

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

DOČASNÁ PROTIKOROZNÍ OCHRANA NÁTĚROVÝMI HMOTAMI
TEMPORARY CORROSION PROTECTION BY USING THE PAINTS

AUTOR: Miroslav SLOVINEC

STUDIJNÍ PROGRAM: Výroba a ekonomika ve strojírenství

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Jan KUDLÁČEK, Ph.D.

PRAHA 2017

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Slovinec** Jméno: **Miroslav** Osobní číslo: **437122**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav strojírenské technologie**
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Dočasná protikorozní ochrana nátěrovými hmotami

Název bakalářské práce anglicky:

Temporary corrosion protection by using the paints

Pokyny pro vypracování:

1. Přehled sledované problematiky
2. Návrh systémů pro dočasnou protikorozní ochranu
3. Porovnání nátěrových hmot pro dočasnou protikorozní ochranu
4. Technicko ekonomické zhodnocení

Seznam doporučené literatury:

Dle pokynů vedoucího

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

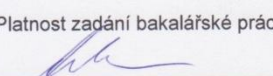
Ing. Jan Kudláček Ph.D., ústav strojírenské technologie FS

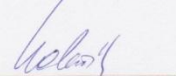
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **25.04.2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **10.08.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: **10.08.2017**


Podpis vedoucí(ho) práce

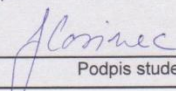

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

9.5.2017
Datum převzetí zadání


Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že bakalářskou práci „Dočasná protikoroze ochrana nátěrovými hmotami“ jsem vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/200 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 10. 8. 2017

.....

Miroslav Slovinec

Poděkování

Děkuji vedoucímu své bakalářské práce Ing. Janovi Kudláčkovi, Ph.D. za odborné vedení a rady při psaní této práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Michalovi Zoubkovi za cenné rady při přípravě, aplikaci a zkoušení nátěrových hmot. Děkuji i firmě Viton za poskytnutí nátěrových hmot pro zkoušení.

Ústav strojírenské technologie

Program: Výroba a ekonomika ve strojírenství

Obor: Technologie, materiály a ekonomika strojírenství

Název bakalářské práce: Dočasná protikorozní ochrana nátěrovými hmotami

Autor bakalářské práce: Miroslav Slovinec

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: Ing. Michal Zoubek

Rozsah diplomové práce: Počet stran: 75
Počet obrázků: 46
Počet grafů: 0
Počet tabulek: 52
Počet příloh: 4

Anotace

Tato práce se zabývá porovnáním různých nátěrů pro dočasnou korozní ochranu na základě jejich funkčních vlastností, mechanických vlastností a náročnosti jejich odstranění. Na nátěrech od několika výrobců byly provedeny korozní zkoušky v umělých atmosférách. Následně byly vyhodnoceny mechanické vlastnosti nátěrů různými zkouškami přilnavosti před a po provedení korozních zkoušek.

Klíčová slova

Nátěrová hmota, korozní ochrana, dočasná, korozní zkoušky, zkoušky přilnavosti

Annotation

This thesis concerns itself with comparison of different paints designed for temporary corrosion protection based on their functional properties, mechanical properties and difficulty of their removal. Corrosion tests in simulated atmospheres were carried out on paints by several manufacturers. Adhesion tests were carried out before and after exposition in simulated atmospheres.

Key words

Paint, corrosion protection, temporary, corrosion testing, adhesion testing

Osnova

1. Úvod.....	9
1.1. Koroze.....	9
1.2. Mechanismus koroze.....	9
1.3. Agresivita prostředí dle ČSN EN ISO 9223	11
1.4. Doba ovlhčení (Time of Wetness) dle ČSN EN ISO 9223	13
1.5. Podmínky při skladování a přepravě výrobků	13
2. Dočasná protikorozi ochrana	14
2.1. Účel	14
2.2. Klasifikace dočasných ochranných prostředků.....	15
3. Náhled do vybraných metod dočasné protikorozi ochrany	19
3.1. Kompozice polymerních dočasných povlaků a jejich využití.....	19
3.2. Dočasná protikorozi ochrana pokovených ocelí siloxanovým povlakem.....	20
3.2.1. Historie metody.....	20
3.2.2. Popis technologie.....	21
4. Přehled dočasných ochranných povlaků.....	23
4.1. PPG Aerospace (Příloha C).....	23
4.1.1. 63GN011G Low Alkali Strippable Coating	23
4.1.2. A Clear.....	23
4.1.3. SC – 1071.....	24
4.1.4. SC – 1074A-2 Gray Preservation Basecoat	24
4.1.5. SC – 1090 Water-Borne Preservation Topcoat.....	25
4.2. CORTEC Corporation (Příloha C).....	26
4.2.1. CorShield VpCI Strippable Coating	26
4.3. Protectapeel (Příloha C)	27
4.3.1. Multisurface	27
4.3.2. Advanced Anti-Rust	28
4.3.3. A5490.....	28
4.4. Akzo Nobel (Příloha C)	29
4.4.1. Intergard 10220.....	29
4.4.2. Intergard 269.....	30
4.5. Viton (Příloha C).....	30
4.5.1. KG 11.....	30

