



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF ROAD STRUCTURES

ZÁLIVKY SPÁR CB KRYTŮ **JOINT SEALINGS OF CONCRETE PAVEMENTS**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN DOSEDĚL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. DUŠAN STEHLÍK, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav pozemních komunikací

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jan Doseděl
Název	Zálivky spár CB krytů
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2014
Datum odevzdání bakalářské práce	29. 5. 2015
V Brně dne 30. 11. 2014	

.....
doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Vedoucí ústavu

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

Podklady a literatura

ČSN EN 13880 - 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 Zálivky za horka

ČSN EN 14188 - 1 Specifikace pro zálivkové hmoty za horka

ČSN EN 14188 - 3 Specifikace pro těsnící profily

ČSN EN 14840 - Zkušební metody pro těsnící profily

ČSN EN 15466 - 1, 2, 3 Adhezní nátěry pro zálivky za studena a za horka

veřejně přístupné články a literatura z internetu

výzkumné zprávy zabývající se danou problematikou

bakalářské a diplomové práce z minulých let zabývající se podobnou problematikou

sborníky českých a zahraničních technických konferencí

apod.

Zásady pro vypracování

Vypracování bakalářské práce je podmíněno studiem materiálů o využití, zpracování a zkoušení zálivek do spár CB desek. Pro přijetí bakalářské práce k obhajobě je nutné splnit následující:

1. teoretické sledování charakteristických vlastností zálivek do spár CB krytů vozovek pozemních komunikací
2. experimentální zkoušení vybrané zálivky za horka

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....

Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou asfaltových zálivek cementobetonových krytů. V praktické části je experimentálně zkoušeno modifikované asfaltové pojivo před procesem a po procesu stárnutí. Na vzorcích asfaltového pojiva byly provedeny zkoušky penetrace, kroužek a kulička, resilience a vratná duktilita.

Klíčová slova

Asfaltové pojivo, Kroužek a kulička, Vratná duktilita, Penetrace jehlou, Resilience, proces stárnutí, poruchy asfaltových zálivek

Abstract

The findings related to issues of joint sealings of concrete pavements are summarized in this bachelor thesis. The main part of this thesis deals with experimental testing of modified asphalt binder. This asphalt binder was tested at the beginning and at the end of fatigue. The samples of asphalt bitumen were tested by the method of ring and ball, determinativ of needle penetration, elastic recovery and resilince.

Keywords

Asphalt binder, ring and ball method, elastic recovery, needle penetration, resilience, aging, failures of joint sealing

Bibliografická citace VŠKP

Jan Doseděl *Zálivky spár CB krytů*. Brno, 2015. 49 s., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací. Vedoucí práce Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 28. 5. 2015

.....

podpis autora
Jan Doseděl

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 28. 5. 2015

.....

podpis autora
Jan Doseděl

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Dušanu Stehlíkovi, Ph.D. za cenné rady a odbornou pomoc. Dále bych poděkoval zaměstnancům laboratoře Ústavu pozemních komunikací VUT v Brně zvláště panu Pavlu Strakovi a Matěji Šafránkovi. V neposlední řadě bych poděkoval kamarádům a své rodině, která mě podporovala během studia

Obsah

1. Úvod	11
1.1. Historie v ČR	12
1.2. Zkušenosti v USA	12
1.3. Polyuretanové zálivky.....	14
2. Cíle práce.....	15
3. Teoretická část.....	16
3.1. Problémy zálivek	16
3.2. Poruchy zálivek.....	18
3.3. Základní typy poruch zálivek	19
3.4. Trhliny netuhých vozovek	21
3.4.1. Mrazové trhliny	21
3.4.2. Reflexní trhliny	21
3.4.3. Mozaikové trhliny.....	22
3.4.4. Spáry.....	23
3.4.5. Zálivky	23
a) Zálivky za horka	23
b) Zálivky za studena	27
3.4.6. Silikon	27
3.5. Nevhodný výběr zálivky.....	28
4. Praktická část	30
4.1. Stanovení penetrace jehlou	30
4.1.1. Podstata zkoušky.....	30
4.1.2. Postup zkoušky	30
4.2. Stanovení bodu měknutí – Kroužek a kulička	33
4.2.1. Podstata zkoušky.....	33
4.2.2. Postup zkoušky	33
4.3. Zkouška pružné regenerace (Resilience).....	36
4.3.1. Podstata zkoušky.....	36
4.3.2. Příprava a temperování zkušebních těles	36
4.3.3. Postup zkoušky	36
4.3.4. Vyjádření výsledku	37

4.4. Stanovení Vratné duktility	39
4.4.1. Podstata zkoušky	39
4.4.2. Postup zkoušky	39
4.4.3. Výpočet	39
4.4.4. Vyjádření výsledků	41
4.5. Provedení zkoušek po 12 dnech stárnutí	41
4.6. Provedení zkoušek po 20 dnech stárnutí	42
5. Závěr	44
6. Literatura	45
7. Seznam obrázků	48
8. Seznam tabulek	49

1. Úvod

Účelem spáry, která je vyplněna vhodným materiálem, je eliminace vodorovných napětí a zamezení vniku povrchové vody nebo jiných nevhodných materiálů do spáry. V zimním období se především jedná o vnikání rozmrazovacích prostředků a solí, které mají nepříznivý účinek na samotnou zálivku nebo přilehlý materiál. Zálivka slouží jako ochrana trnů a kotev, které jsou zavibrovány do cementobetonového krytu. Používání zálivkových hmot se datuje na začátek 20. století, kdy se začaly používat cementobetonové kryty. V dnešní době se požadují vytváření spár mezi kryty, aby nedocházelo k tvoření trhlin.

Použití zálivek do spár mezi betonovými kryty je běžným pracovním postupem. Voda vnikající do konstrukce může mít za následek rozpad přilehlé části i zálivky. V důsledku proniku vody a jiných nečistot může vést k vytváření dalších poruch, například odprýskání betonu, vyvýšeniny, prohlubně, boulení, drcení desky. Naopak, pokud je dobře provedena zálivka, zvyšuje se životnost celého cementobetonového krytu [1].

Asfaltové zálivky jsou vyráběny z ropy pomocí destilace. Využití mají na vozovky, izolace budov a střech apod. Asfalt a jeho produkty stále drží prvenství v aplikaci před plastickými hmotami. Používá se již několik tisíciletí, zejména díky dobrým vlastnostem. Mají velice dobrou tmelivou schopnost a snadnou zpracovatelnost. Jsou snadno dostupné a jejich cena je příznivá [2].

Na opravy, ošetření trhlin a pracovních spár, na kryty z asfaltové směsi nebo na kryty z cementobetonu se používá zejména zálivek za horka zpracovaných. Aplikací zálivky dojde k ušetření finančních prostředků na opravy vozovky, čímž se dosáhne zvýšení komfortu jízdy [3].

Většina zálivek jsou pro použití v extravilánu, a proto musejí mít dobré elastické vlastnosti. Zálivky by si měly zachovat stejné vlastnosti po mnoho let. Po aplikaci jsou zálivky vystavovány nepříznivým vlivům, jako je například UV záření, působení vody, solí, povětrnostních vlivů a dále působení tepelných cyklů. Degradace probíhá jak chemická tak i fyzická. Platí, že chemická degradace předchází fyzickou [4].

Zvětrávací procesy jsou důležitým tématem nejen pro uživatele, ale i pro dodavatele. Poruchy mohou nastat působením povětrnostních vlivů a důsledkem stárnutí. Tento typ poruchy je charakterizován změnou barvy a vznikem trhlinek. Důsledkem je individuální nebo kombinace faktorů. Hlavními faktory jsou UV záření, působení ozonu, působení vody.

Aby nedošlo k porušení nebo ztrátě vlastností, mohou být do zálivky přidány různá plniva. Typická plniva jsou saze, jíly, uhličitán vápenatý, mastek a oxid křemičitý [5].

Většinou tyto plniva ovlivňují i přilnavost. Přilnavost není definována jenom podle přilnavostí mezi dvěma povrchy, ale také schopností odolávat oddělení od těchto povrchů. Z tohoto důvodu zálivka musí mít reologické vlastnosti, které podporují lepení, ale brání oddělení. Tyto vlastnosti mohou být dosaženy změnou stavů od namočení až po aplikaci, nebo díky viskoelastickému chování [6].

Vzhledem k tomu, že se očekává dlouhá životnost, je potřeba předvídat změny ve vlastnostech materiálu vůči životnímu prostředí, teplotě, zatěžování a stárnutí. Proto je třeba znát fyzikální a chemické vlastnosti zálivky [7].

Provedení zkoušek je důležité pro stanovení vlastností nebo ke zjištění životnosti. Některé ze zkoušek poskytnou informace o vlastnostech, například viskozita, která ovlivňuje míchání a roztíratelnost. Jiné zkušební metody ověřují množství pevných látek, což ovlivňuje viskozitu [8].

