenou. Mají poměrně špatnou odolnost proti stárnutí za tepla i nízkou odolnost proti ozonu, je tedy výhodné v jejich směsích použít antidegradanty. Naopak ve vulkanizátech dávají vysokou pevnost a odolnost proti oděru spolu s nízkou hysterezí a odrazovou pružností. [26]

2) Speciální syntetické kaučuky

Speciální syntetické kaučuky se převážně používají v inženýrských aplikacích, kde se vyžadují vlastnosti, jako jsou např. dlouhodobá odolnost proti bobtnání, zvýšené teplotě, ozonu atd. Jedná se např. o kaučuky se zlepšenou odolností proti oxidaci, např. kaučuky silikonové fluoruhlíkové. [27]

4.1.2 Druhy používaných progresivních plniv

A) Nanoplňiva

Nanovlákná

První pokusy o výrobu byly provedeny již ve 20. století, v 80. letech se objevily na trhu první výrobní technologie, rozhodující část z nich stále funguje v laboratorních podmínkách. Nejčastější princip výroby je elektrostatické zvláknování, kde se využívá sil k utváření jemných vláken z polymerního roztoku nebo polymerní taveniny. [13]

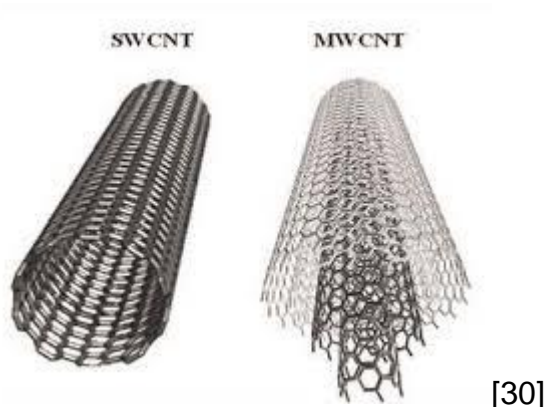
1) Uhlíkové nanotuby

- objeveny v roce 1991 japonským fyzikem Sumio Iijimou jako vedlejší produkt při tvorbě uhlíkových fullerenů – makromolekuly uhlíku, pomocí metody obloukového výboje,
- CNT (z ang. carbon nanotubes) - uhlíkové nanotuby (Obr. č. 7), mohou být jednovrstvé SWCNT (z ang. single-walled carbon nanotubes), nebo tvořené více vrstvami MWCNT (z ang. multi-walled carbon nanotubes), také DWCNT (z ang. double-walled carbon nanotubes), v podstatě představují nejjednodušší verzi MWCNT- zatím vykazují nejlepší materiálové vlastnosti z dosud známých forem nanotrubiček,
- průměr nanotrubiček se pohybuje kolem 0,4 nm,
- vynikající tepelné a elektrické vlastnosti,
- vysoká mechanická pevnost,
- ve vakuu teplotně stabilní do 2800 °C, na vzduchu při teplotě asi 750 °C,
- odolné deformacím,
- velmi lehké, chemicky inertní,
- odolné silným kyselinám a zásadám,
- způsoby výroby nanotrubiček – obloukový výboj, laserová ablace a metoda CVD (chemical vapour deposition). [28]

Na základě výzkumu, který byl proveden na fakultě Strojní ČVUT v Praze, byl vytvořen povlak nanokompozitu EP s hmotnostním podílem 1,2 % nanotub. Povlak vykazoval lepší vlastnosti jako např. přilnavost a znatelně lepší soudržnost než referenční povlak bez nanotub. [29]

Přidání uhlíkových nanotubic do nátěrových systémů na EP bázi má za následek především tyto přínosy:

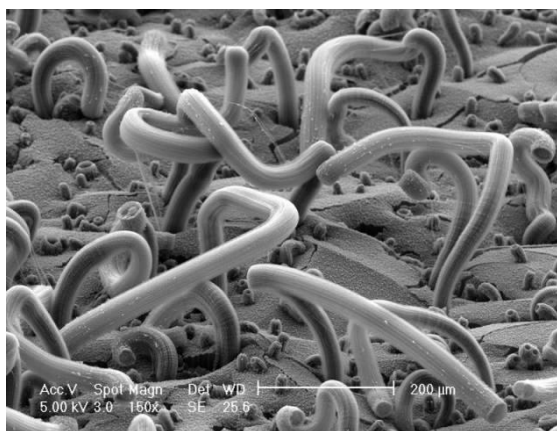
- zlepšení odolnosti vůči oděru,
- zlepšení odolnosti proti abrazi nanokompozitního povlaku při větším podílu nanotubic, se výrazně zlepšila, resp. byla nižší rychlost abrazivního opotřebení vzhledem k referenční EP. [12]



Obrázek č. 7 Single-walled (SWCNT) a multi-walled (MWCNT) uhlíkové nanotrubičky

2) Uhlíková nanovláčna – CNF (z ang. carbon nanofiber)

- vrstvy grafenu uspořádány kónicky – typ vláken je označován jako „fishbone“ viz (Obr. č. 8),
- díky struktuře mají horší mechanické vlastnosti než CNT (Obr. 8), ale vyšší chemickou reaktivitu,
- mohou být vytvořena z polymerních prekurzorů, z PAN (polyakrylonitril) nebo PVA (polyvinylalkohol) nanovláken,
- jsou se schopny zakotvit v polymerní matici, hrany grafitových vrstev po obvodu vlákna vytvářejí tzv. kotvy,
- výrobní náklady jsou až 100x nižší než na výrobu SWCNT,
- v závislosti na tloušťce stěny nanovláčna, se hodnoty Youngova modulu pružnosti pohybují v rozmezí 25–200 GPa. [12] [30]



Obrázek č. 8 Uhlíková vlákna [31]

Na Technické univerzitě v Liberci byla provedena řada experimentů v oblasti vnášení uhlíkových nanotrubic, respektive fullerenů do nanovláken. Problémem není jenom samotná příprava nanovláken, ale také komplexní přístup k problematice využití zkušeností z klasické přípravy polymerních kompozitů. Detekce malého množství příměsí v nanovlákných strukturách vyžaduje přesné a citlivé metody a jejich správnou interpretaci.

Důkaz přítomnosti fullerenů, nebo uhlíkových nanotrubic lze prověřit pomocí metody Ramanovy spektroskopie. [31]

3) Polymerní nanovlákná

V současné době je odzkoušena a rozvíjena příprava polymerních nanovláken a taktéž jsou studována jejich uplatnění. Kromě kompozitních polymerních nanovláken dvousložkových typu core-shell jsou zkoušeny přípravy polymerních nanovláken s anorganickými částicemi. Funkce anorganických částic v polymerech může být velmi složitá a přínosná pro výsledné vlastnosti produktů. Koncentrace polymerní matrice je důležitým faktorem, který ovlivňuje například viskozitu celé směsi. [30]

4) Celulózová nanovlákná

Jedná se o přírodní vlákna, jejichž použití je velmi atraktivní, protože se jedná o produkt z obnovitelných zdrojů, náklady na výrobu jsou nižší než na výrobu syntetických vláken. Jejich délka závisí na jejich původu, obvykle se pohybuje v rozmezí 100–300 nm s průměrem 3–10 nm. Vykazují vysoké hodnoty Youngova modulu pružnosti v rozmezí 138–167 GPa, nízký koeficient tepelné roztažnosti a vysokou pevnost v tahu. [30]

B) Klasická plniva

1) Skleněné vločky

Skleněné vločky (destičky) mají tloušťku přibližně 5 μm a jsou 10–4000 μm široké. Ideálně se používají ve hmotách na bázi vinylesteru (VES), EP, akrylových barvách a akrylátových nátěrech, kde působí jako bariéra proti korozivním účinkům chemických látek a vlhkosti, vynikají velmi dobrou chemickou odolností. Jejich výhodou je lepší odolnost proti opotřebení, skleněné vločky zvýší tvrdost

epoxidových a polyesterových pryskyřičných povlaků a také vyšší odolnost vůči opotřebení povrchu. Další výhodou je, že skleněné vločky poskytují prevenci proti praskání a odlupování povlaku v důsledku tepelného šoku, protože vytváří tepelnou stabilizační vrstvu ochranného povlaku. Skleněné vločky tvoří husté, inertní překážky na nátěrovém filmu. Tyto vrstvy skla se vzájemně překrývají, proto prodlužují dobu odolnosti systému proti vodě a chemikáliím. Zvyšují pružnost, tvrdost a otěruvzdornost. [32]

Tabulka č. 3 Chemické složení a základní vlastnosti Skleněných vloček [32]

Chemické složení	[%]	Základní vlastnosti	
SiO ₂	65–72	Pevnost v tahu za ohybu	25,00 MPa
Al ₂ O ₃	1–7	Odpor	12,35 MPa
CaO	4–11	Vzpěr (boulení)	39,47 MPa
MgO	0–5	Obsah pryskyřice	56 %
K ₂ O	0–1	Pórovitost	88 %
Na ₂ O	9–13	Roztažnost	1,15·10 ⁻⁶
Fe ₂ O ₃	0–0,4	Tvrdost dle Barcola	57