4.5.2.	KG 22.....	31
5.	Metody zkoušení povlaků.....	31
5.1.	Zkouška v solné mlze dle ČSN EN ISO 9227	31
5.1.1.	Testované vzorky.....	32
5.1.2.	Podmínky zkoušky.....	32
5.1.3.	Vyhodnocení zkoušky.....	33
5.2.	Kondenzační zkouška dle ČSN EN ISO 6270-2.....	33
5.2.1.	Popis zkoušky.....	33
5.2.2.	Průběh zkoušky.....	35
5.3.	Hodnocení stupně puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2.....	35
5.4.	Hodnocení stupně prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3	35
5.5.	Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8 36	
5.6.	Odrhová zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 4624.....	36
5.7.	Mřížková zkouška dle ČSN EN ISO 2409.....	37
5.8.	Zkouška křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2	38
6.	Experimentální část.....	38
6.1.	Vzorky.....	38
6.2.	Nátěrové hmoty a aplikace.....	39
6.3.	Vyhodnocení adhezních zkoušek.....	41
6.3.1.	Odrhová zkouška přilnavosti (5.6) – před expozicí v umělých atmosférách.....	41
6.3.2.	Odrhová zkouška přilnavosti (5.6) – po expozici v umělých atmosférách 43	
6.3.3.	Mřížková zkouška (5.7) a zkouška křížovým řezem (5.8) – před expozicí v umělých atmosférách	46
6.3.4.	Mřížková zkouška (5.7) a zkouška křížovým řezem (5.8) – po expozici v umělých atmosférách	49
6.4.	Vyhodnocení zkoušek v umělých atmosférách.....	51
6.4.1.	Zkouška v neutrální solné mlze (5.1).....	51
6.4.2.	Kondenzační zkouška (5.2).....	58
6.5.	Odstraňování nátěrů	61
6.6.	Technicko-ekonomické zhodnocení.....	63
6.6.1.	Vícekritériální porovnání.....	65
7.	Závěr.....	66

8.	Seznam literatury	68
9.	Seznam obrázků.....	70
10.	Seznam tabulek	72
11.	Seznam zkratk.....	74
12.	Seznam jednotek	74
13.	Seznam příloh (přiložené DVD)	75

1. Úvod

1.1. Koroze

V současnosti i v minulosti představovala koroze vážný problém při konstrukci kovových součástí a struktur a to hned z několika hledisek. Za nejdůležitější hledisko se dá považovat bezpečnost při užívání součástí a struktur, které podléhají korozi. V minulosti se bezpochyby bylo možné setkat s případy těžkého úrazu, nebo dokonce úmrtí v důsledku selhání konstrukce právě z důvodu oslabení korozí. Předčasný kolaps mostové konstrukce, konstrukcí na budovách, nebo porušení soudržnosti spojovaných součástí na automobilech a jiných dopravních prostředcích je aktuálním problémem i v dnešní době.

Z tohoto důvodu se neustále vedou výzkumy a vývoje nových slitin a neželezných konstrukčních materiálů, které by snad mohli jednou nahradit dnes využívané náchylné materiály. Specifickým příkladem můžou být různé plastové materiály.

Při volbě materiálu se bere ohled na mnohé faktory. V první řadě se přihlíží na fyzikální a mechanické vlastnosti materiálu i korozní odolnost, ale důležitým faktorem je také cena. Mnohé slitiny můžou splňovat požadované podmínky, avšak jejich cena je činí nevýhodnými pro výrobce. Proto byla navrhována široká škála povlaků, které se aplikují na levnější materiály, aby zlepšili jejich odolnost. [1,2]

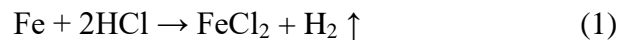
1.2. Mechanismus koroze

Většina využívaných materiálů, kromě zlata a platiny, jsou při vystavení atmosféře nestabilní. Koroze jako taková, se dá definovat jako proces, kdy se materiál vrací do svého původního termodynamického stavu, předtím jak byl vytěžen a zpracován do užitkového průmyslného stavu. Většinou to znamená návrat do originální formace oxidů a sulfidů. Tyto změny jsou elektrochemické reakce závislé na zákonech termodynamiky. [1,2]

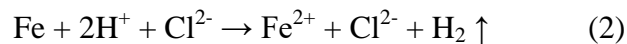
Porozumění interakce materiálů a prostředí vedlo k porozumění závislosti korozních procesů na času a teplotě, závislosti korozních reakcí na koncentraci inotů.

Nejčastějším prostředím pro tvorbu koroze jsou vodní roztoky jako například voda, mořská voda, nebo jiné vodní média jako vlhkost v atmosféře nebo v půdě. Pravidelně se v této vlhkosti nacházejí rozpuštěné plyny a minerály. Z praktického hlediska se vlhkost chová jako elektrolyt, buď to kyselý, zásaditý nebo neutrální.

Jedním ze základních příkladů korozní reakce je interakce čistého železa s kyselinou chlorovodíkovou:



Tato reakce má za následek prudké stoupání bublinek vodíku k povrchu a miznutí železa. Na elektrochemické úrovni je možné pozorovat i předání elektronů:

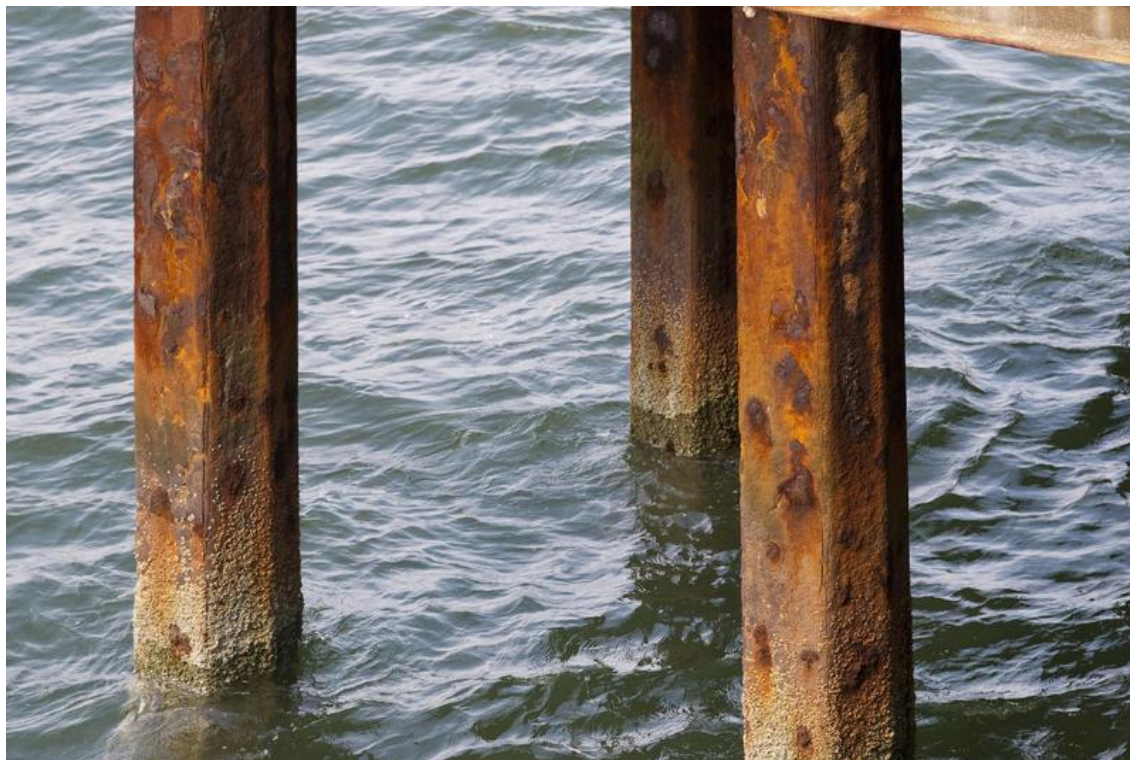


Železo bylo v důsledku oxidace přeměněno na železný iont, když předalo 2 elektrony iontům vodíku, čím byl vodík redukován a transformoval se na vodíkový plyn. Atom chlóru do reakce nevstupuje. [1,2]

1.3. Agresivita prostředí dle ČSN EN ISO 9223

Tabulka 1 – Stupně korozní agresivity atmosféry dle ČSN EN ISO 9223 [3]

Korozní agresivita		Typická prostředí	
		Vnitřní	Vnější
C1	Velmi nízká	Vytápěné prostory; nízká relativní vlhkost; nevýznamné znečištění (školy, kanceláře)	Suché a chladné klimatické pásmo; prostředí s malým znečištěním a dobou ovlhčení (pouště, Arktida/ Antarktida)
C2	Nízká	Nevytápěné prostory s měnící se teplotou a relativní vlhkostí; malé znečištění (sklady, sportovní haly)	Mírné klimatické pásmo; malé znečištění – venkovské oblasti; Suché nebo chladné klimatické pásmo s krátkou dobou ovlhčení
C3	Střední	Prostory s velkou četností kondenzace a středním znečištěním – potravinářské závody, prádelny, mlékárny	Mírné klimatické pásmo; střední znečištění – městské oblasti; Subtropy a tropy
C4	Vysoká	Prostory s velkou četností kondenzace a znečištěním – průmyslové závody, plavecké bazény	Mírné klimatické pásmo; atmosférické prostředí s velkým znečištěním SO ₂ nebo chloridy – znečištěné městské oblasti, pobřežní oblasti; Subtropy; Tropy
C5	Velmi vysoká	Prostory s velmi vysokou četností kondenzace, velké znečištění – doly nevětrané přístřešky v subtropích a tropech	Mírné a subtropické klimatické pásmo; atmosférické prostředí s velkým znečištěním SO ₂ nebo chloridy – průmyslné a pobřežní oblasti
CX	Extrémní	Prostředí s trvalou kondenzací, vysoké znečištění SO ₂ , chloridy	



Obrázek 1 - Koroze na konstrukci mola [21]



Obrázek 2 - Koroze na tlakové nádobě v průmyslné oblasti [22]

1.4. Doba ovlhčení (Time of Wetness) dle ČSN EN ISO 9223

Doba odvlhčení je jeden z klíčových parametrů, rozhodujících o době trvání procesů elektrochemické koroze. Tato veličina odpovídá časové periodě, po dobu které jsou atmosférické podmínky příznivé k vytvoření povrchové vrstvy vlhkosti na kovu nebo slitině.

Pro standardizaci byla doba ovlhčení definována jako doba, kdy relativní vlhkost okolí je větší než 80% a teplota je vyšší jak 0°C. Udává se v jednotkách hodina za rok [h.a⁻¹] [3]

Tabulka 2 – Klasifikace doby ovlhčení dle ČSN EN ISO 9223 [3]

Stupeň	Doba ovlhčení	Prostředí
	[h.a ⁻¹]	
τ_1	$\tau \leq 10$	Klimatizované místnosti
τ_2	$10 < \tau \leq 250$	Neklimatizované místnosti, kromě vlhkých prostorů
τ_3	$250 < \tau \leq 2500$	Suché, studené prostředí, mírné podnebí, větrané přístřešky v mírném podnebí
τ_4	$2500 < \tau \leq 5500$	Venkovní prostředí, větrané přístřešky ve vlhkém prostředí
τ_5	$5500 < \tau$	Vlhké prostředí, nevětrané přístřešky ve vlhkém prostředí

1.5. Podmínky při skladování a přepravě výrobků

Pro zvolení optimálních podmínek pro skladování a přepravu kovových výrobků je nutné charakterizovat okolní podmínky při skladování nebo přepravě a stanovit očekávané změny kvality a znehodnocení způsobené prostředím.