1.1. Historie v ČR

- první betonové vozovky ve 30. letech 20. století – betonování do pevných bočnic
- v 60. letech – betonáž do posuvných bočnic
- v 90. letech – kotvení spár, užití dvouvrstvého krytu [14]

1.2. Zkušenosti v USA

The National Concrete Highway Research Program (NCHRP 1995) provedl průzkum, který ukázal, že na dálnicích v USA jsou použity zálivky za tepla i zálivky za studena. Poměr mezi zálivkami je zhruba stejný na všech typech spojů. Silikon byl nejběžnější za studena používaný materiál. A také častějším předmětem laboratorních zkoušek byly ostatní zálivkové hmoty. Silikon měl výborné výsledky v některých státech, jako je například Jižní Dakota. Zatímco ve Wisconsinu nebo ve Virginii se přestal používat, protože měl nedostatečnou přilnavost k betonu. V betonu bylo použito nevhodné plnivo.

Čtyři roky zkoumání na devíti zálivkách – čtyři silikony, dva za horka zpracované a tři těsnění. Department of Transportation („Arizona“ 1995) provedl laboratorní a polní zkoušky.

Oba vzorky zpracované za horka byly nevyhovující ve srovnání s ostatními vzorky. Byly zjištěny nedostačující vlastnosti v přilnavosti, soudržnosti a drolení. Ostatní zálivky byly provedeny velmi dobře.

Abd El Halim et al. (1997) porovnávali vlastnosti silikonu, materiálů na bázi pryže zpracované za studena a zálivky zpracované za horka. Jednalo se o provedení zkoušek stlačitelnosti a roztažnosti. Tři vzorky vykazovaly malou pevnost v tahu a tlaku pod 200 MPa. Zkoušky proběhly v rozmezí teplot od 0 °C do 40 °C. Silikon a materiál na bázi pryže zpracovaný za studena při teplotě pod 0 °C vykazovaly stejné vlastnosti jako při vyšších teplotách. Při teplotách blízkých se k -40 °C vzorky zpracované za horka vyvozovaly větší hodnoty pevnosti v tahu i v tlaku. Silikon při teplotě -40 °C se choval tak, že se prudce zvedla pevnost v tahu. Zatímco materiál na bázi pryže zpracovaný za studena měl poměrně stejné vlastnosti v tlaku při všech teplotách.

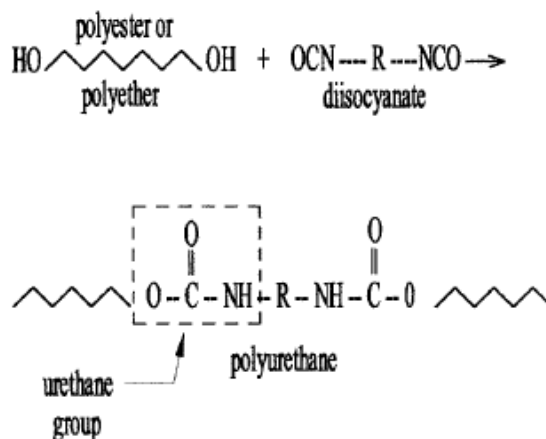
Sandberg (1991) provedl studii dvouletého stárnutí na čtyřech vzorcích. Stárnutí bylo provedeno jako přírodní a umělé. Silikon s nízkým modulem porovnal se silikonem se středním modulem. Silikony s nízkým modulem neprokázaly žádné viditelné známky degradace a prokazovaly stejné mechanické vlastnosti za všech testovacích podmínek. Silikon se středním modulem také neměl žádné viditelné známky degradace. Avšak pevnost silikonu se po každém testu zvýšila, což naznačuje zvýšení tuhosti. Dále provedl zkoušky na dvoudílném uretanu a jednodílném uretanu po době stárnutí. Oba uretany měly viditelné známky degradace ve formě povrchových trhlin a byla zvýšena tuhost.

Al-Qadi a Abo-Quadais (1994) testovali dva silikony a jednosložkový polyuretanový vzorek. Vzorky byly zkoušeny současně na cyklický smyk, tah a tlak. Polyuretan vykazoval vyšší tuhost za všech testovacích podmínek. Silikony byly méně spolehlivé, protože zde bylo porušení soudržnosti.

V New Brunswick v Kanadě, kde jsou velmi tuhé zimy, dochází k mnoha cyklům zmrazení/rozmrazení. Běžně se používají silikony, zálivky zpracované za horka a polymerem modifikované asfalty. Zálivky byly porušeny již po krátké době, kdy byly zjištěny nedostatky v soudržnosti a přilnavosti.

1.3. Polyuretanové zálivky

Polyuretan je organická sloučenina. Poprvé byla použita v 19. století. Jedná se o etylen kyseliny karbamové.



Obrázek 1. Proces vytváření polyuretanu (Angela D. Rogers)

Obsahuje 30 % až 50 % polyol prepolymeru. Zbytek tvoří pigment, plnidlo, materiály zlepšující přilnavost a jiné přísady, které ovlivňují koncové vlastnosti zálivky.

S použitím vhodných přísad u polyuretanů může dojít ke zvýšení odolnosti vůči povětrnostním vlivům, proti vlhkosti a zvýšení chemické odolnosti. Může dojít ke zvýšení roztažnosti a pevnosti v tlaku, odolnost proti vibracím, UV zářením a vůči působení tepla, tvrdosti, pružnosti a odolnosti proti obrušování.

Polyuretanové zálivky jsou připravovány jako jednosložkové, kde jsou všechny složky míchány současně. Alternativně mohou být připravovány jako dvousložkové, prepolymer, který se skládá ze složky A a ze složky B. Složka A je obvykle diisokyanát a složka B obsahuje polyol a všechny ostatní složky. Dvoudílné uretanové zálivky umožňují rychlou přilnavost a dobré fyzikální vlastnosti. Poměr polyolu a polyisokyanátu hraje důležitou roli, jelikož má vliv na hustotu vazeb ve dvousložkové zálivce. Obvykle platí, že vlastnosti, jako je odolnost proti vysoké teplotě a působení vody klesá s klesající hustotou vazeb [17].

2. Cíle práce

Cílem práce je experimentální porovnání změn teplot modifikovaného asfaltu jako horké zálivky na nezestálém a zestárlém vzorku. V první fázi se provedou zkoušky penetrace (4.1.), kroužek a kulička (4.2.), duktility (4.4.) a resilience (4.3.) na novém vzorku modifikovaného asfaltu. Následně se nechají vzorky asfaltového pojiva uměle stárnout. Proces stárnutí se bude provádět tak, že jeden vzorek se vystaví na 6 hodin do sušárny při teplotě 130 °C a na zbylých 18 hodin se vloží do mrazáku při teplotě -17 °C (vzorek číslo 1). Další vzorek se vystaví na 6 hodin do sušárny při teplotě 130 °C a následně se nechá při laboratorní teplotě na zbylých 18 hodin (vzorek číslo 2). Poslední vzorek bude vystaven na 6 hodin laboratorní teplotě a následně bude vložen do mrazáku při teplotě -17 °C na zbylých 18 hodin (vzorek číslo 3). Po procesu stárnutí budou následovně provedeny zkoušky (4.1.), (4.2.), (4.3.), (4.4.).

3. Teoretická část

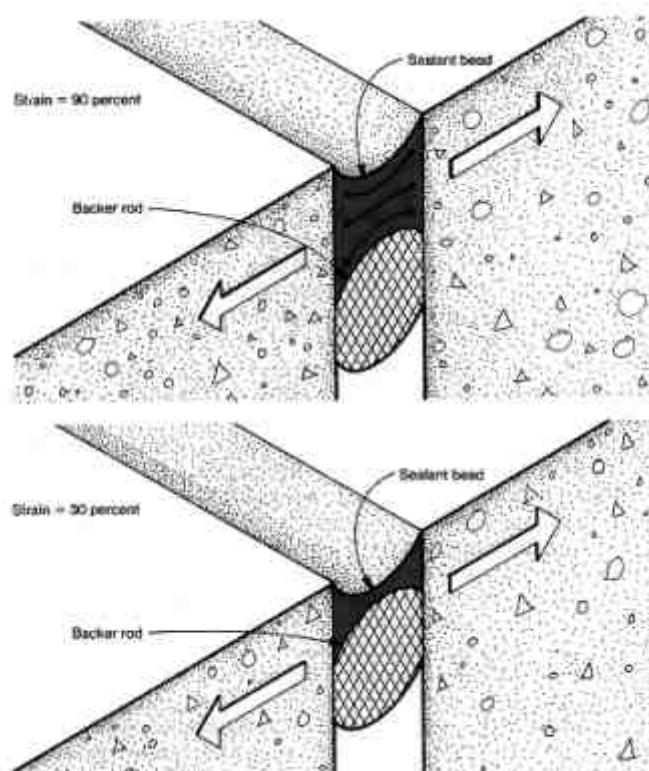
3.1. Problémy zálivek

Spoje utěsněné elastomerovým tmelem se obvykle poruší kombinací více faktorů. Vzhledem k tomu, že spoje jsou malé procento prací v celkovém objemu. Je třeba, aby byly provedeny s maximální pečlivostí a s použitím vhodných těsnících materiálů k tomu určených.

K nejběžnějšímu důvodu porušení zálivky je nevhodná velikost spoje. Ty mohou být poddimenzované, nebo se může omezit počet spojů o velkých šířkách. Neplatí zde „pokud bude použito spoje větších šířek, bude jich méně“. Většinou se uvažuje pouze se smršťováním a roztažností zálivky. Nicméně je i celá řada faktorů, které ovlivňují správnou velikost a umístění. Jakákoliv změna vrstvy a materiálu vyžaduje spoj. Vlhkost v materiálu také hraje roli, protože vysycháním se beton smršťuje. Spárou musí být odděleny dva různé materiály s různou teplotní roztažností.