2) Sklářské písky

Sklářský písek je základní surovinou pro výrobu solárního, obalového, plochého a křišťálového skla, pro výrobu skelných vláken a vodního skla. Křemenný písek je též vhodný pro širokou oblast využití ve stavebním průmyslu, kde je základní surovinou pro výrobu lepicích, vyrovnávacích a spárovacích hmot apod. Díky své pevnosti v tlaku se používá také do průmyslových podlah. Mezi vlastnosti sklářských písků patří jejich zrnitost, která se vyrábí přímo na dané frakce. Dále tvrdost dle Mohse 7, Ph je zhruba 8, ztráta žíháním 0,08–0,25% a hustota 2,65 g·cm⁻³. [32] [36]

Tabulka č. 4 Chemické složení sklářského písku [32]

Chemické složení	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂
[%]	99,7	0,008	0,1	0,02

4.1.3 Druhotné suroviny

Z hlediska zákona o odpadech není pojem druhotná surovina nikterak definován. Nicméně se druhotnou surovinou rozumí materiály, které lze opětovně použít do výroby a jejichž použitím dojde k náhradě primárních surovin. Vznikají buď jako vedlejší produkty výroby, které jsou dále využívány v další výrobě nebo přímo jako materiál. Velmi důležitá je předúprava těchto surovin, zejména z důvodu jejich kolísavých vlastností. Proto bude z největší pravděpodobností nutné upravit jejich složení před použitím do zálivkových hmot. [33]

4.1.3.1 Brusné, řezné kaly

Patří mezi nebezpečné odpady (NO) jejichž ekonomicky výhodná recyklace by byla v metalurgické výrobě. Vznikají při broušení ocelí a obsahují velké množství kovů (více jak 70%). [34]

4.1.3.2 Odpad ze solárních panelů

Solární panel je vhodné vyměnit, pokud jeho účinnost klesne pod 20 %, přičemž se životnost solárních panelů odhaduje zhruba na 20–25 let. Některé panely mohou obsahovat nebezpečné látky – těžké kovy, například kadmium (Cd). Solární panel z krystalického křemíku má největší hmotnostní podíl skla (70 %), které není volně přístupné, protože jsou k němu přitaveny další vrstvy (EVA fólie, křemíkové články). Sklo je potřeba před dalším použitím rozdrtit na jemnější části a ostatní materiály od něho složitě odseparovat, čímž se získává směsné sklo. [35]

4.1.3.3 Odpadní lupky – lupkové úlety

Vznikají jako úletový materiál při úpravě a výpalu lupků a kaolinů v rotační peci, kde jsou hrubé úlety zachycovány cyklóny a jemné úlety zachycované tkaninovými filtry. V ČR jsou lupky dodávány v základních zrnitostech 0–30; 5–30; 3–5; 0–3 mm, tak i jemně tříděné na zrnění 0–0,1; 0–0,2; 0–0,5; 0,5–1; 0–1; 1–3; 3–5 mm. Z mineralogického hlediska se především jedná o mullit, cristobalit a křemen. [33]

4.1.3.4 Elektrárenské popílký

- Nespalitelné anorganické příměsi, které vznikají při spalování uhlí v tepelných elektrárnách,
- Zachycovány jsou z plyných spalin pomocí kouřových odlučovačů,

a) Vysokoteplotní popílek

Vzniká spalováním uhlí v práškovém ohništi při teplotách mezi 1200 a 1700 °C. Spalování vyžaduje následné odsiřování spalin, to je nejčastěji prováděno vápencovou vypírkou, vedlejším produktem je nejčastěji energosádrovec ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Zrna popílku jsou složená převážně z malých kulovitých zrn o velikosti 0,001 až 0,1 mm, měrný povrch se pohybuje okolo $300 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$. Mohou být v závislosti na teplotním režimu spalování dutá tzv. cenosféry nebo mohou být vyplněné cenosférami menších rozměrů tzv. plerosféry, popřípadě to mohou být plné sférické částice. [36]

b) Fluidní popílek

Principem technologie fluidního spalování je spalování paliva spolu se sorbentem, který se přidává do spalovacího prostoru podle obsahu síry v uhlí. Jako sorbent se používá nejčastěji mikromletý vápenec, což má za následek vyšší obsah volného CaO v popílku. Popílků ze spalování lze dělit na ložový a filtrový (úletový), spalování probíhá při teplotě asi 850 °C. Fluidní popílků mají vyšší obsah Ca, který je přidáván do spalovacího procesu, ve formě vápence kvůli odsíření. [36]

Krystalickou fází tvoří mineralogické novotvary (popílků):

- anhydrit CaSO_4 ,
- sádrovec $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,
- kalcit CaCO_3 ,
- křemen SiO_2 a další. [36]

4.1.3.5 Obalové sklo

$\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ - křemičité sodnovápenaté sklo

- Jedná se o nejběžnější chemickou soustavu skla,
- Sklovina tohoto složení slouží pro výrobu obalového skla,
- Složení plochého a obalového skla se nejčastěji pohybuje v rozmezí: [37]

Tabulka č. 5 Složení plochého a obalového skla [37]

Chemické složení	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O
[%]	70,0–73,5	0,6–2,0	6,0–11,0	1,5–4,5	13,0–15,0

- Obdobná složení mají také barevná obalová skla, ta se však liší vyšším obsahem barvicích oxidů.
- U hnědých skel dosahuje poměr Fe₂O₃: MnO 1:2 – 1:3.

4.1.3.6 Mikrosilika

- vzniká jako vedlejší produkt při výrobě elementárního křemíku, křemičitých nebo ferrokřemičitých slitin a řadí se mezi pucolány,
- vyznačuje se malými kulovými částicemi s extrémně vysokým měrným povrchem (až 20 000 m²·kg⁻¹) a vysokým obsahem reaktivního amorfního SiO₂
- zlepšuje chemickou i mechanickou odolnost a to především díky pucolánové aktivitě,
- velikost částic se pohybuje kolem 0,1–0,2 μm,
- měrná hmotnost je přibližně 2200 kg·m⁻³,
- z hlediska chemického složení záleží hlavně na typu vyráběné slitiny. Obsah SiO₂ v mikrosilice roste s rostoucím obsahem křemíku ve slitině a pohybuje se od 85 do 98 %. [38]

4.1.3.7 Vlastnosti některých zálivkových hmot dostupných v ČR

V rámci aplikace polymerní zálivkové hmoty je stěžejní její správný výběr, je potřeba sledovat několik rozhodujících parametrů. Důležitým momentem správné aplikace je také dodržení jejich aplikačních podmínek jako dodržení kvality podkladu a samotná aplikace zálivkové malty. V tabulkách níže jsou uvedeny některé vlastnosti a podmínky pro aplikaci polymerních zálivkových malt dostupných na trhu v ČR i v zahraničí.

Tabulka č. 6 Vlastnosti některých záливkových hmot dostupných v ČR

Chemická báze		Na bázi EP pryskyřice						Na bázi PU pryskyřice				Na bázi EP a	Na bázi PMMA pryskyřice		Na bázi Kaučuku	
Výrobce		SIKA	BASF	MC - BAUCHEM IE	SANAX	REDROCK	ALLMEDIA	MUREXIN	BASF	Remmers	SIKA	BASF	BASF	SIKA	BIGUMA®	
Produkt		Sikadur® -42 HE	PCI Repaflow® EP	MC-DUR 1000 Parat 04	ResiFix 13	CONBEX TRA EP10	PAGEL EH196R	Murexin Pu 50	PCI Pavifix® PU	Verguss PUR 2K	Icosit® KC 340/45	PCI Apokor® CR	PCI Apogel®-Schnell	Sikadur® -12 Pronto	Artic Grade	
Pevnost v tlaku [MPa]	po 24 hod	87	67	85	25	-	120	-	-	-	-	-	-	60 - 90	-	
	po 72 hod	91	82	94	50	-	130	-	-	-	-	-	-		-	
	po 7 dnech	95	84	98	60	100	135	-	-	-	-	-	-		-	
Pevnost v tahu za ohybu [MPa]	po 24 hod	-	-	35	min. 30	-	>23	-	-	-	-	-	-	12 - 22	-	
	po 72 hod	-	-	38		-		-	-	-	-	-	-		-	-
	po 7 dnech	-	28	40		100		-	-	-	-	-	-		-	-
Teplotní odolnost [°C]		-	-	- 40 až 80	10 až 30	do 45	-	-	- 20 až 60	-	-	- 20 až 80 / 0 až 40	30 až 80	-	-	
Tvrdost podle Shore-D		-	-	-	-	min. 80	-	cca 45	-	-	50 ± 5	75	-	-	-	
Doba zpracovatelnosti [min]		80	90 - 110	50 - 60	45 - 50	cca 20	cca. 30	cca 30	cca 30	60	cca 10	cca 40	cca 10	cca 10	-	
Teplota podkladu a okolí [°C]		5 až 30	10 až 30	10 až 30	10 až 30	5 až 25	10 až 30	1 až 35	5 až 30	10 až 35	nejméně 5	10 až 30	- 5 až 25	-10 až 30	-	
Smrštění		-0,01%	0,2 mm/m po 28	-	-	-	-	-	-	cca - 3 %	-	-	-	-	-	
Doba vytvrzení [hod]		-	-	-	-	-	-	cca 24	cca 4	-	cca 24	cca 24	cca 15	cca 3	-	
Přidrženost [MPa]		>3,5 až 35	4,5	-	≥ 2,0	min. 3	> 2	-	-	-	-	> 1,5	-	> 1,5	-	