Způsoby uložení:

- Volné uložení – na nekrytých místech (volné skládky, otevřené nákladové prostory dopravních prostředků)
- Uložení pod přístřešky – kryté, ale jinak otevřené prostory (nákladové prostory překryté plachtou)

- Uložení v uzavřených prostorech bez úpravy prostředí – skladovací prostory bez vytápění/klimatizace
- Uložení v uzavřených, regulovaných prostorech – skladovací prostory se stálou regulací okolních podmínek

Základním předpokladem pro správný odhad rizika poškození kovových výrobků korozí během skladování a přepravy je znalost klimatických podmínek a korozní agresivity úložných prostorů. [4]

2. Dočasná protikorozní ochrana

2.1. Účel

V mnoha odvětvích průmyslu jsou produkovány kovové součásti a hotové stroje, které mají nechráněné kovové plochy, které je potřeba chránit než se prodají do užívání, posunou se k další montáži, nebo se dále jinak upravují. Pro tyto kovové součásti může být potřebné zabezpečit ochranu před korozí po dobu skladování nebo přepravy.

Tato ochrana může být žádána pro dobu několika dní až měsíců pro různé druhy oceli, slitiny hliníku, popřípadě jiných kovů a slitin po dobu skladování, nebo z důvodu zpoždění výroby nebo expedice.

Chráněný kov může být železitá, hliníková nebo měděná slitina, nebo jiný nezelezný materiál, z kterých každý může vyžadovat specifický ochranný prostředek. Kov se může montovat spolu s jinými materiály, jako například jiné kovy, plasty nebo gumová těsnění, na které je nutné při volbě vhodného prostředku brát ohled.

V některých případech ochranný prostředek vykonává víc funkcí, třeba mazacích nebo čistících.

Dočasná protikorozní ochrana je definována jako prostředek, který je snadno odstranitelný z povrchu chráněného kovu. Není určen k trvalé funkci, nebo aby silně přilnul k povrchu.

Tato ochrana musí být účinná při vystavení široké škále korozních prostředí, nehledě na to, jestli jsou uvnitř, venku, zakryté nebo odkryté, vystavené slunečnímu záření, nebo agresivnímu průmyslnému prostředí.

Dočasné ochranné prostředky jsou zpravidla využívány u mezioperačního skladování, je potřebné počítat s kompatibilitou s následovnými operacemi. Zejména s nátěry a povlaky, které budou na povrch aplikovány, i když jejich nanášení bude předcházet očištění a odmaštění. [1,4,5]

2.2. Klasifikace dočasných ochranných prostředků

Tabulka 3 – Klasifikace dočasných ochranných prostředků dle BS 1133 [6]

Typ		Metoda aplikace	Složky
TP1	Tenký tvrdý povlak	TP1a rychle schnoucí	Plastifikované pryskyřice v rozpouštědlech
		TP1b pomalu schnoucí	
		TP1c pomalu schnoucí, odpuzující vodu	
TP2	Tenký měkký povlak	TP2a běžný	Lanolin v rozpouštědlech
		TP2b odpuzující vodu	
TP3	Tenký tlustý povlak	Namáčení	Vazelína
TP4	Mastný povlak	TP4a mýdlo/olej	4a: metalické mýdlo a olejové mazivo
		TP4b ricinový olej/ olověný stearát	4b: slučitelný s gumou
TP5	Polohrubý měkký povlak (polo-kapalný)	Štětec	Inhibitory v minerálních oleji, někdy vazelína
TP6	tenká vrstva oleje	Namáčení nebo sprej	Mazací oleje s rozpustnými

			inhibitory
TP7	Tlustý odstranitelný povlak	Namáčení za vyšších teplot	Etyl celulóza, minerální olej, vazelína pryskyřice a stabilizátory
TP8	Střední odstranitelné povlaky nanášené za studena	Namáčení, stětec nebo sprej	Vinyl kopolymerní pryskyřice, vazelína a stabilizátory, hořlavé a nehořlavé rozpouštědla
TP9	VCI (Volatile corrosion inhibitor)	Papír nebo prášek	
TP10	Kontaktní inhibitor	Papír	

Tabulka 4a – Klasifikace dočasných ochranných prostředků dle ISO 6743-8 [7]

Označení	Obecně	Použití	Podmínky prostředí	Typ a vlastnosti povlaku	Symbol ISO-L	Příklady použití	Poznámky
R	Dočasná protikorozní ochrana	Ochrana kovů bez povrchové úpravy	Mírné podmínky	Kapalina vytěsňující vodu a vytvářející tenký ochranný film	RA	Mezioperační ochrana strojírenských a základních součástí	Odstranění vodním rozpouštědlem nebo vodouředitelným detergentem (odstranění není nutné)
				Kapalina vytěsňující vodu a vytvářející tenký film	RB		
				RB s vodu vytěsňujícími vlastnostmi	RBB		
				Konzervační prostředky	RC		
				RC s vodu vytěsňujícími vlastnostmi	RCC		
			Náročné podmínky	Konzervační prostředky	RD	Ocelové plechy, ocelové trubky, tyče a dráty	
				RD s vodu vytěsňujícími vlastnostmi	RDD		
				Prostředky na bázi rozpouštědel vytvářející olejový nebo vazelinový film	RE	Odlitky, šrouby, matice, vruty, hliníkové plechy	
					RE s vodu vytěsňujícími vlastnostmi		REE
				Prostředky na bázi rozpouštědel vytvářející voskový až suchý film	RF	Mechanické součástky, hliníkové plechy	
					RF s vodu vytěsňujícími vlastnostmi		RFF