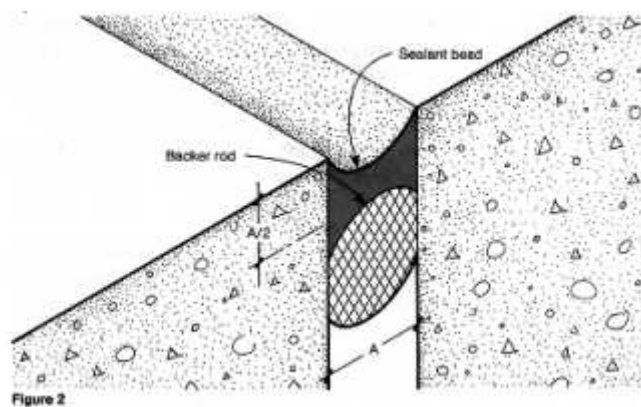
Pokud jsou spáry příliš daleko od sebe, vzniknou další spáry. Mnoho nových spár vznikne jako trhlina v konstrukci, nestejné velikosti, nezávislé na místě vzniku.

Velikost spáry neumožňuje velkou toleranci chyb. V případě, že jsou spáry užší než 6,35 mm, může dojít k vytlačení zálivky. Pokud je spára příliš široká, více než 25,40 mm, může dojít k tomu, že zálivka poklesne a nebude celá spára rovnoměrně vyplněna. Široké spáry vyžadují hluboké zálivky, aby se předešlo ztrátě soudržnosti. Čím hlubší zálivka je, tím je méně schopna se natáhnout. Síly působící v zálivce mohou vyvolávat vnitřní síly. Tím by docházelo ke vzniku napětí a došlo by k odtržení zálivky od přilehlého materiálu.



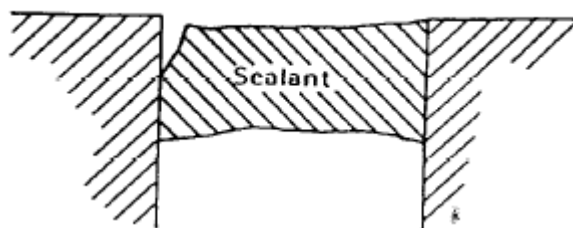
Obrázek 2. Vliv hloubky zálivky (www.buildingdiagnostics.com)

Výška zálivky ($A/2$) by se měla rovnat $1/2$ šířky spáry (A). Nikdy by neměl být poměr 1:1 výška k šířce a hlubší než 12,70 mm [9].

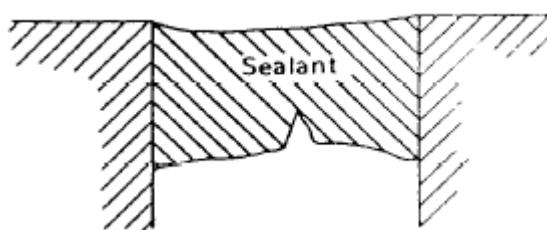


Obrázek 2. Řez spárou vyplněnou zálivkou (www.buildingdiagnostics.com)

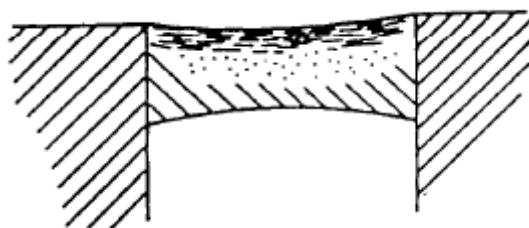
3.2. Poruchy zálivek



Obrázek 3. Ztráta přilnavosti (M. Y. L. Chew and Lee Der Yi)



Obrázek 4. Ztráta soudržnosti (M. Y. L. Chew and Lee Der Yi)

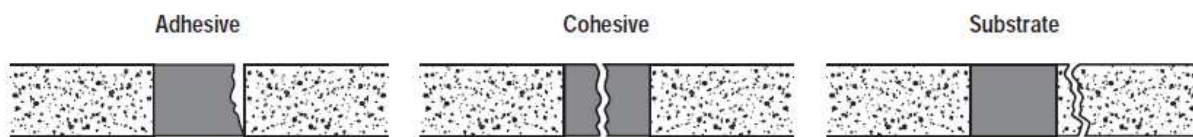


Obrázek 5. Měknutí (M. Y. L. Chew and Lee Der Yi)



Obrázek 6. Praskání (M. Y. L. Chew and Lee Der Yi)

3.3. Základní typy poruch zálivek



Obrázek 7. Ztráta soudržnosti, přilnavosti a porušení přilehlého materiálu (www.crlaurence.com)

a) Ztráta přilnavosti zálivky

Porucha, kde dochází k odlepování zálivky a betonové konstrukce. Nejpravděpodobnější příčiny jsou velká šířka spáry, jež je vyplněna zálivkou, která má nedostačující těsnicí schopnost, nevhodná příprava povrchu nebo nesprávné použití materiálů. U zálivek za horka zpracovaných je vidět toto porušení pouhým okem nebo za použití tenkého předmětu, který se vloží mezi zálivku a přilehlý materiál.

b) Ztráta soudržnosti

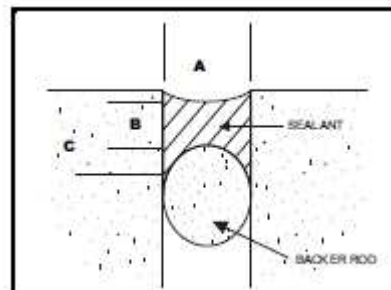
Nastává přímo v zálivce. Poruchy soudržnosti mohou vést v obou směrech jak v příčném, tak i v podélném. Obvykle se jedná o nevhodný výběr zálivky, nedostatečné promíchání přísad, vnik vzduchových bublin nebo nesprávné použití materiálů. Obvykle dojde k porušení uprostřed spáry. Toto porušení se vztahuje pouze na zálivky zpracované za horka a na silikony. Poruší se tehdy, pokud je zálivka malé výšky nebo pokud zálivka ztratila své elastické vlastnosti.

c) Porušení přilehlého materiálu

Nejedná se o poruchu zálivky, ale o porušení přilehlého materiálu. Vzniká špatnou přípravou povrchu. Mělo by se zabránit promíchání zálivkové hmoty s rozpadajícím materiálem [10] [11].

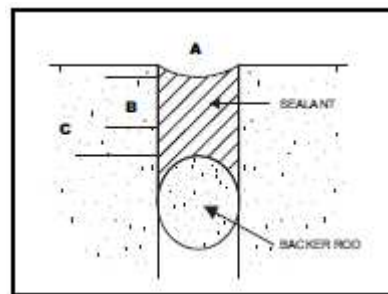
Ostatní faktory, které způsobují poruchy zálivek:

1. Poměr C a A musí být alespoň 1/4" (6,35 mm).
2. Poměr A:B musí být minimálně 2:1.
3. Povrch zálivky musí mít vydutý tvar.
4. Velikost B maximálně 3/8" (9,52 mm).



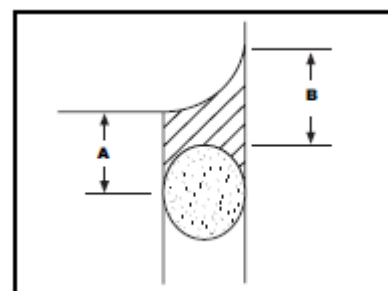
Obrázek 8. Vhodný způsob provedení zálivky (www.crlaurence.com)

1. Hluboká zálivka nebude mít stejnou pohybovou kapacitu jako správně provedená zálivka.
2. Příliš velká výška zálivky.



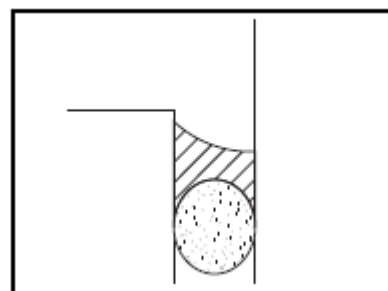
Obrázek 9. Nevhodný způsob provedení zálivky (www.crlaurence.com)

1. Velikost A a B je větší než 1/4" (6,35 mm)
2. Dobrý odvod vody z důvodu tvaru zálivky.



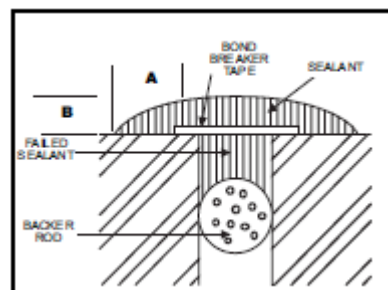
Obrázek 10. Vhodný způsob provedení zálivky (www.crlaurence.com)

1. Zadržování vody



Obrázek 11. Nevhodný způsob provedení zálivky (www.crlaurence.com)

1. Velikost A musí být minimálně 6,35 mm.
2. Velikost B musí být minimálně 3,18 mm až 9,53 mm.
3. Antiadhézní páska musí ochránit zálivku.