Tabulka č. 7 Cena uvedených výrobků za 1 kg

Chemická báze	Na bázi EP						Na bázi PU				Na bázi EP a PU	Na bázi PMMA		Na bázi Kaučuku
Výrobce	SIKA	BASF	MC - BAUCH EMIE	SANAX	REDROCK	ALLMEDI A	MUREXIN	BASF	Remmers	SIKA	BASF	BASF	SIKA	BIGUMA®
Produkt	Sikadur® -42 HE	PCI Repaflow® EP	MC-DUR 1000 Parat 04	ResiFix 13	CONBEX TRA EP10	PAGEL EH196R	Murexin Pu 50	PCI Pavifix® PU	Verguss PUR 2K	Icosit® KC 340/45	PCI Apokor® CR	PCI Apogel®-Schnell	Sikadur® -12 Pronto	Artic Grade
Cena [Kč / kg]	241,70	96,49	-	130,00	1 123,00	280,26	554,17	56,99	-	440,00	318,40	1 342,0	95,00	-

Tabulka č. 8 Vlastnosti některých záливkových hmot dostupných v zahraničí

Chemická báze		Na bázi EP pryskyřice			Na bázi PES pryskyřice	Na bázi PMMA pryskyřice	
Výrobce		Five Star	ASA	ARDEX ENDURA	Roberlo	FORMOA®	SIKA
Produkt		Fluid Epoxy	Epoxy Megagrout HD	EPOXY GROUT	Liquid polyester grout	FORMOA 066	Sikaflex® MS
Pevnost v tlaku [MPa]	po 24 hod	89,6	60,2	–	81	–	–
	po 72 hod	–		–		–	
	po 7 dnech	96,5		–		–	
Pevnost v tahu za ohybu [MPa]	po 24 hod	46,9	12,5	–	25	–	–
	po 72 hod			–		–	
	po 7 dnech			–		–	
Teplotní odolnost [°C]		–	5 až 30	-30 až 50	5 až 25	40 až 90	30 až 70
Tvrdost podle Shore-D		–	–	>70	–	50 ± 5	25 - 30
Doba zpracovatelnosti [min]		30	45	45	20	15-20	–
Teplota podkladu a okolí [°C]		–	–	–	–	1 až 30	5 až 40
Smrštění		–	0.9 mm/m	–	–	< 2 %	–
Doba vytvrzení [hod]		–	–	48	2	24	–

4.2 Etapa II – Definice požadavků na vlastnosti polymerních záливkových hmot

V této etapě jsou definovány požadavky na vlastnosti záливkových hmot, platné předpisy a normy, na jejichž základě musí být záливkové hmoty zkoušeny.

4.2.1 Požadavky na vlastnosti záливkových hmot

Zalévání konstrukčních prvků z betonu nebo ocelových konstrukcí je nedílnou součástí stavební praxe, obzvláště v oblastech těžkého strojírenství a v energetickém průmyslu. Ztráty při poruše či ztráty způsobené výpadkem kapacity v důsledku selhávání záливkových hmot mohou být ohromné. Proto jsou na polymerní záливkové malty kladeny vysoké nároky. Moderní a efektivní záливky musí splňovat nejenom požadavky projektantů, ale musí být také ekonomicky výhodné, jednoduché, aby umožnily uvést zařízení co nejrychleji do provozu a byli jednoduché při instalaci. [5]

4.2.1.1 Těžké strojírenské provozy

Záливkové hmoty používané v těžkém strojírenském průmyslu by měly zajistit, aby byly opravované konstrukce rychle uvedené do provozu, odolné především vůči mechanickým nárazům, dynamickému namáhání a extrémním vibracím viz tabula níže.

Tabulka č. 9 Požadavky na vlastnosti záливkových hmot pro těžký strojírenský průmysl

Dynamické namáhání	Pevnost v tahu	Průmyslové chemikálie/přítomnost chloridů	Odolnost proti působení chemikálií/proti solím a rozmrazovacím látkám
Statické namáhání	Pevnost v tlaku/přidrčnost		
Provozní zátěž			
Obrus	Tvrlost povrchu	Tekutost	Lepší reologické vlastnosti/menší množství zámesové vody
Extrémní vibrace	Modul pružnosti v tlaku/soudrčnost		
Objemové změny vlivem dotvarování			
Mechanické nárazy (impakt)			Vodotěsnost

4.2.1.2 Energetický průmysl

Požadavky na záливkové malty v energetickém průmyslu jsou kladeny zejména na chemickou odolnost, odolnost atmosférickým plynům a vysokým teplotám viz tabulka níže.

Tabulka č. 10 Požadavky na vlastnosti záливkových hmot pro energetický průmysl

Provozní zátěž	Pevnost v tlaku/přídržnost	Tepelná odolnost/rozdílné teploty	Nižší tepelná vodivos/podobný součinitel tepelné vodivosti
Obrus	Tvrдость povrchu	Atmosferické plyny/Sluneční světlo	Odolnost vůči UV záření
Objemové změny vlivem dotvarování	Modul pružnosti v tlaku/soudržnost	Tekoucí kapaliny	Nízká exotermická reakce

4.2.1.3 Požadavky a kontrola kvality pro výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí

4.2.1.3.1 Požadavky na záливkové hmoty

Požadavky na záливkové hmoty dle ČSN EN 1504 – 3 – Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí – Definice, požadavky, kontrola kvality a hodnocení shody – Část 3: Opravy se statickou funkcí a bez statické funkce.

Tato norma je českou verzí evropské harmonizované normy EN 1504 – 3:2005. [39]

1) Požadavky – počáteční identifikační zkoušky

Každý výrobce je povinen provést vybrané reprezentativní počáteční identifikační zkoušky pro výrobek nebo systém. Všechny záznamy ze zkoušek musí výrobce uchovat.

Tabulka č. 11 Požadavky na záливkové hmoty dle norem [39]

	Parametr	Zkušební metoda
Záливkové hmoty na polymerní bázi	Granulometrie suchých složek	EN 12192-1
	Pevnost v tlaku	EN 12190
	Doba tuhnutí	EN 13294
	Zpracovatelnost – zkouška tekutosti	EN 13395-2
	Infračervená analýza	EN 1767
	Doba použitelnosti	EN ISO 9514
Na EP bázi	Epoxidový ekvivalent	EN 1877 - 1
	Aminové funkce	EN 1877 - 2

2) Požadavky na funkční vlastnosti

Záливkové hmoty musí vyhovovat všem požadavkům na funkční vlastnosti normy ČSN EN 1504 – 3, která je výchozí normou pro opravy železobetonových konstrukcí.

Tabulka č. 10 Požadavky na funkční vlastnosti polymerních zálivkových hmot dle norem[39]

Funkční vlastnosti	Zkušební metoda	Požadavek			
		Se statickou funkcí		Bez statické funkce	
		Třída R4	Třída R3	Třída R2	Třída R1
Pevnost v tlaku	EN 12190	≥ 45 MPa	≥ 25 MPa	≥ 15 MPa	≥ 10 MPa
Soudržnost	EN 1542	≥ 2,0 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 0,8 MPa	
Vázané smršťování/rozpínání	EN 12617-4	Soudržnost po zkoušce			Žádný požadavek
		≥ 2,0 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 0,8 MPa	
Modul pružnosti	EN 13412	≥ 20 GPa	≥ 15 GPa	Žádný požadavek	
Součinitel teplotní roztažnosti	EN 1770	Deklarovaná hodnota		Deklarovaná hodnota	