Tabulka 4b - Klasifikace dočasných ochranných prostředků dle ISO 6743-8 [7]

				Prostředky na bázi rozpouštědel vytvářející bitumenový film	RG	Strojírenské díly, čep nápravy	Odstranění vhodným rozpouštědlem a mechanickým působením
				Vodou ředitelné prostředky vytvářející voskový až vazelinový film	RH	Potrubí, dráty, mechanické součásti	Odstranění vhodným rozpouštědlem nebo vodouředitelným detergentem
				Prostředky na bázi vodou ředitelných nebo rozpouštědlových roztoků vytvářející mechanicky snímatelné povlaky	RP	Hliníkové plechy, plechy z korozivzdorné oceli	Odstranění vhodným rozpouštědlem a vodouředitelným detergentem
				Polymerní povlaky nanášené ve formě taveniny	RT	Strojírenské a základní součásti, malé přesné nástroje	Mechanické sejmutí
				Měkké nebo tuhé vazelíny nanášené za studena nebo za tepla	RK	Ložiska, strojní součásti	Odstranění rozpouštědlem nebo setřením
		Ochrana kovů s povlaky	Všechny podmínky	Konzervační prostředky	RL	Kontinuálně lakované pásy, zinkované plechy, smontované součástky, motory, zbraně	Mechanické sejmutí nebo vhodným rozpouštědlem a vodouředitelným detergentem
				Prostředky na bázi vodou ředitelných a/nebo rozpouštědlových roztoků vytvářejících voskový až suchý film	RM	Povrchy s povlaky nátěrových hmot, karoserie automobilů, kontinuálně lakované pásy a plechy	

3. Náhled do vybraných metod dočasné protikorozní ochrany

3.1. Kompozice polymerních dočasných povlaků a jejich využití

Polymerní ochranné povlaky nabízí využití pro vysoké množství povrchů, na kterých vytváří ochranný film s vysokou adhezí a nízkou porezitou. Konkrétně se jedná o emulze vinyl-akrylových kopolymerů, které jsou běžně využívány jako interiérové a exteriérové barvy a vinyl acetát etylénové emulze využívány jako adheziva. Tyto povlaky jsou snadno odstranitelné ručně nebo za pomoci odlupujícího nářadí.

Vinyl-akrylové kopolymerní a vinyl acetát etylénové emulze jsou dodávány výrobcem v provedení, které už nevyžaduje další úpravy a umožňuje nanášení povlaku na povrch materiálu „přímo z plechovky“, a po vytvrzení jsou lehce odstranitelné bez využití jakýchkoliv speciálních uvolňovacích prostředků. Výhodou je, že v některých případech, kdy je třeba využití pigmentů nebo jiných přísad, je možné vytvoření homogenní struktury povlaku obyčejným zamícháním přísady do emulze, což dělá přípravu povlaků ekonomickou, jelikož nejsou potřebná žádná speciální zařízení ani dodatečná kvalifikace pracovníků. [8]

I když je možná tvorba dočasného ochranného povlaku přímo z emulzí, někdy se využívají přísady na zlepšení vlastností povlaků. Příkladem je pigment, který se přednostně využívá jako barvivo, avšak může přispívat i k mechanické pevnosti povlaku i odolnosti vůči vodě a záření, a tím přispívat k celkové stabilitě povlaku. Vhodnými pigmenty jsou například TiO_2 , oxid zinku, sulfid zinku, oxid antimonu a další. Ideální množství pigmentu je přibližně 2 hm.% kompozice.

Dalšími přísadami mohou být korozní inhibitory, UV stabilizátory, rozpouštědla, vosky pro usnadnění odstraňování povlaku, zahušťovadla, rozpouštědla a další.

Vinyl-akrylové kopolymerní a vinyl acetát etylénové emulze jsou aplikovány v kapalném skupenství a následně tuhnou při pokojové teplotě. Dobu tuhnutí je možné zkrátit působením tepla. [8]

Jsou možné různé způsoby aplikace těchto povlaků. Preferované je nanášení válečkem, štětcem a sprejem. Pro snadnější aplikace je možné kompozici ještě zředit vodou (přibližně 10% objemu). Požadovaná tloušťka povlaku se pohybuje od 25 μm do 250 μm , kde ideální tloušťka povlaku je přibližně 130 μm . Konečná tloušťka povlaku se

volí dle přání zákazníka a požadavků na funkci povlaku. Například povlak namáhaný na otěr může mít požadovanou tloušťku přibližně 750 μm . Když je povlak nanášen na povrch materiálu v podobě aerosolu, je skladován v tlakových nádobách společně s dusíkem nebo CO_2 . [8]

Mechanicky odstranitelné povlaky se odstraňují z povrchu materiálu jednoduše ručním loupáním. To klade požadavky na flexibilitu a pevnost v tahu, aby nedocházelo k přetržení povlaku během odlupování z podkladu. Je žádoucí, aby bylo možné stáhnout povlak v jednom kuse, bez rizika roztrhnutí povlaku na kusy, nebo přilnutí částí povlaku na podklad. [8]