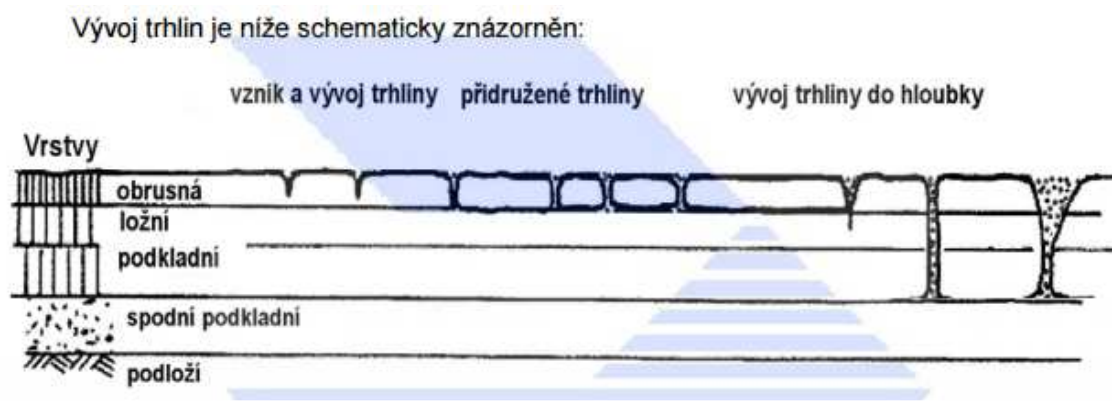
Obrázek 12. Vhodný způsob provedení zálivky (www.crlaurence.com)

3.4. Trhliny netuhých vozovek

3.4.1. Mrazové trhliny

Vlastnosti pojiva mají vliv na chování asfaltových vrstev. Při nízkých teplotách se chová jako pevná a křehká hmota [12].

Ke vzniku trhlin dochází při teplotách nižších než $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ nebo při rychlém poklesu teploty povrchu. Poté se vytvoří smršťovací trhlina, která se šíří v povrchu nebo ve vrstvě a oslabuje asfaltovou vrstvu. Pokud trhlina dosáhne spojení obrusné vrstvy s ložní nebo obrusné vrstvy s podkladní vrstvou pak, dochází k narušení vrstev.

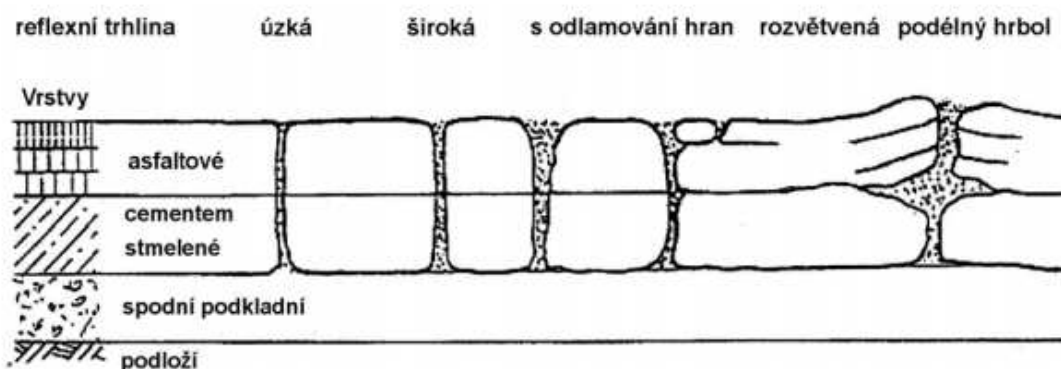


Obrázek 13. Mrazová trhlina, vznik a vývoj (TP 82)

3.4.2. Reflexní trhlina

Při použití stmelených materiálů hydraulickými pojivy dochází k působení tahového napětí. Pokud je napětí větší než pevnost materiálu, dochází ke vzniku příčných trhlin. Pokud se použije beton s vyšší pevností, trhliny mezi sebou budou mít menší vzdálenost. Vzdálenost mezi trhlínami je běžně od 3 m do 30 m.

Vlivem teplot dochází k uzavírání a k rozevírání trhlin. Pokud je cementobetonový kryt porušen trhlínou, tak se trhlina překopíruje do asfaltové vrstvy ležící nad ním. Dále bude docházet k rozevírání trhliny a pronikání vody a nečistot.



Obrázek 14. Reflexní trhлина, vývoj (TP 82)

3.4.3. Mozaikové trhliny

Vznikají:

- Zvýšeným stárnutím asfaltu (u pojiva je nižší hodnota penetrace než 50, mezerovitost vyšší než 6 % v obrusné vrstvě, použití nevhodné modifikační přísady)
- Průnikem vody až na ložní vrstvu a narušuje spojení mezi vrstvami
- Při vzájemném nespojení asfaltových vrstev při pokládce (vrstva byla kladena na mokrá nebo znečištěný povrch)

Při oddělení ložní a obrusné vrstvy dochází k většímu namáhání než při jejich spojení. Trhlinky se začnou více šířit ve směru jízdy vozidel. Mozaikové trhliny jsou zobrazeny jako síť trhlín o vzájemných vzdálenostech přibližně o tloušťce vrstvy. Do trhlín vniká voda, která je pod vlivem zatížení vytlačována (porušené části „pumpují“). Trhliny se tak rozšiřují [13].



Obrázek 16. Mrazová trhлина (www.consultest.cz)



Obrázek 15. Spára (www.google.com)

3.4.4. Spáry

V cementobetonovém krytu je potřeba zřizovat spáry. Ty se dělí:

Příčné

- Smršťovací (kontrakční) – s kluznými trny nebo bez trnů
- Prostorové (dilatační) – použití u mostů, nevytváří se, pokud je mezi cementobetonovým krytem a jiným objektem asfaltový kryt.
- Pracovní – s kluznými trny nebo bez trnů

Podélné

- Nesmí se umístit do stopy vozidla
- Řezání spár do 48 hodin po dokončení příčných spár

3.4.5. Zálivky

Zálivkové hmoty slouží pro zalévání spár mezi cementobetonovými kryty a mezi asfaltovými kryty pozemních komunikací, letištních ploch, mostů, skladovacích a parkovacích ploch [15].

Druhy zálivek [16]

- Za horka
- Za studena

Druhy těsnících materiálů

- Těsnící profily z vulkanizované pryže
- Asfaltové pásy

a) Zálivky za horka

Představují měkké a vysoce modifikované asfalty. Jsou určené pro zálivky mezi asfaltobetonové kryty a k napojení nové asfaltové směsi ke starému povrchu.

Zálivky za horka zpracované jsou definovány v ČSN EN 14 188-1 a rozlišují se dva typy: N1 a N2.

Dle účelu použití se dělí:

- zálivky bez odolnosti proti pohonným látkám
- zálivky odolné proti pohonným hmotám [16] [2].



Obrázek 17. Zálivka zpracovaná za horka (Jan Mastný, s.r.o.)



Obrázek 18. Zálivka zpracovaná za horka (AFGSC)



Obrázek 19. Zálivka zpracovaná za horka (www.alphapavingstexas.com)



Obrázek 20. Zálivka zpracovaná za horka (www.asfalt.cz/opravy-spar)

Č.	Vlastnosti materiálu	Typ zálivky za horka		Zkouška dle TP Fug-StB		PVK
		Bez odolnosti proti pohonným látkám				
		N1	N2			
1	Příprava vzorků pro zkoušku a pozorovatelné vlastnosti	Údaj je nutno uvést homogenně v souladu s pokyny výrobce		2.4.1	DIN EN 13880-5	Tolerance viz tab. A1 a A2 v ZTV Fug-StB
2	Bod měknutí metodou kroužek a kulička, v °C	≥ 85	≥ 85		DIN EN 1427	
3	Hustota při + 25 °C, v mg/m³	Údaj je nutno uvést v souladu s pokyny výrobce			DIN EN 13880-1	
4	Penetrace kuželem při + 25 °C, 5 s, 150 g, v 0,1 mm	40 až 130	40 až 100		DIN EN 13880-2	
5	Penetrace kuličkou a pružná regenerace při + 25 °C, kulička 75 g, 5 s, v %	≥ 60	≤ 60		DIN EN 13880-3	
6 6.1 6.2	Tepelná odolnost / změna penetrace kuželem při + 70 °C/168 h Penetrace kuželem v 0,1 mm Penetrace kuželem a pružná regenerace, v %	40 až 130 ≥ 60	40 až 100 ≤ 60		DIN EN 13880-4	

Tabulka 1. Zálivka za horka, požadavky a zkušební metody [16]