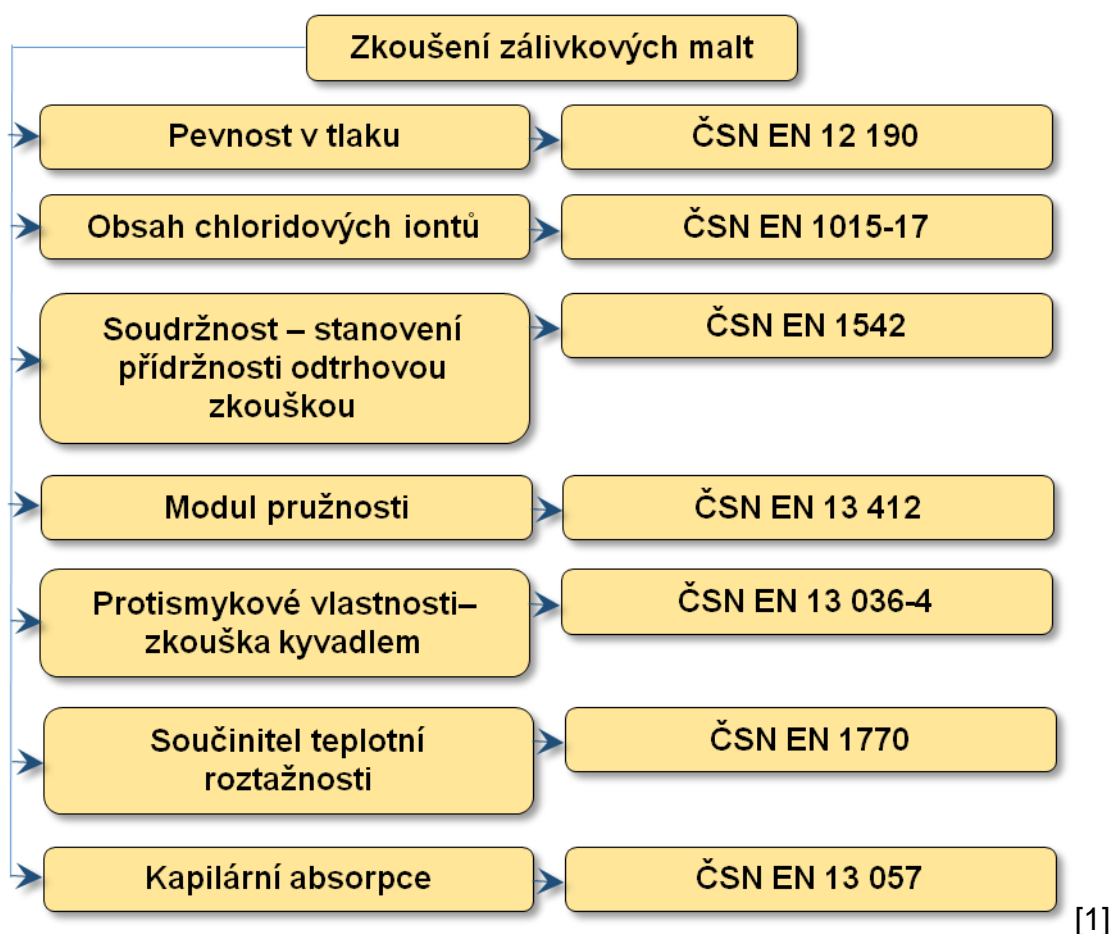
3) Uvolňování nebezpečných látek

Zálivkové hmoty nesmí uvolňovat látky nebezpečné pro zdraví, hygienu a životní prostředí. [39]

4) Reakce na oheň

Výrobky, které mají být použity na místech, kde jsou kladeny požadavky požární odolnosti, musí výrobce deklarovat požární klasifikaci výrobku. Pokud výrobky neobsahují více než 1% hmotnosti nebo objemu homogenně rozptýlených organických látek, může být deklarována třída A1 bez potřeby zkoušení. Zatvrdlé výrobky, které naopak obsahují více než 1 % hmotnosti nebo objemu homogenně rozptýlených organických látek, musí být klasifikovány podle EN 13501-1, musí být také deklarována příslušná třída reakce na oheň. [39]

4.2.2 Zkoušení záливkových hmot na základě norem



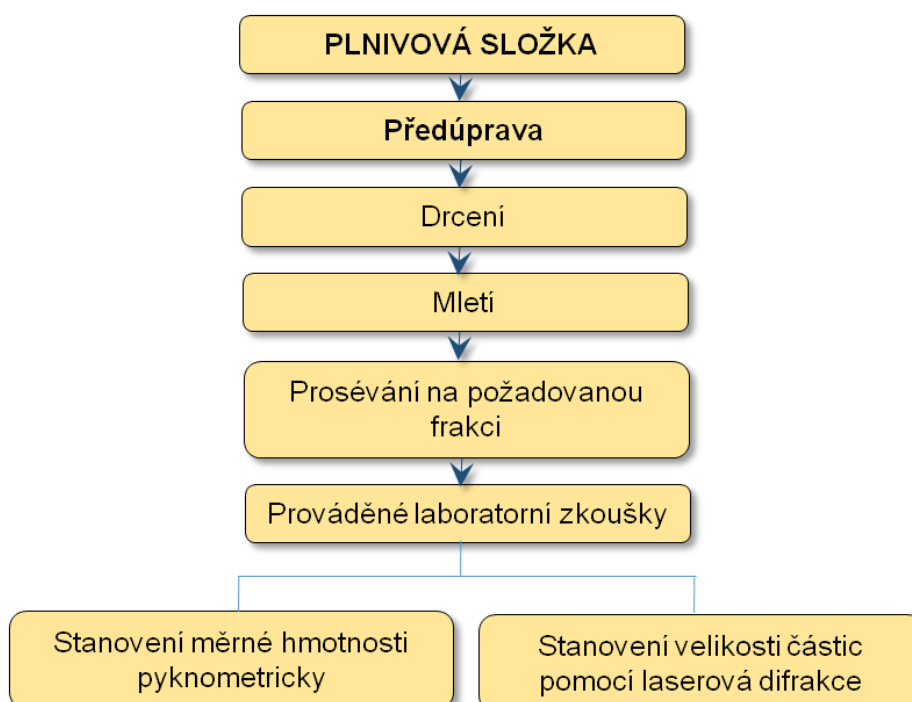
4.2.3 Návrh metodiky zkoušení HighTech polymerních záливkových hmot

V této kapitole provádím návrh optimální metodiky pro zkoušení HighTech polymerních záливkových hmot. Metodika začíná volbou vstupních surovin, které procházejí potřebnou předúpravou. V případě plniv je to např. drcení, mletí, sušení a třídění. Základními laboratorními zkouškami jsou ověřeny vlastnosti vstupních surovin, pokud tyto vlastnosti vyhoví požadavkům, vstupují do návrhu receptury. V opačném případě je nutno znovu upravit nebo zvolit jinou vstupní surovinu. Následuje návrh složení surovinových receptur a základní laboratorní zkoušky na polymerní záливkové hmotě. Pokud vyhoví těmto zkouškám, následuje poloprovozní zkoušení hmot. Nevyhovující hmoty projdou změnou návrhu receptury a novému laboratornímu odzkoušení.

1) Plniva

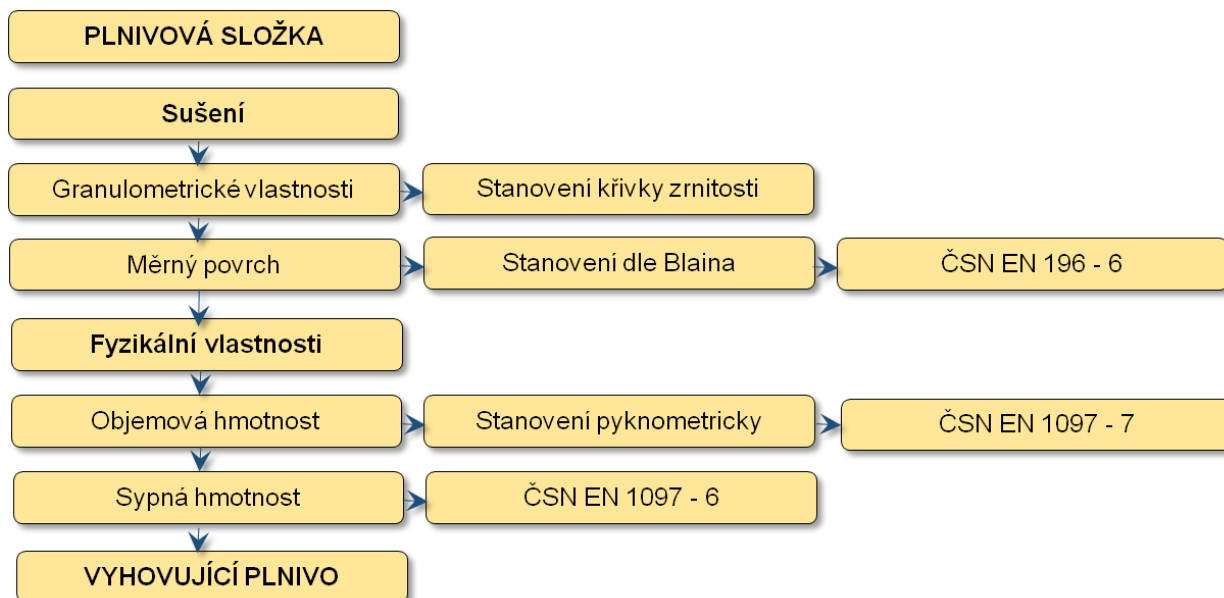
Při použití plniv v zálivkových hmotách se očekává zlepšení odolnosti proti usazování, minimální korozní vliv plniv, jejich teplotní stálost, stálost barevného odstínu, nízký obsah nečistot, nízká navlhavost, vhodná hustota a vhodná velikost částic. Volba plniv je dána hlavně jejich chemickým složením, užitnými vlastnostmi, dostupností

a především cenou. V grafu níže je uvedena základní předúprava plnivové složky. [32]