Vinyl-akrylové kopolymerní a vinyl acetát etylénové povlaky je možné využít na širokou škálu materiálů, jako jsou sklo, kov, plast, dřevo, mramor a podobně. Konkrétně se jedná o automobily během nakládání na transportní vozidlo a dopravy, disky kol a pneumatiky během provozu, aby se zabránilo usazování prachu z brzd, pro odolnost vůči abrazi a počasí, koupenny, podlahy a další. [8]

3.2. Dočasná protikorozní ochrana pokovených ocelí siloxanovým povlakem

3.2.1. Historie metody

Výrobci pokovených ocelových součástí, zejména galvanicky pokovených, se dlouho setkávali s problémem degradace povrchu prostřednictvím bílé rzi během skladování nebo transportu k zákazníkovi kondenzací vlhkosti na povrchu materiálu.

Setkali jsme se s množstvím různých metod ochrany. Jednou z nich bylo oplachování oceli v lázni obsahující silanové činidlo (aminopropyl trimetoxín, aminopropyl trietoxín, a další) s koncentrací až do 10 hm. % před povlakováním, po čemž mohlo následovat opalování oceli za účelem vytvoření tvrdého a hrubého silanového povlaku. Tento povlak sice poskytoval kvalitní protikorozní ochranu, ale byl velmi těžko odstranitelný. [9]

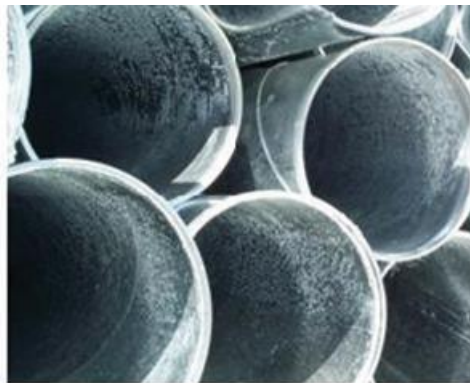
Další zkoušenou metodou bylo namáčení oceli v chromatovém roztoku obsahujícím silanové činidlo, které poskytovalo dobrou ochranu, ale tvorba povlaku byla environmentálně toxická.

Nasledujícím způsobem byl kompozitní povlak vytvořený postupným namáčením oceli v chromatovém roztoku a silikátovém roztoku. Tento postup byl opět toxický a povlak byl velmi těžko odstranitelný.

V poslední řadě byla navržena ochrana oceli okamžitě po žárovém pokovení křemíkovou sloučeninou, která pokryla čerstvě pokovenou ocel roztokem obsahujícím organický nebo anorganický alkylový silikát. [9]



Obrázek 3 - Bílá rez na galvanický pokoveném ochranném zábradlí [24]



Obrázek 4 - Bílá rez na galvanicky pokovených trubkách velkých průměrů [23]

3.2.2. Popis technologie

Siloxanový film najde uplatnění v dočasné ochraně širokém výběru pokovených ocelových materiálů, které podléhají bílé korozi. Cílem této technologie je rychlá a ekonomická tvorba netoxického, snadno odstranitelného a voděodolného povlaku. Siloxanový film je utvořen nanesením silanového povlaku na povrch materiálu a zakonzervován tužidlem. Tato technologie může být použita na ocelové plechy pokovené jednou nebo více vrstvami zinku, zinkových slitin, hliníkových slitin, nerezových ocelí a dalších. [9]

Silanový povlak může být vytvořen více způsoby. Buď se může plech namáčet postupně v kapalině obsahující silan a následně v kapalině obsahující tužidlo, nebo je plech namáčený do jedné kapaliny obsahující oboje, což je výhodnější.

Tužidlo zastává důležitou funkci při tvorbě ochrany, a to z důvodu zhuštění siloxanového filmu proti neupravenému silanovému povlaku. Hustší povlak vykazuje větší odolnost proti vlhkosti díky hydrolyticky stabilní $-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-$ struktuře. Tužidlo je také žádoucí z důvodu tvorby tenkého siloxanového filmu s tloušťkou do 0,01 μm , který je snadno rozpuštěn a odstraněn. Tužidlo použité v této technologii, musí po hydrolyze obsahovat alespoň dvě $\text{Si}(\text{OH})_3$ skupiny.

Preferovaným tužidlem je $(\text{CH}_3 \text{ O})_3 \text{ SiCH}_2 \text{ CH}_2 \text{ Si}(\text{OCH}_3)_3$.

Dalšími možnostmi jsou:

- $(\text{CH}_3 \text{ O})_3 \text{ SiCH}_2 \text{ CH}_2 \text{ CH}_2 \text{ Si}(\text{OCH}_3)_3$
- $(\text{CH}_3 \text{ O})_3 \text{ Si}(\text{CH}_2)_6 \text{ Si}(\text{OCH}_3)_3$
- $\text{Si}(\text{OC}_2 \text{ H}_5)_4$
- $(\text{CH}_3 \text{ O})_3 \text{ SiCH}_2 \text{ CH}_2 \text{ Si}(\text{CH}_3)_2 \text{---O---Si}(\text{CH}_3)_2 \text{ CH}_2 \text{ CH}_2 \text{ Si}(\text{OCH}_3)_3$

Jako velmi efektivní se při této metodě ochrany ukázali amino silany. [9]

Pro správné tvoření siloxanového filmu je pojivo a silan hydrolyzován odděleně v kyselém vodním roztoku, a následně jsou smíchány. Pro správné vytvoření pevného filmu odolného vůči vlhkosti by koncentrace pojiva neměla být menší než 0,1% objemu roztoku, avšak při koncentraci vyšší než 1% objemu hrozí křehkost nátěru a tím i obtížné odstraňování. Doporučená koncentrace se pohybuje kolem 0,2% objemu roztoku. [9]

Stejně pro rovnoměrné vytvoření ochranného filmu bez nekrytých oblastí, by měl roztok obsahovat alespoň 0,5% silanu, avšak koncentrace silanu vyšší jak 2% má za následek vysokou tloušťku vytvořeného povlaku a jeho obtížné odstranění. Proto je doporučená koncentrace silanu 0,8%.