Č.	Vlastnosti materiálu	Typ zálivky za horka		Zkouška dle TP Fug-StB		PVK
		Bez odolnosti proti pohonným látkám				
		N1	N2			
7	Délka stečení; počáteční a po tepelném namáhání při + 60 °C, 5 h ,úhel 75°, v mm	≤ 2	≤ 3	2.4.1	DIN EN 13880-5	Tolerance viz tab. A1 a A2 v ZTV Fug-StB
9	Kompatibilita s asfaltem při + 60 °C, 72 h	Bez porušení adheze a bez exudace oleje			DIN EN 13880-9	
10	Adheze a roztažnost				DIN EN 13880-13	
10.1	Celková roztažnost, po 5 h	≥ 5	≥ 5			
10.2	Teplota při zkoušce, v °C	– 25	- 20			
10.3	Skládování ve vodě, 14 d při pokojové teplotě	x	x			
10.4	Roztažnost - maximální napětí v MPa - napětí po skončení pokusu, v MPA	1,00 ≤ 0,15	0,75 -			
10.5	Porušení adheze - zcela odloučené boky spáry, v mm² - hloubka štěrbiny, v mm	žádné žádné	žádné žádné			
10.6	Porušení koheze - celkový povrch trhliny, v mm² - hloubka trhliny, v mm	žádné žádné	žádné žádné			
11	Adheze				DIN EN 13880-10	
11.1	Roztažnost, v mm roztažnost v %	18 75	18 75			
11.2	Počet cyklů	3	3			
11.3	Teplota při zkoušce, v °C	– 25	0			
11.4	Maximální napětí v N/mm²	< 0,48 ± 0,10	< 0,48 ± 0,10			
11.5	Roztažnost - zcela odloučené boky spáry, v mm² - hloubka štěrbiny, v mm	< 50 < 3	< 50 < 3			
11.6	Adheze - rozsah trhliny, v mm² - hloubka trhliny, v mm	< 20 < 3	< 20 < 3			

Tabulka 2. Pokračování tabulky: Zálivka za horka, požadavky a zkušební metody [16]

Vlastnost	Jednotka	Požadavek		Zkoušeno podle
		min.	max.	
Bod měknutí K. K.	°C	85	-	ČSN EN 1427
Penetrace kuželem při 25 °C	0,1 mm	40	100	ČSN EN 13880–2
Penetrace a pružná regenerace	%	60	-	ČSN EN 13880–3
Tepelná odolnost, penetrace kuželem	0,1 mm	40	100	ČSN EN 13880–4
Tepelná odolnost, pružná regenerace	%	60		ČSN EN 13880–4
Odolnost proti tečení	mm		2	ČSN EN 13880–5
Kompatibilita s asfaltovou vozovkou		Žádné poruchy přilnavosti		ČSN EN 13880–9
Pevnost vazby – adheze/koheze		Bez poruch		ČSN EN 13880–13

Tabulka 3. Zálivková hmota za horka TP 115

b) Zálivky za studena

Používají se jako samonivelační (typ sl) a soudržné (typ ns) v závislosti na situaci a jejich aplikaci. Dále se dělí do dvou skupin podle celkové přípustné deformace 25 % nebo 35 % [16].

3.4.6. Silikon

Základní složkou silikonových tmelů je silikonový polymer. Silikon se začal používat v 70 letech 20. století [18]. Aplikace je podobná zálivkám zpracovaným za horka. Zálivka se skladuje jako balená k okamžitému použití. Většina výrobců doporučuje venkovní skladování až do doby použití.

Silikon je samostatná složka, a tudíž není potřeba již dalšího míchání ani nahřívání. Materiál se vytvrzuje až při samotné aplikaci. Vzduch pomáhá tvrdnutí, a tím dochází ke konečným vlastnostem. Výrobce nedoporučuje aplikaci při dešti, mrznutí nebo při teplotách, kdy je překročen rosný bod.

Silikonové zálivky mohou být aplikovány v širokém rozmezí teplot. Zálivky s nízkým modulem pružnosti mají dobrou schopnost se vracet do původního stavu po působení tlakového nebo tahového napětí. Typický nízkomodulový silikon může mít roztlačnost i 100 %, aniž by se porušil [19].

3.5. Nevhodný výběr zálivky

Nevhodný výběr zálivky může vést k rozpadu, poruchám a v neposlední řadě ke krátké životnosti.

Níže jsou uvedena některá nesprávná použití, která vyvolají problém.

- Nekvalitní zálivky použity ve spárách s velkým dilatačním pohybem
- Použití na místech, kde byla použita barva
- Butylové zálivky použity na širokých prefabrikovaných spojkách
- Aplikace pod vodou
- Použití na přírodních kamenech nebo na mramoru

- **Použití nevhodných materiálů**

Zálivky mohou reagovat s materiály, které se považují za neslučitelné se zálivkou.

Některé nevhodné použití:

- Silikon použitý na měď
- Latex použitý na surovou ocel
- Všechny druhy silikonů použity na neopren
- Tmely na bázi rozpouštědel použity na plast a gumu

- **Vliv počasí a odolnost proti UV záření**

UV záření, ozon a vliv počasí mají největší vliv na správný výběr zálivky. Ve velkých městech je vysoká hladina smogu a dalších nečistot obsažených ve vzduchu. Ve venkovských oblastech záleží především na střídání vysokých teplot s nízkými, které mohou být nedostačující, než doporučuje výrobce.

Mělo by se dát pozor na:

- Méně kvalitní zálivky mohou mít nižší hodnotu odolnosti proti UV záření
- Aplikace zálivky v určitých teplotních mezích, nedoporučuje se používat zálivky pod/nad teplotami, které jsou určeny výrobcem

- UV záření a ozon působí na butyly, akryláty a uretany, které způsobují drolení a praskání

- **Nesprávná příprava povrchu**

Všechny povrchy před aplikací zálivky musí být čisté, suché a zbavené prachu. To znamená, že z povrchu musí být odstraněna špína, prach, oleje a jiné materiály, které znečišťují povrch.

- **Odstranění povrchových nečistot**

- Prach z betonu
- Ochranné nátěry, povrchové úpravy
- Staré těsnící materiály
- Znečišťující látky z kovů
- Prach ze všech povrchů

- **Nevhodné použití prostředků na čištění**

- Rozpustné látky na bázi olejů, které zanechávají stopy
- Mýdla a čisticí prostředky, které zanechávají film
- Znečištěné kusy látek [10]

Zálivky za tepla zpracované jsou termoplastické polymery, které se taví při vysokých teplotách do kapalného stavu před aplikací. Po ochlazení se tyto zálivky vrací do jejich poměrně tuhého původního tvaru. Modifikovaný asfalt a polyvinylchlorid jsou dva rozdílné příklady zálivek za tepla zpracovaných.

Za studena zpracované zálivky jsou dodávány v kapalné formě, a proto nevyžadují nahřátí před aplikací. Tyto zálivky jsou většinou termosetové elastomery. Běžné zálivky za studena jsou vyráběny se silikonem, polyuretanem, polysulfidem a s materiály na bázi epoxidů. Polymerem modifikovaný asfalt může být rovněž v kapalné formě za studena zpracován [17].

4. Praktická část

4.1. Stanovení penetrace jehlou

4.1.1. Podstata zkoušky

Změří se průnik normalizované jehly do vytemperovaného analytického vzorku. Zkušební podmínky zkoušky pro penetraci do $330 \times 0,1$ mm jsou: teplota 25 °C, aplikované zatížení 100 g a doba zatížení 5 s. Při penetraci nad $330 \times 0,1$ mm je zkušební teplota snížena na 15 °C, ale zkušební podmínky jako aplikované zatížení a doba zatížení se nemění.

4.1.2. Postup zkoušky

Příprava držáku jehly a penetračních jehel

Držák jehly a jeho vodící zařízení se prohlédne a zkontroluje. Zjistí se, zda se držák jehly pohybuje volně ve svém vodícím zařízení. Penetrační jehla se očistí toluenem nebo jiným vhodným rozpouštědlem, osuší čistým hadříkem a vloží do držáku. Pokud není specifikováno jinak, přidá se 50 g závaží a zjistí se, zda je celkové aplikované zatížení $100,00 \text{ g} \pm 0,1 \text{ g}$.

Poznámka: Asfalty z určitých zdrojů mohou dávat nepravidelné výsledky. V takových případech se penetrační jehly před osušením ošetří ponořením do 1% roztoku kyseliny olejové v toluenu na dobu 5 minut.

Zkoušky v lázni s řízenou konstantní teplotou

Pokud se zkoušky provádí přímo v lázni, umístí se nádoba s analytickým vzorkem přímo na ponořenou poličku penetrometru. Nádoba s analytickým vzorkem se udržuje zcela pokryta vodou.

Stanovení penetrace

Jedna z nádob s analytickým vzorkem se umístí do své pozice a pomalu se snižuje jehla, až se její hrot právě dotkne svého obrazu odraženého povrchem analytického vzorku. Zkontroluje se a zaznamená nulová pozice jehly, pak se rychle ukotví držák jehly na

specifikovanou dobu. Pokud se nádoba pohne, stanovení se přeruší. Přístroj se nastaví tak, jak je třeba pro stanovení penetrace v desetínách milimetru.

Poznámka: Nastavení polohy jehly lze usnadnit dobrým osvětlením, např. pomocí osvětlené metylmetakrylátové trubice nebo čoček.

Provedou se nejméně tři platná stanovení pomocí tří různých jehel povrchu analytického vzorku, které jsou vzdáleny nejméně 10 mm od stran nádoby a nejméně 10 mm od sebe. Pro každé stanovení se použije čistá jehla. Pokud je penetrace větší než $100 \times 0,1$ mm, ponechají se všechny penetrační jehly v analytickém vzorku, dokud nejsou hotova všechna stanovení. Jestliže se provádějí zkoušky mimo vodní lázeň a 3 stanovení nejsou provedena během 2 minut, vrátí se analytický vzorek a přenášecí miska do vodní lázně a stanovení se opakuje [20].