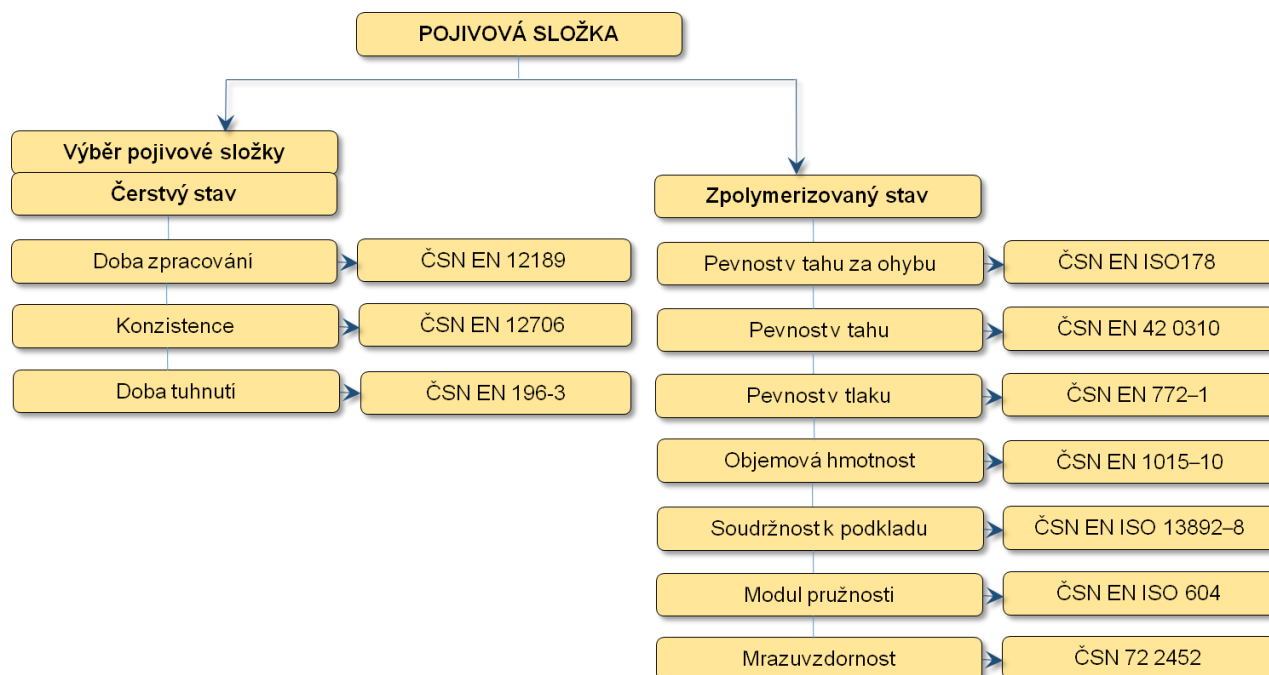
Laboratorní zkoušky prováděné na plnivech dle norem

V grafu jsou uvedeny základní zkoušky prováděné na plnivech v laboratorních podmínkách. [40]



2) Pojiva

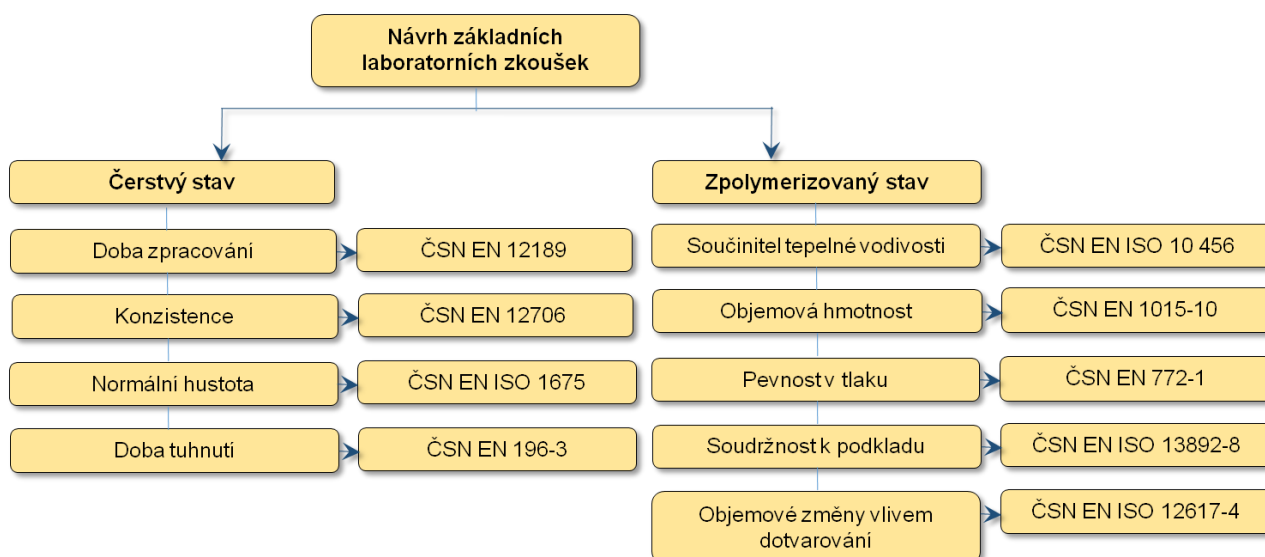
Návrh zkoušení vybraného pojiva do polymerních zálivkových hmot. [40]



4.2.4 Návrh experimentálního prověření

4.2.4.1 Základní laboratorní zkoušky

Základní laboratorní zkoušky jsou klíčové pro určení základních vlastností typických pro zálivkové hmoty. Výsledky zkoušek musí vyhovovat požadavkům zálivky, které jsou dané podmínkami konkrétního místa aplikace.



4.2.4.2 Poloprovozní zkoušky

Poloprovozní zkoušky jsou prováděny na vybraných recepturách, které vykazovaly nejlepší výsledky v rámci základního laboratorního zkoušení. Provádějí se v konkrétních podmínkách, na konkrétních místech a to na čerstvých i polymerizovaných hmotách. [39]



4.3 Etapa III – Návrh HighTech polymerního záливkového systému

Etapa III se zabývá volbou vhodné druhotné suroviny, která bude tvořit v kombinaci s progresivními plnivými, jako jsou nanokuličky a nanovlákná nový systém HighTech polymerních záливkových hmot, efektivně využitelných v těžkých strojírenských provozech a v energetickém průmyslu.

4.3.1 Pojivové složky

Při návrhu receptury bude použita, jako polymerní hmota PZ–P. Jedná se o nízkoviskózní, nebarvenou, dvoukomponentní, bezrozpouštědlovou hmotu na EP bázi.

Zpracování

Polymerní hmota PZ–P, je dodávána ve vhodném mísícím dvou složek (pryskyřice a tvrdidla). Pro aplikaci je nutné nejdříve důkladné smísení samotné pryskyřice. Přičemž před homogenizací obou složek je potřeba jak složku A tak B důkladné promísení v daném poměru po dobu 3 minut, protože někdy může docházet k segregaci. Při mísení je nutné brát zřetel na to, aby do materiálu nebyl zamíchán vzduch. Po prvním promísení je lepší přelít materiál do jiné nádoby a mísení opakovat. Takto připravený materiál musí být zpracován vhodnou technologií, během jeho doby zpracovatelnosti. [41]

Úprava povrchu

- Podklad musí být očištěn, zbaven nesoudržných látek, mastnoty, včetně dalších nečistot. Dále musí být zdrsňen např. broušením. Podklad také nesmí obsahovat ve vodě rozpustné substance, jako jsou např. soli. [41]

Tabulka č. 11 Technická data Lena PZ–P [41]

Měrná hmotnost při 20 °C		1,11 kg/l
Viskozita při 20 °C, složka A		400 ± 100 MPa.s
Viskozita při 20 °C, složka B		900 ± 250 MPa.s
Zpracovatelnost při 20 °C		cca 25 min
Schnutí při 20 °C	další vrstva	po cca 12 hod
	plně vytvrzený	7 dní
Pevnost v tlaku		65 N·mm ⁻²
Pevnost v tahu		39 N·mm ⁻²
Pevnost v ohybu		60 N·mm ⁻²
E-modul		2900 N·mm ⁻²
Přilnavost k betonu		2,7 N·mm ⁻²
Teplotní stabilita HDT		46 °C
Mísící poměry		A : B dle váhy 1,9 : 1 nebo dle etikety na obalu

4.3.2 Optimalizace a výběr surovin

Použití druhotné suroviny jako plniva je ovlivněno několika základními kritérii např. dostupností a dlouhodobostí z hlediska dostatečného množství materiálu a šetrnosti k životnímu prostředí. Kvalita plniva je dalším velmi důležitým kritériem, kde se hodnotí vlhkost plniva a stálost chemického složení plniva. Dalším důležitým kritériem je obsah SiO₂, který má vliv na výslednou pevnost a chemickou odolnost. Jelikož se jedná o druhotné suroviny nebo odpady je nutné provádět vstupní kontrolu, i když producent garantuje určité vlastnosti a složení odpadu či druhotné suroviny.