Doporučená tloušťka korozivzdorného, dobře odstranitelného siloxanového povlaku by měla být alespoň 0,0045 μm . Pro vytvoření povlaku o tloušťce 0,001 μm je potřebné máčení v lázni po dobu zhruba 5 s při pokojové teplotě lázně. Siloxanový film je následně možné odstranit konvenčním fosfátováním. [9]

4. Přehled dočasných ochranných povlaků

4.1. PPG Aerospace (Příloha C)

4.1.1. 63GN011G Low Alkali Strippable Coating

63GN011G je dočasný ochranný prostředek na bázi vody určen na ochranu hliníkových a jiných kovových materiálů během výroby a přepravy. Před aplikací musí být povrch řádně očištěn od prachu, oleje a jiných nečistot. Tento prostředek je možné aplikovat přímo na povrch materiálu bez dalších úprav. V případě potřeby je ho možné zředit destilovanou vodou do 3% objemu, což ale může způsobit snížení viskozity. Z tohoto důvodu výrobce doporučuje postupně přidávat destilovanou vodu od 0,5% do 1%.

Tabulka 5 – Technické parametry 63GN011G Low Alkali Strippable Coating

Doba ochrany	6 měsíců
Výdatnost	43 m ² .l ⁻¹ při tloušťce povlaku 25 μm
Hmotnost suchého filmu	2,77 g. m ⁻²
Doporučená teplota	10 – 29 °C
Vlhkost	40 – 60 %
Teplota	21 – 27 °C
Možný dotyk	20 minut
Vytvrzení	45 – 60 minut
Plně vytvrzeno	7 dní

Tento povlak by měl být před aplikací skladován při teplotách 13 – 32 °C a měl by být chráněn před mrazem a teplotami pod 4 °C, kdy se už nedá zaručit jeho funkčnost.

4.1.2. A Clear

A Clear je dočasný ochranný povlak na bázi vody nanášený sprejem, který je určen pro ochranu před poškozením během přepravy. Nanáší se bez dalších přídavných prvků přímo na očištěný povrch součásti.

Tabulka 6 – Technické parametry A Clear

Doba ochrany	12 měsíců
Výdatnost	14 m ² .l ⁻¹ při tloušťce povlaku 100 μm
Doporučená teplota	15 – 30 °C
Vlhkost	20 – 90 %
Viskozita	85-90 Krebs
Hustota	1018,5 kg.m ⁻³
VOC	0 g.l ⁻¹

4.1.3. SC – 1071

SC – 1071 je bezbarevný odstranitelný povlak na bázi vody využívaný na ochranu plastů, skla a natřených povrchů během výroby, transportu a uskladnění. Tento povlak není určen na venkovní použití. Může být aplikován sprejem nebo štětcem.

Tabulka 7 – Technické parametry SC – 1071

Doba ochrany	12 měsíců
Výdatnost	56 m ² .l ⁻¹ při tloušťce povlaku 25 μm
Doporučená teplota	15 – 30 °C
Vlhkost	20 – 90 %
Teplota	22 – 28 °C
Vytvrzení	1 hodina
Plně vytvrzeno	12 hodin
Viskozita	85-90 Krebs
Hustota	1018,5 kg.m ⁻³
VOC	12 g.l ⁻¹

4.1.4. SC – 1074A-2 Gray Preservation Basecoat

SC – 1074A-2 je základní povlak určen pro ochranu plastů, kovu a natřených povrchů během výroby v továrně, skladování a dopravy. Tento nátěr je na bázi vody, obsahuje malé množství těžkých kovů, kromě chromu. Je vhodný i pro využití v jaderném průmyslu.

Tabulka 8 – Technické parametry SC – 1074A-2 Gray Preservation Basecoat

Doba ochrany	12 měsíců
Výdatnost	55,8 m ² .l ⁻¹ při tloušťce povlaku 25 μm
Doporučená teplota	15 – 30 °C
Vlhkost	20 – 90 %
Teplota	22 – 28 °C
Vytvrzení	1 hodina
Plně vytvrzeno	16 hodin
Viskozita	85-90 Krebs
Hustota	1030,5 kg.m ⁻³
VOC	12 g.l ⁻¹

Při aplikaci na lakovaný povrch je nutné plné vysušení základního laku před aplikací SC – 1074A-2.

Při nanášení sprejem je možné nanést vrstvu povlaku o tloušťce 100 μm na jednu operaci. Pro využití ve vnitřních prostorech je tloušťka povlaku 100 μm dostatečná, avšak pro venkovní použití je doporučena tloušťka povlaku 200 μm. Po vytvrzení výrobce doporučuje nanést dodatečně povlaky SC-1090, SC-1090-1 nebo SC-1095 o tloušťce 50 μm.