Obrázek 21. Penetrometr (fotodokumentace Doseděl Jan)



Obrázek 22. Penetrační vzorek (fotodokumentace Doseděl Jan)

Vyjádření výsledků

Hodnoty penetrace se vyjádří jako aritmetický průměr hodnot akceptovatelných stanovení v desetinách milimetru zaokrouhlených na nejbližší číslo.

Mofalt 45/80-60			
Číslo vpichu	Hloubka vpichu [mm]	Průměr [mm]	Penetrace na 0,1 [mm]
1	4,52	4,50	45
2	4,45		
3	4,55		
4	4,48		

Tabulka 4. Výsledná hodnota Penetrace

Naměřené hodnoty splňují normové hodnoty:

Penetrace v 0,1 mm	do 49	50 až 149	150 až 249	250 a výše
Maximální rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším stanovením	2	4	6	8

Tabulka 5. Maximální rozdíl platných stanovení

4.2. Stanovení bodu měknutí – Kroužek a kulička

4.2.1. Podstata zkoušky

Dva kotoučky z asfaltového pojiva, odlité v mosazných kroužcích s osazením, se zahřívají řízenou rychlostí v kapalinové lázni, přičemž na každém z nich je umístěna ocelová kulička. Bod měknutí se zaznamená jako průměr teplot, při kterých tyto dva kotoučky změknou natolik, aby umožnily každé z kuliček obalených v asfaltovém pojivu, propadnout o vzdálenost $25,0 \text{ mm} \pm 0,4 \text{ mm}$.

4.2.2. Postup zkoušky

Zvolí se kapalina lázně a teploměr příslušný pro předpokládaný bod měknutí následujícím způsobem.

Body měknutí mezi $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$: použije se čerstvě převařená destilovaná voda nebo neionizovaná voda, teploměr s dělením po $0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Počáteční teplota lázně musí být $5 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sestaví se přístroj s kroužky naplněnými vzorky, středícím zařízením pro kuličky a zasazeným teploměrem a lázeň se naplní tak, aby povrch lázně byl $50 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ nad horním okrajem kroužku. Pomocí chemických kleští se umístí dvě kovové kuličky do lázně nebo zvláštní nádoby při teplotě $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ nebo $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ podle požadavků. Zajistí se, aby kuličky měly stejnou počáteční teplotu jako zbývající části sestavy. Dbá se, aby se kapalina v lázni neznečišťovala látkami, které by mohly ovlivnit výsledky.

Kádinka s lázní a sestaveným přístrojem se umístí do ledové vody nebo termostatové lázně, aby zchladla na teplotu $5 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (pro vodní lázeň) nebo se mírně zahřeje na teplotu $30 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (pro glycerinovou lázeň), aby se dosáhla a udržela správná počáteční teplota, na dobu 15 minut.

Pomocí chemických kleští se každá kulička umístí do svého středícího zařízení.

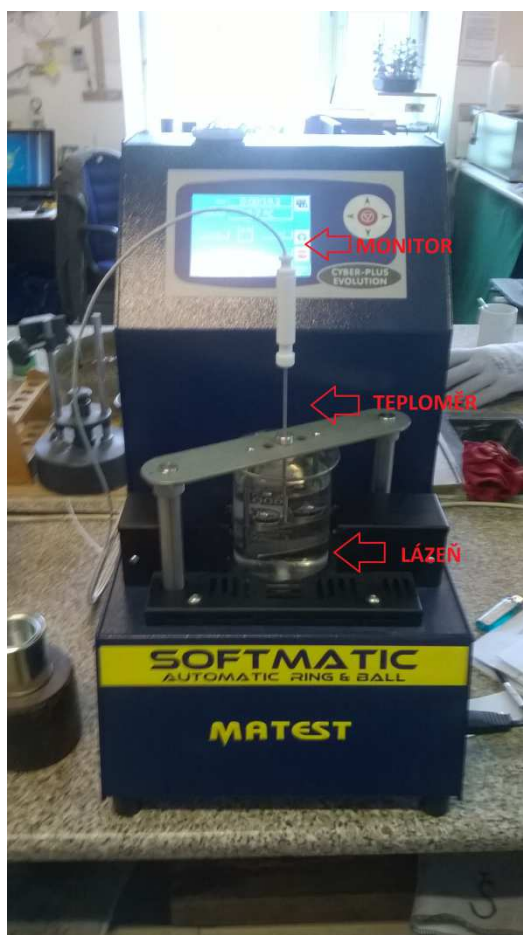
Kapalina v lázni se míchá a zespodu zahřívá tak, aby teplota stoupala rovnoměrnou rychlostí $5 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Je-li nutné, lázeň se chrání před ochlazováním průvanem pomocí štítů. Rychlost růstu teploty během zkoušky se neprůměruje. Maximální povolená odchylka v průběhu jakékoliv další minuty po počátečních 3 min je $\pm 0,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Během celého měření

musí být teplotní odchylka menší než $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Každá zkouška, u které rychlost teplotních růstu vybočuje z těchto mezí, se zamítne.

U každého kroužku a kuličky se zaznamená teplota udávaná teploměrem v okamžiku, kdy se asfalt obklopující kuličku dotkne při manuální metodě základní desky nebo při použití poloautomatického nebo automatického přístroje paprsku světla. Korekce na vyčnívající část teploměru se neprovádí.

Zkouška se opakuje, pokud je rozdíl mezi dvěma teplotami větší než $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro bod měknutí pod $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ nebo větší než $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro bod měknutí nad $80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

U modifikovaných asfaltů se zkouška opakuje, pokud rozdíl mezi dvěma teplotami přesahuje $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ [21].



Obrázek 23. Přístroj ke stanovení zkoušky Kroužek a kulička (fotodokumentace Doseděl Jan)



Obrázek 24. Odlité neseříznuté vzorky (fotodokumentace Doseděl Jan)



Obrázek 25. Odlité seříznuté vzorky (fotodokumentace Doseděl Jan)

Mofalt 45/80-60			
Vzorek	Poloha kuličky	Naměřená teplota [°C]	Průměrná teplota [°C]
1	levá	65,4	65,5
	pravá	65,5	
2	levá	65,2	65,4
	pravá	65,5	

Tabulka 6. Výsledné hodnoty zkoušky Kroužek a kulička

Naměřené hodnoty splňují normové hodnoty.

4.3. Zkouška pružné regenerace (Resilience)

4.3.1. Podstata zkoušky

Zkušební tělesa se připraví tak, že část laboratorního vzorku se nalije do dvou kovových nádob a tyto se ponechají zchladnout na vzduchu. Poté se zkušební vzorky zakryjí víky a ponoří se do vodní lázně s konstantní teplotou. Po ukončení doby temperování se zkušební tělesa vyjmou z vodní lázně, víka se sejmou a okamžitě se provede zkouška. Není povoleno provádět zkoušku pod vodou.

4.3.2. Příprava a temperování zkušebních těles

Během přípravy zkušebních těles je nutné dbát na to, aby laboratorní vzorek zálivky, podrobované zkoušce byl reprezentativním laboratorním vzorkem materiálu, ze kterého byl odebrán. Během přípravy zkušebních vzorků nesmí docházet k jakémukoliv lokálnímu přehřátí laboratorního vzorku a jeho znečištění olejem nebo jinými látkami.

Okamžitě po nalití se nádoby se zkušebními tělesy volně překryjí kádinkou s houbičkou jako ochrana proti prachu a k odstranění vzduchových bublin. Zkušební tělesa se ponechají chladnout na vzduchu při teplotě $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ po dobu $(1,75 \pm 0,25)$ h.

4.3.3. Postup zkoušky

Dvě nádoby na zkušební tělesa se naplní zkoušenou zálivkou přesně až po horní okraj. Zkušební tělesa se temperují podle 4.3.2, avšak před ponořením do vodní lázně se zkušební tělesa zakryjí víky.

Zkušební tělesa se vyjmou z vodní lázně, víka se sejmou a okamžitě se provede zkouška. Zkouška se nesmí provádět pod vodou.

Kulička penetračního nástavce se nastaví do kontaktu s povrchem zkušebního tělesa a na stupnici penetrometru se nastaví nula.

Aretování penetrometru se uvolní na dobu $(5,0 \pm 0,1)$ s, s čímž se umožní penetrace kuličky do zkušebního tělesa. Odečet na stupnici v milimetrech se zaznamená s přesností na 0,1 mm jako počáteční hodnota penetrace P.

Aniž by se vrátil ukazatel na stupnici na nulu, uvolní se opět aretace penetrometru a penetrační nástavec s kuličkou se zatlačí dalších 10 mm do zkušebního tělesa rovnoměrnou rychlostí během 10 s (tj. odečet P + 10 mm).

Penetrometr se zaletuje a kulička se ponechá v její pozici na dobu 5 s. Během této doby se horní vřeteno penetrometru vysune vzhůru tak, aby ukazatel stupnice byl na nule.

Aretace se uvolní a zkušební těleso, v němž je kulička se ponechá regenerovat po dobu 20 s a poté se penetrometr opět zaaretuje.