Tabulka č. 12 Druhy vybraných plniv

	Vybraná plniva
A	Mikrosilika
B	Elektrárenské popílky
C	Odpadní lupky - lupkové úlety
D	Brusné, řezné kaly
E	Odpadní skla ze solárních panelů
F	Obalové sklo

Tabulka č. 13 Kritérium pro výběr vhodných surovin

Číslo	Kritérium	Jednotka
1	Cena	Kč/t
2	Náročnost úpravy	[-]
3	Dostupnost	[-]
4	Obsah SiO ₂	%

Tabulka č. 14 Rozhodovací matice

Číslo	Optimum	A	B	C	D	E	F	Min	Max
1	Min	15 000	175	150	35	130	1 900	35	15 000
2	Min	0	0	1	1	1	0	0	1
3	Max	1	2	0	1	1	2	0	2
4	Max	98	50	55	30	71	73,5	30	98,0

Tabulka č. 15 Výpočet váhy (Sattiho matice)

Číslo	1	2	3	4	S _i	R _i	F _i
1	1	1/2	1/3	1/4	0,041667	0,008333	0,001522
2	2	1	1/2	1/3	0,333333	0,066667	0,012177
3	3	2	1	1/2	3,000000	0,600000	0,109589
4	4	3	2	1	24,000000	4,800000	0,876712
SUMA					27,375	5,475	1,000

$$S_i = \prod_{j=1}^n s_{ij} \quad R_i = (S_i)^{\frac{1}{n}} \quad F_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^n R_i}$$

Tabulka č. 16 Výpočtová matice (metoda kvant. pár. srovnání):

Číslo	F_i	Optimum	A	B	C	D	E	F
1	0,001522	Min	0,000000	0,150776	0,151030	0,152200	0,151234	0,133232
2	0,012177	Min	1,217700	1,217700	0,000000	0,000000	0,000000	1,217700
3	0,109589	Max	5,479450	10,958900	0,000000	5,479450	5,479450	10,958900
4	0,876712	Max	87,671200	25,785647	32,232059	0,000000	52,860576	56,083782
SUMA			94,368350	38,113023	32,383089	5,631650	58,491260	68,393615

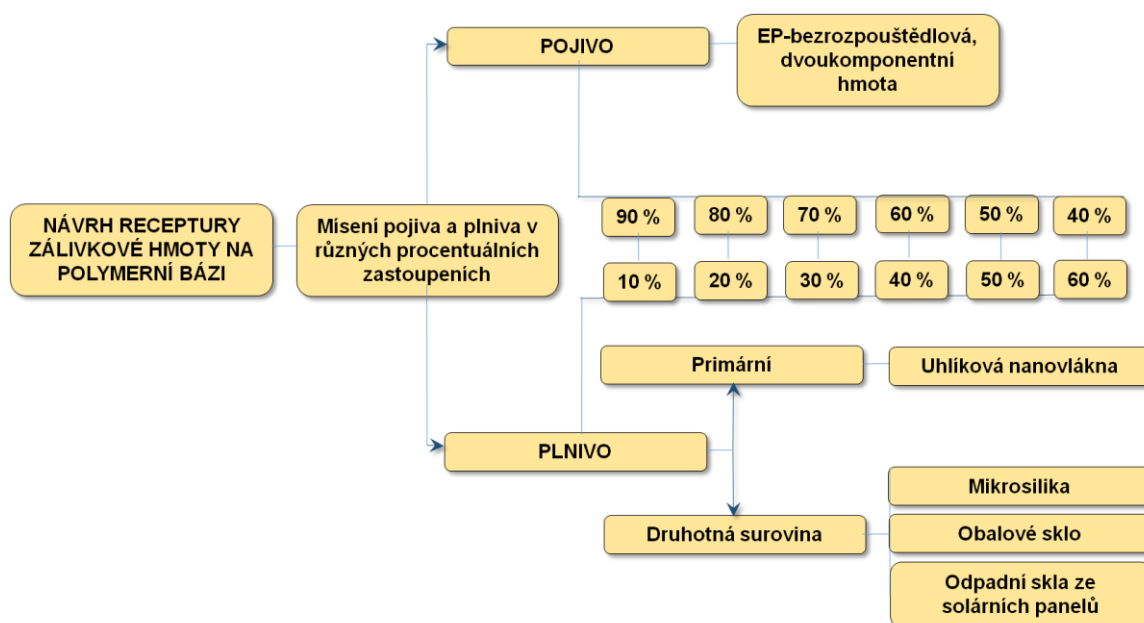
$$MAX \longrightarrow b_{ij} = \frac{a_{ij} - MIN(a_i)}{MAX(a_i) - MIN(a_i)}$$

$$c_{ij} = F_i \cdot b_{ij} \cdot 100$$

$$MIN \longrightarrow b_{ij} = \frac{MAX(a_i) - a_{ij}}{MAX(a_i) - MIN(a_i)}$$

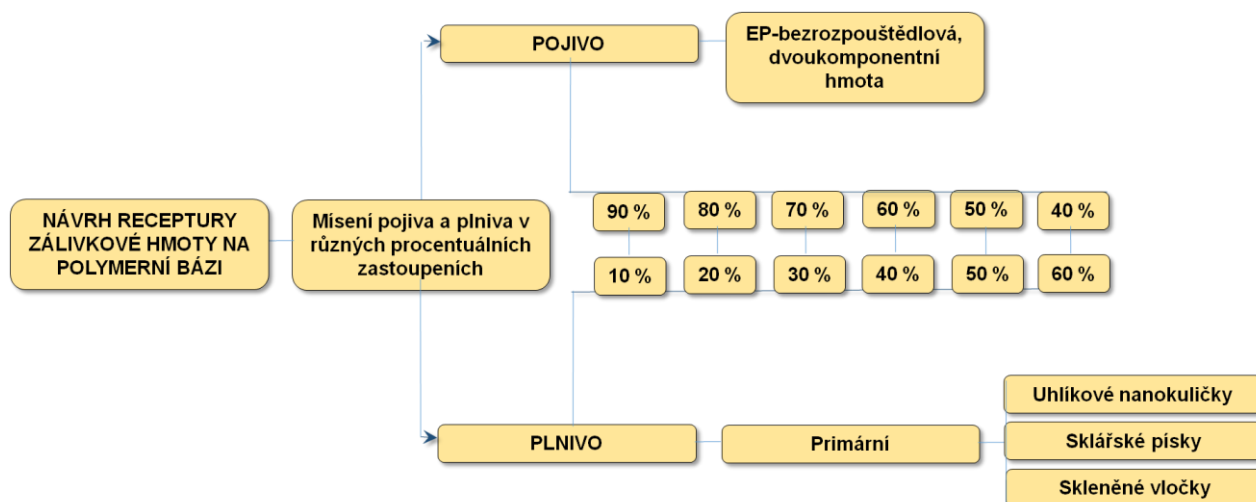
4.3.3 Návrh receptury polymerní zálivkové hmoty

4.3.3.1 Receptura zaměřena na kombinaci ideálních vlastností primárních a druhotných surovin



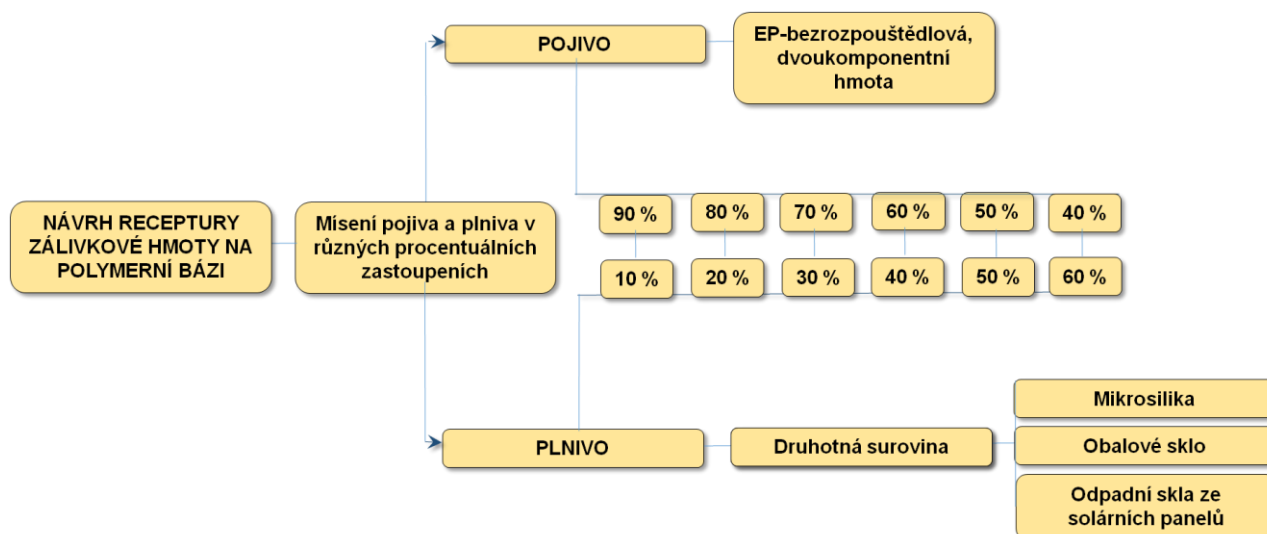
Receptura je navržena tak, aby výhodné vlastnosti primárních plniv vytvářely v kombinaci s druhotnými surovinami odolnou mechanicky pevnou polymerní zálivkovou hmotu.

4.3.3.2 Receptura zaměřená na vysoké pevnosti s využitím pouze primárních surovin



Receptura je navržena tak, aby polymerní zálivková hmota dosahovala co možná nejvyšších pevností, zároveň byla odolná vůči teplu a chemickým látkám.

4.3.3.3 Receptura zaměřena na co nejefektivnější využití druhotných surovin



Receptura je navržena s ohledem využití pouze druhotných surovin jako plniva. Jedná se o co nejefektivnější využití druhotných surovin

4.3.4 Návrh předúpravy druhotných surovin

Vhodné plnivo do polymerní musí být zcela inertní ve vztahu k celému systému, nesmí se zapojovat do procesu polymerace. Granulometrie a tvar částic ovlivňují sedimentaci a aplikační vlastnosti materiálu. Adheze má význam z důvodu chemické odolnosti. Zlepšení adheze vede ke zvýšení pevnosti a modulu pružnosti.

1) Mikrosilika

Vysoce kvalitní plnivo, používá se do tmelů a v kombinaci s jiným druhem plniva, Využívají se i do polymerních pryskyřic, z důvodu zvýšení pevnosti materiálu. Používané jsou hydrofobní a hydrofilní typy.

2) Obalové sklo

Často nazýván také skelný recyklát. V laboratorních podmínkách se obalové sklo rozemele v kulovém mlýně a roztřídí na frakci ≤ 2 mm, v případě zjištěné vlhkosti je musí být vysušeno v sušárně.

3) Odpadní skla ze solárních panelů

Odpadní sklo ze solárních panelů se nejdříve musí mechanicky odstranit z povrchu panelů, následně musí projít suchým nebo mokrým mletím v kulovém mlýně na jemnost mletí ≤ 2 mm a v případě mokrého mletí ještě musí být vysušeno v sušárně.

4.3.5 Návrh Aplikace polymerní zálivkové hmoty

Požadované množství pryskyřice je nutné smíchat se složkou tvrdidla v daném poměru. Důležité je dbát na to, aby se do směsi dostalo po dobu míchání co nejméně vzduchu. Pro míchání je vhodné např. nízkootáčkové elektrické míchadlo. Během míchání se přidají plniva, dle receptury. Před aplikací je dobré ověřit si vlhkost podkladu a rosný bod.

5 Závěr

V první etapě byly popsány polymerní jednotlivé pryskyřice používané jako pojiva v polymerních záливkových hmotách. Dále byl v této etapě uveden také přehled na trhu dostupných polymerních záливkových hmot a jejich stěžejních vlastností pro energetický průmysl jako jsou mechanické pevnosti, tepelná odolnost, podmínky zpracovatelnosti a smrštění. Bylo zjištěno, že na trhu s polymerními záливkovými hmotami se objevují záливky na bázi epoxidové (EP), polyuretanové (PU), polymethylmetakrylátové pryskyřice (PMMA) a na bázi kaučuku. Nejrozšířenějším polymerním pojivem jsou epoxidové pryskyřice (EP), především díky jejich výborné adhezi k většině stavebním materiálům, mechanickým pevnostem a chemické odolnosti. Materiály na této bázi dosahují po 24 hodinách pevnosti v tlaku zhruba 80 MPa a jsou tedy vhodné pro použití jak pro podlévání, tak i pro vysokopevnostní zalévání a upevňování průmyslových strojních a stavebních zařízení. Plniva v podobě uhlíkových nanovláken tvoří v kombinaci s EP odolnou polymerní kompozitní hmotu, u které jsou očekávány vynikající mechanické pevnosti, vyšší houževnatost a minimální smrštění, které je u záливkových hmot nevyhnutelné. Uhlík, který tvoří nanovláken, pohlcuje také UV záření a tím zvyšuje odolnost polymerní záливkové hmoty proti jeho působení.

Ve druhé etapě byly definovány požadavky na těžké strojírenské provozy a energetický průmysl na základě legislativních předpisů. Byla navržena metodika zkoušení vstupních surovin pro polymerní záливkové hmoty a definovány zkušební postupy pro laboratorní ověření zkušebních vzorků a pro poloprovozní polymerních záливkových hmot na základě norem.

Ve třetí etapě byl proveden návrh receptur HighTech polymerních záливkových hmot efektivně využitelných v těžkých strojírenských provozech a energetickém průmyslu. Jako pojivo ve všech recepturách byla zvolena PZ–P. Jedná se o nízkoviskozní, dvoukomponentní, bezrozpouštědlovou hmotu na EP bázi. První receptura je navržena s využitím uhlíkových nanovláken jako primárním plnivem, v kombinaci s druhotnými surovinami a s EP jako pojivem. EP spolu s uhlíkovými nanovlákeny tvoří nanokompozit, který bude vykazovat lepší přilnavost a znatelně lepší soudržnost a odolnost proti abrazi než bez využití nanotub. Vybrané druhotné suroviny byly zvoleny na základě výsledků podle výpočtové Sattioho matice. Druhá

receptura byla navržena s využitím pouze primárních plniv, kdy k uhlíkovým nanovláknům budou přidány skleněné vločky, které se používají ideálně v kombinaci s EP, kde zvyšují především chemickou odolnost, znatelně zvyšují pevnosti, tvrdost a zlepšují odolnost proti opotřebení. Důležitou výhodou skleněných vloček je také to, že poskytují prevenci proti praskání a odlupování povlaků. Směs bude doplněna o hrubší frakci, kterou zajistí sklářský písek. Poslední receptura byla navržena s efektivním využitím pouze druhotných surovin.

Výsledkem této práce je navržení HighTech receptur pro polymerní zálivkovou hmotu vhodných do energetického a těžkého strojírenského průmyslu s využitím progresivních plniv a druhotných plniv. Další vývoj bude předmětem v navazující diplomové práci. Práce vznikla za podpory projektu TAČR TA04010425 „Komplexní systém speciálních správkových hmot s využitím druhotných surovin pro průmyslové provozny“.

6 Seznamy

6.1 Seznam použité literatury

- [1] DROCHYTKA, R., DOHNÁLEK, J., BYDŽOVSKÝ, J., PUMPR, V., DUFKA, A., DOHNÁLEK, P., *Technické podmínky: Pro sanace betonových konstrukcí TPSSBK III*. Sdružení pro sanace betonových konstrukcí. Bezručova 29, 67801 Blansko: Reprocentrum, a.s. ISBN 978-80-260-2210-7.
- [2] Článek: *Injektáž trhlin betonových konstrukcí: Speciální stavební práce*. *Www.stado.cz* [online]. [cit. 2016-05-19].
Dostupné z: <http://www.stado.cz/index.php/aplikace/injektaz-trhlin-betonovych-konstrukci>
- [3] SPOLCHEMIE. *Technická příručka: Stavební chemice* [online]. 2004, 27 [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.chemex.cz/default.aspx?process=download/Files/Documents/prumyslov-e-podlahy/apl-prirucka.pdf>
- [4] BIGUMA, *Asfaltové hmoty BIGUMA*. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://www.edb.cz/grmat/prosp/BIGUMA-P1.pdf>, str. 2–6
- [5] Článek: *Příručka sanačního technika*. [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: http://novinybetosan.wz.cz/clanky/2009_09/prirucka_sanacniho_technika.pdf
- [6] BASF, *Zálivkové a montážní hmoty*. [online]. [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/5209670-Zalivkove-a-montazni-hmoty.html>
- [7] Sika CZ. *Zálivková hmota*. *Technický list*. [online]. [cit. 2. 2. 2015]. Dostupné z: [file:///C:/Users/Radek/Downloads/SikaGrout-210%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Radek/Downloads/SikaGrout-210%20(1).pdf)
- [8] Paramo, *Asfalty: Asfaltové zálivky* [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://www.paramo.cz/CS/nabidka-produktu/asfaltove-vyrobky/Stranky/Asfaltove-zalivky.aspx>
- [9] *Technické dodací podmínky pro plnidla spár v dopravních plochách: TL Fug-StB 11 Vydání 2011*. 2011, 41. DOI: Výzkumná společnost pro stavbu komunikací a dopravní techniku Pracovní skupina - betonové stavebnictví. [cit. 2016-04-23]., str. 29