Horní vřeteno penetrometru se posune směrem dolů, až dojde ke styku se spodním vřetenem a zaznamená se konečná hodnota penetrace F v milimetrech s přesností $\pm 0,1$ mm.

Tento postup se provede ve třech bodech stejnoměrně rozmístěných a vzdálených od sebe a od okraje nádoby nejméně 10 mm.

4.3.4. Vyjádření výsledku

Zaznamená se počáteční penetrace kuličkou P a konečná penetrace F, zaokrouhlené na nejbližší 0,1 mm [22].

Resilience R se vypočítá podle rovnice:

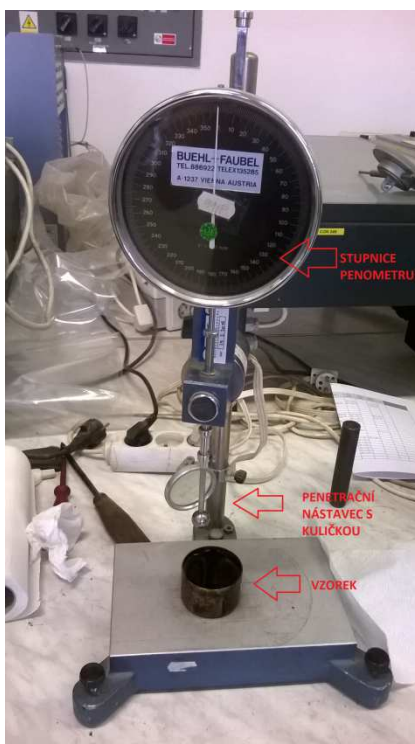
$$R = (P + 10 - F) \times \frac{100}{10}$$

Kde je R resilience v procentech (%)
 P počáteční penetrace kuličky v milimetrech (mm)
 F konečná penetrace v milimetrech (mm)

Resilience se vyjádří jako průměr ze tří stanovení a zaokrouhlí se na nejbližší 1 %.

Mofalt 45/80-60		
P [mm]	F [mm]	R [%]
4	80	24
3	82	21
9	90	19
Průměrná hodnota		21

Tabulka 7. Výsledné hodnoty zkoušky pružné regenerace



Obrázek 26. Penometr (fotodokumentace Doseděl Jan)

4.4. Stanovení Vratné duktility

4.4.1. Podstata zkoušky

Asfaltové tělísko se protahuje při teplotě a konstantní rychlosti 50 mm/min na určené prodloužení (200 mm). Takto získané asfaltové vlákno se uprostřed přestřihne, aby se získaly dvě poloviny vlákna. Po uplynutí předem určené doby pro navrácení se měří zkrácení polovláken a vyjadřuje se jako procento z délky protažení.

4.4.2. Postup zkoušky

Po 90 minutách temperování naplněných a seříznutých forem při zkušební teplotě se sejmou formy z podkladní destičky, odstraní se boční části forem a asfaltové tělísko se přemístí na vodící desky. Potom se vzorky protahují při zkušební teplotě $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rychlosti 50 mm/min $\pm 2,5\text{ mm/min}$ na prodloužení 200 mm $\pm 1\text{ mm}$. Do 10 s po zastavení protahovacího zařízení se asfaltová vlákna uprostřed pomocí nůžek přestřihnou na páry polovláken. Po 30 minutách od přestřihnutí asfaltových vláken se pomocí pravítka změří délky mezi konci polovláken a vyjádří se v mm.

V případě, že polovlákná nejsou v pozici proti sobě (konce jsou zkroucené), smí s nimi laborant lehce pohnout.

Pokud se vlákno tělíska přetrhne před protažením 200 mm a není to zapříčiněno poškozením tělíska, může laboratoř toto tělísko použít k výpočtu vratné duktility za těchto podmínek, což se uvede v protokolu o zkoušce. Laboratoř zdokumentuje v těchto případech svůj postup se zřetelem na provedení a obsluhu duktilometru.

4.4.3. Výpočet

Vratná duktilita R_E v absolutních procentech, zaokrouhlená na 1 % se vypočte pro každý vzorek podle následující rovnice:

$$R_E = \frac{d}{L} \times 100$$

Kde je d vzdálenost mezi polovláknými v mm

L délka protažení. Běžně se vlákno přestřihne při protažení 200 mm.

V případě předčasného přetržení (vlivem křehkosti) je L délka při přetržení

Naměřené hodnoty:

Mofalt 45/80-60	
L	200 mm
d	165 mm

Tabulka 8. Naměřené hodnoty Vratné duktility

$$R_E = \frac{165}{200} \times 100 = 82,5 \approx 83\%$$



Obrázek 27. Neseříznutý vzorek (fotodokumentace Doseděl Jan)



Obrázek 28. Vzorek po provedení zkoušky Vratné duktility (fotodokumentace Doseděl Jan)

4.4.4. Vyjádření výsledků

Zaznamenaná se vratná duktilita v procentech zaokrouhlená na celé procento (absolutní hodnoty) [23].

4.5. Provedení zkoušek po 12 dnech stárnutí

Zkouška Penetrace jehlou

Mofalt 45/80-60				
Vzorek	Číslo vpichu	Hloubka vpichu [mm]	Průměr [mm]	Penetrace na 0,1 [mm]
1	1	4,61	4,65	47
	2	4,77		
	3	4,71		
	4	4,64		
2	1	4,51	4,59	46
	2	4,69		
	3	4,59		
	4	4,55		
3	1	4,60	4,57	46
	2	4,60		
	3	4,55		
	4	4,52		

Tabulka 9. Výsledné hodnoty Penetrace

Stanovení bodu měknutí – Kroužek a kulička

Mofalt 45/80-60			
Vzorek	Poloha kuličky	Naměřená teplota [°C]	Průměrná teplota [°C]
1	levá	65,7	65,9
	pravá	66,0	
2	levá	65,6	66,1
	pravá	66,5	
3	levá	65,3	65,6
	pravá	65,9	

Tabulka 10. Výsledné hodnoty zkoušky Kroužek a kulička

U vzorku číslo 3 je teplota téměř nezměněná od původního provedení zkoušky na nezestárlém vzorku, hodnota činila 65,5 °C, nyní je 65,6 °C. U zbylých vzorků je teplotní rozdíl výraznější.

4.6. Provedení zkoušek po 20 dnech stárnutí

Zkouška Penetrace jehlou

Mofalt 45/80-60				
Vzorek	Číslo vpichu	Hloubka vpichu [mm]	Průměr [mm]	penetrace na 0,1 [mm]
1	1	4,16	4,19	42
	2	4,08		
	3	4,25		
	4	4,28		
2	1	4,20	4,11	41
	2	4,20		
	3	3,98		
	4	4,05		
3	1	4,52	4,51	45
	2	4,58		
	3	4,53		
	4	4,40		

Tabulka 11. Výsledné hodnoty Penetrace

Stanovení bodu měknutí – Kroužek a kulička

Mofalt 45/80-60			
Vzorek	Poloha kuličky	Naměřená teplota [°C]	Průměrná teplota [°C]
1	levá	67,7	67,8
	pravá	67,9	
2	levá	66,4	66,4
	pravá	66,4	
3	levá	65,6	65,8
	pravá	66,0	

Tabulka 12. Výsledné hodnoty zkoušky Kroužek a kulička

Zkouška Vratné duktility

Mofalt 45/80-60			
Vzorek	L [mm]	d [mm]	R _E [%]
1	200	167	84
2	200	165	83
3	200	168	84

Tabulka 13. Výsledné hodnoty Vratné duktility

Hodnota R_E je vypočítána dle 4.4.3.

Zkouška pružné regenerace – Resilience

Vzorek	P [mm]	R [%]	P [mm]	R [%]	P [mm]	R [%]	Průměrná hodnota R [%]
	F [mm]		F [mm]		F [mm]		
1	5	28,0	5	26,0	4	24,0	26,0
	77		79		80		
2	5	24,0	4,5	21,5	5	23,0	22,8
	81		83		82		
3	5	25,0	5	23,0	5,5	23,5	23,8
	80		82		82		

Tabulka 14. Výsledné hodnoty Resilience

Hodnota R je vypočítána dle 4.3.4.

5. Závěr

V první části bakalářské práce jsou shrnuty poznatky o zálivkách do spár cementobetonových krytů. Ke zlepšení vlastností těchto zálivek může dojít přidáním různých materiálů, jako jsou například saze, jíly, uhličitán vápenatý, apod. Dále jsou v této části zmíněny zálivky používané v zahraničí, jejich vlastnosti, které byly zjištěny pomocí zkoušek, a poruchy netuhých vozovek.

Hlavní část se zabývá experimentálnímu zkoušení modifikovaného asfaltového pojiva před procesem stárnutí, po 12 a po 20 dnech stárnutí. Na tomto modifikovaném asfaltovém pojivu byly provedeny zkoušky penetrace jehlou, kroužek a kulička, vratná duktilita a resilience.

Největší teplotní rozdíl při provedení zkoušky kroužek a kulička má vzorek číslo 1, průměrná teplota na nezestárlém vzorku činila 65,5 °C, na zestárlém vzorku 67,8 °C.

U vzorku číslo 2 po provedení zkoušky Vratné duktility se hodnoty nezměnily. U ostatních vzorků se výsledné hodnoty změnily pouze o 1 %. Vliv stárnutí po 20 dnech nemá tak velký vliv na konečnou hodnotu.