- [10] Článek: *Seminář: Kompozity - široký pojem* [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: http://www.csm-kompozity.wz.cz/polymerni_betony.pdf
- [11] FOSROC CONSTRUCTION: Grouting Solutions. [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <file:///C:/Users/Desktop/BP/Grout-Brochure.pdf>
- [12] NOVOTNÁ, ADÉLA. *Polymerní systémy ochrany betonových podlah*. Brno, 2012. Bakalářská práce. Vysoké Učení v Brně, Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. VÍT PETRÁNEK, Ph.D. [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=55241
- [13] ZIGLER, M., *Elektrické vlastnosti kompozitních materiálů s plnivý na bázi vodivých polymerů. Západočeská univerzita v Plzni*. [online]. Plzeň, 2012 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/handle/11025/2672/ZIGLER_DP.pdf?sequence=1
- [14] MUCHA, J., *Diagnostika vlastností elektroizolačních hmot: Diplomová práce* [online]. Brno, 2014, str. 4 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=84362.
- [15] BENEŠ, M., *Kinetika vytvrzování epoxidových pryskyřic: Curing Kinetics of Epoxy Resins*: Bakalářská práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, 2015, str. 7-18, [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/441/bene%C5%A1_2006_bp.pdf?sequence=1
- [16] PŘEHLED TRHU: *Polyuretanové a epoxidové podlahy*. [online]. [cit. 2016-03-24]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/materialy-a-vyroby/podlahy/prehled-trhu-polyuretanove-a-epoxidove-podlahy>
- [17] Chemex.cz.cs [online]. [cit. 2016-03-24]. Dostupné z: <http://www.chemex.cz/cs/prumyslove-podlahy/epoxidove-pryskyrice.aspx>
- [18] Sika CZ. Zálivková hmota. *Technický list*. [online]. [cit. 2016-03-24]. Dostupné z: <file:///C:/Users/Desktop/BP/BP-články%20atd/technicke%20listy%20EP/Sikadur-42%20HE.pdf>

- [19] ŠPIČÁK P., *Polyuretany využívané v technologii tváření: Bakalářská práce, VUT FAST* [online]. Brno, 2009, str. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=8436
- [20] Remmers. Zálivková hmota. *Technický list* [online]. 2009 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: file:///C:/Users/Kačítka/Desktop/BP/BP-články%20atd/technické%20listy%20polyuretany/tl_7550_verguss_pur_2k.pdf
- [21] Murexin. Zálivková hmota. *Technický list* [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: file:///C:/Users//Desktop/BP/BPčlánky%20atd/technické%20listy%20polyuretany/Sprovac_hmota_zlivkov_PU_50.pdf
- [22] VYUŽITÍ POLYURETANOVÝCH PODLAH. <Http://www.asb-portal.cz/> [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/materialy-a-vyrobky/vyuziti-polyuretanovych-podlah>
- [23] VANÍČEK, Š. *Mechanická a chemická povrchová odolnost polymerních materiálů, zkoušení a možnosti zlepšení jejich vlastností*. Bakalářská práce. Vysoké Učení v Brně, Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. VÍT PETRÁNEK, Ph.D. [online]. Brno, 2013 [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=74756
- [24] Sika CZ. Zálivková hmota. *Technický list* <Http://www.asb-portal.cz/> [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <file:///C:/Users/Desktop/BP/BPčlánky%20atd/techni%20listy%20MA/Sikadur-12%20Pronto.pdf>
- [25] LEDERER, J., *Kaučuky* [online]. In: . s. 20 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: http://chemistry.ujep.cz/userfiles/files/Kaucuky_final.pdf
- [26] Článek: *Vulkanizace*. [online]. In: . s. 1 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <file:///C:/Users/Desktop/BP/BP-články%20atd/Vulkanizace%20kaučuku.pdf>
- [27] MALÁČ, J., *Gumárenská technologie - 2.Kaučuky* [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: file:///C:/Users/Desktop/2_kaucuky.pdf

- [28] Výroba a vlastnosti nanovláken. [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2752251/>
- [29] BC. POUR, P. *Povlaky z epoxidových pryskyřic s dispergovanými karbonovými nanotrubicemi*. Vedoucí práce: Ing. Jan Kudláček Ph.D. [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://stc.fs.cvut.cz/pdf13/2590.pdf>
- [30] LISZTWANOVÁ, EWA. *Vliv nanovláken na cementové kompozity v čerstvém stavu* [online]. Brno, 2014 [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=107822
- [31] MEZINÁRODNÍ KONFERENCE. *Polymerní kompozity* [online]. Kurdějov, 2015 [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/2730403-Polymerni-kompozity-2015.html>
- [32] NOVOTNÁ, Bc. Adéla. *Nové možnosti využití druhotných surovin na silikátové bázi v ekologických polymerních vícevrstvých podlahových systémech*. Brno, [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné také z: Diplomová práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ. Vedoucí práce Ing. Vít Petránek, Ph.D.
- [33] ŽIŽKOVÁ, N. *Polymercementové malty s alternativními surovinami*. [online]. [cit. 2016-05-22]. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, Brno. 2013
- [34] ODPADY. *Recyklační technologie pro brusné kaly* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://odpady-online.cz/recyklacni-technologie-pro-brusne-kaly/>
- [35] Článek: *Solární panely*. [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.trideniodpadu.cz/#!solarni-panely/c1zdl>
- [36] ŤAŽKÝ, M. *Vývoj konstrukčních betonů s elektrárenskými popílky* [online]. Brno, 2013 [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=91875
- [37] KRENÍKOVÁ, V. *Odpady a druhotné suroviny II*. Ústí nad Labem 2014.[online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: http://envimod.fzp.ujep.cz/sites/default/files/skripta/47e_final_tisk.pdf

- [38] KŘUPALA, J. *Nové možnosti využití lehčených kameniv z druhotných surovin* [online]. Brno, 2012 [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=47839
- [39] ČSN EN 1504 – 3. *Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Definice, požadavky, kontrola kvality a hodnocení shody - Část 3: Opravy se statickou funkcí a bez statické funkce*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [40] ELFMARKOVÁ, Bc. Veronika. *Vliv jemnozrnných příměsí na charakter pórového systému betonu*. Dostupné také z: <http://www.fsv.cvut.cz/svoc/2012/vysledky/m2.pdf>. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Prof. Ing. Rudolf Hela, CSc
- [41] Lena Chemical s.r.o. *Technický list* [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: http://lenachemical.com/soubory/files/lena_p_102_r_ticzr0221013.pdf

6.2 Seznam obrázků

Obrázek č. 2 Bednění [11].....	19
Obrázek č. 1 Upevnění šroubů [11].....	19
Obrázek č. 3 Nasycení čistou vodou [11].....	20
Obrázek č. 4 Nalévání zálivky do bednění [11].....	20
Obrázek č. 5 Ošetření hran materiálu [11].....	21
Obrázek č. 6 Vulkanizace kaučuků [25].....	34
Obrázek č. 7 Single-walled (SWCNT) a multi-walled (MWCNT) uhlíkové nanotrubičky.....	37
Obrázek č. 8 Uhlíková vlákna [31].....	37

6.3 Seznam tabulek

Tabulka č. 1 Nejčastější poruchy při provádění podlah z EP – jejich příčiny a možnosti zabránění poruch [14].....	30
Tabulka č. 2 Příklady nejběžnějších kaučuků [25].....	35
Tabulka č. 3 Chemické složení a základní vlastnosti Skleněných vloček [32].....	39
Tabulka č. 4 Chemické složení sklářského písku [32].....	39
Tabulka č. 5 Složení plochého a obalového skla [37].....	42
Tabulka č. 6 Vlastnosti některých zálivkových hmot dostupných v ČR.....	43

<i>Tabulka č. 7 Cena uvedených výrobků za 1 kg</i>	43
<i>Tabulka č. 8 Vlastnosti některých záливkových hmot dostupných v zahraničí</i>	44
<i>Tabulka č. 9 Požadavky na vlastnosti záливkových hmot pro těžký strojírenský průmysl</i>	45
<i>Tabulka č. 12 Požadavky na funkční vlastnosti polymerních záливkových hmot dle norem[39]</i>	48
<i>Tabulka č. 13 Technická data Lena PZ–P [41]</i>	54
<i>Tabulka č. 14 Druhy vybraných plniv</i>	55
<i>Tabulka č. 15 Kritérium pro výběr vhodných surovin</i>	55
<i>Tabulka č. 16 Rozhodovací matice</i>	55
<i>Tabulka č. 17 Výpočet váhy (Sattiho matice)</i>	55
<i>Tabulka č. 18 Výpočtová matice (metoda kvant. pár. srovnání):</i>	56

6.4 Seznam zkratk

BPA	bisfenol A
Cd	kadmium
CNT	uhlíkové nanotrubičky (z ang. carbon nanotubes)
CVD deposition)	depozice z plynné fáze (z ang. chemical vapor deposition)
CNF	uhlíková nanovlákna (z ang. carbon nanofibres)
DWCNT carbon nanotubes)	dvojitěnné uhlíkové nanotrubičky (z ang. double-walled carbon nanotubes)
EP	epoxidová pryskyřice
EPC	epichlorhydrin
MWCNT carbon nanotubes)	mnohostěnné uhlíkové nanotrubičky (z ang. multi-walled carbon nanotubes)
NO	Nebezpečný odpad
PAN	polyakrylonitrilová nanovlákna
PES	polyester

PCC	polymercementové
PC	polymerbetony
PMMA	polymethylmetakrylátová pryskyřice
PM	polymermalty
PUR	polyuretany
MA	metakrylátová pryskyřice
PVA	polyvinylalkoholová nanovlákná
SWCNT carbon nanotubes)	jednostěnné uhlíkové nanotrubičky (z ang. single-walled
VES	vinylester