V poslední řadě byla zkouška pružné regenerace. Vzorek číslo 1 má opět největší rozdíl hodnot R, původní hodnota činila 21 % u zestárlého je 26 %. U zbylých vzorků se hodnota změnila pouze o 1 % a 2 %.

Z konečných výsledků je zřejmé, že největší změnou prošel vzorek číslo 1, který má nejrozdílnější výsledné hodnoty. Vzorek číslo 1 byl vystavován největšímu teplotnímu rozdílu, proto jsou hodnoty výraznější než u zbylých dvou vzorků. Zvýšené hodnoty u zkoušek Penetrace jehlou a Kroužek a kulička ukazují, že vzorek tvrdne.

Avšak tato zkouška byla provedena v krátkém časovém intervalu. Pro získání lepšího přehledu o chování vzorků by bylo třeba provedení stárnutí v delším časovém úseku.

Vzorek číslo 3 prošel testem nejlépe. Jeho výsledné hodnoty ze všech zkoušek jsou přibližně stejné jako na začátku testu, tudíž vzorek nezestárl a neztvrdl jako ostatní vzorky. Vzorek byl vystavován teplotám, které jsou normálně dosažitelné v ročních obdobích.

6. Literatura

- [1] *Resealing concrete pavement joint*, 1999, 4s. Dostupné z:
www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/pavements/ltpp/99137/99137.pdf
- [2] RNDr. Jaroslav Buchta., *Asfalty*, Dostupné z:
<http://www.cappo.cz/res/data/000111.pdf>
- [3] Eurovia., *Asfaltové zálivky*, Dostupné z:
<http://www.eurovia.cz/download/AsfaltoveZalivky.pdf>
- [4] Blaga, A., *Durability of Building Materials and Components*, (P. J. Sereda and G. G. Litvan, eds.), p. 827, ATM STP691, American Society for Testing Materials (ASTM), Washington, DC. 1980.
- [5] Feldman, D., *Polymeric Building Materials*, Elsevier Sci. Publ. Ltd., UK. 1989.
- [6] Cheremisinoff, N. P., *Elastomer Technology Handbook*, p. 836, CRC Press, Inc., USA, 1993
- [7] Landrock, A. H., *Adhesives Technology Handbook*, Noyes Publ., Park Ridge, NJ, 1985
- [8] Laaly, H. O., *The Science and Technology of Traditional and Modern Roofing Systems*, Vol. 1, Ch. 33, Laaly Scientific Publ., Los Angeles, CA, 1992
- [9] Karen Earsesk., *Why Sealant Joints Fail*, Dostupné z:
<http://www.buildingdiagnostics.com/articles/sealantjoints.html>
- [10] C.R. Laurence CO., INC. *Why Sealant Fail*, Dostupné z:
<https://www.crlaurence.com/datasheets/pdfs/why%20sealants%20fail.pdf>

- [11] Concrete pavement technology program., *Performance of Sealed and Unsealed Concrete Pavement Joints*, 2009, Dostupné z:
<http://www.fhwa.dot.gov/pavement/concrete/pubs/hif09013/hif09013.pdf>
- [12] TP 115., *Opravy trhlin na vozovkách s asfaltovým krytem*, NIEVELT – Labor Praha, spol. s.r.o., únor 2009.
- [13] TP 82., *Katalog poruch netuhých vozovek*, PavEx Consulting, s.r.o., březen 2010.
- [14] Dr. Ing. Varaus Michal., *Cementobetonové kryty*, Téma 10 - text. VUT v Brně, 2012
- [15] Paramo., *Asfaltová modifikovaná zálivka*, Dostupné z:
https://eshop.paramo.cz/data/VyrobkovaDokumentace/a_054.pdf
- [16] Ing. Bergich Gladbach., *Technické dodací podmínky pro plnidla spár v dopravních plochách*, 2011, 41s. Dostupné z:
spolstavprav.cz/sts_notlib_docs/text_cnot%202012_0494_D.docx
- [17] Angela D. Rogers, Pearl Lee-Sullivan, Theodore W. Bremner., *Selecting concrete pavement joint sealants*, Listopad 1999.
- [18] Darter, M.I., Carpenter, S.H., Zimmer, T.R., „*Field Performance of a Low-Modulus Silicone Highway Sealant*,“ Transportation Research Record 990, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C., 1984, pp. 31-37. Dostupné z:
https://www.pavementpreservation.org/wp-content/uploads/2010/12/Cracks_Joints_Sealing.pdf
- [19] Spells, S., Klosowski, J.M., *Silicone Sealants for Use in Concrete Construction*,“ SP-70, Volume I, American Concrete Institute, 1981. Dostupné z:
https://www.pavementpreservation.org/wp-content/uploads/2010/12/Cracks_Joints_Sealing.pdf
- [20] ČSN EN 1426 *Asfalty a asfaltová pojiva* – Stanovení penetrace jehlou. Praha: Český normalizační institut, srpen 2007.

- [21] ČSN EN 1427 *Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení bodu měknutí – Metoda kroužek a kulička*. Praha: Český normalizační institut, srpen 2007.
- [22] ČSN EN 13880-3 *Zálivky za horka – Část 3: Zkušební metoda pro stanovení penetrace a pružné regenerace (resilience)*. Praha: Český normalizační institut, listopad 2004.
- [23] ČSN EN 13398 *Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení vratné duktility modifikovaných asfaltů*. Praha: Úřad pro normalizace, metrologii a státní zkušebnictví, listopad 2010.

7. Seznam obrázků

Obrázek 1. Proces vytváření polyuretanu (Angela D. Rogers)	14
Obrázek 2. Řez spárou vyplněnou zálivkou (www.buildingdiagnostics.com)	17
Obrázek 3. Ztráta přilnavosti (M. Y. L. Chew and Lee Der Yi)	18
Obrázek 4. Ztráta soudržnosti (M. Y. L. Chew and Lee Der Yi)	18
Obrázek 5. Měknutí (M. Y. L. Chew and Lee Der Yi)	18
Obrázek 6. Praskání (M. Y. L. Chew and Lee Der Yi)	18
Obrázek 7. Ztráta soudržnosti, přilnavosti a porušení přilehlého materiálu (www.crlaurence.com)	19
Obrázek 8. Vhodný způsob provedení zálivky (www.crlaurence.com)	19
Obrázek 9. Nevhodný způsob provedení zálivky (www.crlaurence.com)	20
Obrázek 10. Vhodný způsob provedení zálivky (www.crlaurence.com)	20
Obrázek 11. Nevhodný způsob provedení zálivky (www.crlaurence.com)	20
Obrázek 12. Vhodný způsob provedení zálivky (www.crlaurence.com)	20
Obrázek 13. Mrazová trhлина, vznik a vývoj (TP 82)	21
Obrázek 14. Reflexní trhлина, vývoj (TP 82)	22
Obrázek 15. Spára (www.google.com)	22
Obrázek 16. Mrazová trhлина (www.consultest.cz)	22
Obrázek 17. Zálivka zpracovaná za horka (Jan Mastný, s.r.o.)	24
Obrázek 18. Zálivka zpracovaná za horka (AFGSC)	24
Obrázek 19. Zálivka zpracovaná za horka (www.alphapavingstexas.com)	24
Obrázek 20. Zálivka zpracovaná za horka (www.asfalt.cz/opravy-spar)	24
Obrázek 21. Penetrometr (fotodokumentace Doseděl Jan)	31
Obrázek 22. Penetrační vzorek (fotodokumentace Doseděl Jan)	32
Obrázek 23. Přístroj ke stanovení zkoušky Kroužek a kulička (fotodokumentace Doseděl Jan)	34
Obrázek 24. Odlité neseříznuté vzorky (fotodokumentace Doseděl Jan)	35
Obrázek 25. Odlité seříznuté vzorky (fotodokumentace Doseděl Jan)	35
Obrázek 26. Penometr (fotodokumentace Doseděl Jan)	38
Obrázek 27. Neseříznutý vzorek (fotodokumentace Doseděl Jan)	40
Obrázek 28. Vzorek po provedení zkoušky Vratné duktility (fotodokumentace Doseděl Jan)	40

8. Seznam tabulek

Tabulka 1. Zálivka za horka, požadavky a zkušební metody [16]	25
Tabulka 2. Pokračování tabulky: Zálivka za horka, požadavky a zkušební metody [16]	26
Tabulka 3. Zálivková hmota za horka TP 115	27
Tabulka 4. Výsledná hodnota Penetrace	32
Tabulka 5. Maximální rozdíl platných stanovení	32
Tabulka 6. Výsledné hodnoty zkoušky Kroužek a kulička	35
Tabulka 7. Výsledné hodnoty zkoušky pružné regenerace	37
Tabulka 8. Naměřené hodnoty Vratné duktility	40
Tabulka 9. Výsledné hodnoty Penetrace	41
Tabulka 10. Výsledné hodnoty zkoušky Kroužek a kulička	41
Tabulka 11. Výsledné hodnoty Penetrace	42
Tabulka 12. Výsledné hodnoty zkoušky Kroužek a kulička	42
Tabulka 13. Výsledné hodnoty Vratné duktility	42
Tabulka 14. Výsledné hodnoty Resilience	43