4.1.5. SC – 1090 Water-Borne Preservation Topcoat

SC-1090 je povlak určen pro kombinované použití s SC – 1074A-2 pro ochranu plastů, kovů, porcelánu a natřených povrchů během výroby, skladování a transportu. Tento povlak plní 2 základní funkce: chrání základní povlak před působením vody a z důvodu svého bílého zbarvení také chrání povrch před působením tepla a světla.

Tabulka 9 – Technické parametry SC – 1090 Water-Borne Preservation Topcoat

Doba ochrany	12 měsíců
Výdatnost	56 m ² .l ⁻¹ při tloušťce povlaku 25 μm
Doporučená teplota	15 – 30 °C
Vlhkost	20 – 90 %

Teplota	22 – 28 °C
Plně vytvrzeno	2 hodiny
Viskozita	105-150 Krebs
Hustota	1115kg.m ⁻³
VOC	264 g.l ⁻¹

SC-1090 je doporučené aplikovat ve dvou vrstvách pomocí spreje. První vrstva je nanášená širokým rozptylem sprejové trysky ze vzdálenosti asi 50 cm, co vytvoří na povrchu základních povlaku tenký film který minimalizuje tvorbu bublinek v povlaku. Druhá vrstva je nanášena běžnou sprejovou aplikací do vytvoření povlaku o vyžadované tloušťce 50 µm. SC-1090 a základní nátěr by měli dosáhnout plného vysušení společně.

4.2. CORTEC Corporation (Příloha C)

4.2.1. CorShield VpCI Strippable Coating

CorShield VpCI Strippable Coating je nehořlavý dočasný ochranný povlak na bázi vody tvořený unikátní kombinací akrylových polymerů, VCI (Vapor phase Corrosion Inhibitors) a tixotropních zahušťovadel, který poskytuje kvalitní korozní ochranu povrch a je snadno odstranitelný bez potřeby speciálních odstraňovacích prostředků. Je možné ho aplikovat jak na čistý kovový povrch, tak na nátěr.

Běžně je využíván na ochranu čistých i natřených kovových povrchů během skladování a přepravy, lakovacích kabin, náradí a vyleštěných kovových povrchů.

Mezi hlavní výhody tohoto povlaku patří nehořlavost, výborná korozní odolnost i ve venkovních podmínkách, rychlé zasychání, jednoduché odstranění a likvidace a nezanechává žádnou povrchovou kontaminaci.

Aplikace je možná využitím spreje, štětce nebo namáčení. Pro správnou odstranitelnost je doporučené nanášení ve dvou vrstvách a tloušťka každé vrstvy by neměla být menší než 50 µm.

Tabulka 10 – Technické parametry CorShield VpCI Strippable Coating

Vydatnost	6,7-8,4 m ² .l ⁻¹ při tloušťce povlaku 50 – 62,5 μm
Vysušení – možný dotek	30-45 minut při teplotě 24 °C
Vysušení – nanesení další vrstvy	1-2 hodiny při teplotě 24 °C
Viskozita	40-100 Krebs
Hustota	1006,5-1066,5 kg.m ⁻³
VOC	47,9-59,9 g.l ⁻¹

Výrobce uvádí, že testovaná doba ochrany ve vlhké místnosti byla 500 hodin a dvouvrstvý povlak ve venkovním prostředí byl funkční více než 1500 hodin.

4.3. Protectapeel (Příloha C)

4.3.1. Multisurface

Protectapeel Multisurface je dočasný ochranný povlak určen pro ochranu plastů, oceli, betonu, lakovaných povrchů s neporézním povrchem ve vnitřních prostorech před poškrábáním, korozi, abrazi povrchu a podobně.

Může být aplikován sprejem nebo válečkem. Minimální tloušťka vlhkého povlaku je požadovaná 300 μm, po vysušení je doporučena tloušťka povlaku 100 μm, aby bylo zaručené snadné odstranění povlaku.

Tabulka 11 – Technické parametry Multisurface

Doba ochrany	24 měsíců
Vydatnost	4 m ² /l při tloušťce vlhkého filmu 300 μm
Doba vysušení	2 hodiny při pokojové teplotě
Viskozita	9000 ± 500 cP při 20 °C
Hustota	1090 kg.m ⁻³
VOC	0 g.l
Pevnost v tahu	>10 MPa
Adheze	<1 MPa

Suchý film je snadno odstranitelný ručně, nebo tlakovou hadicí. Mutisurface je určen pro vnitřní využití. Když je povlak vystaven dlouhodobě venkovním podmínkám,

má to za následek jeho rychlé opotřebení. Proto je vhodné nanést na něj dodatečný povrchový nátěr SC-1090 pro ochranu povlaku před působením vody a slunečního záření.

4.3.2. Advanced Anti-Rust

Protectapeel Advanced Anti-Rust je dočasný ochranný nátěr využívaný zejména v průmyslných a těžebních oblastech pro korozní ochranu ocelí před působením agresivních klimatických podmínek. Tento film má velmi dobré voděodolné vlastnosti.

Aplikace je možná sprejem nebo válečkem ve dvou vrstvách. Pro správné vlastnosti a snadné odstranění nátěru je požadovaná tloušťka vlhkého filmu 250 μm a tloušťka suchého filmu 100 μm .

Tabulka 12 – Technické parametry Anti-Rust

Doba ochrany	12 měsíců
Vydatnost	5 $\text{m}^2 \cdot \text{l}^{-1}$ při tloušťce vlhkého filmu 250 μm
Doba vysušení	2 hodiny při pokojové teplotě
Viskozita	18000 cP při 20 °C
Hustota	1090 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
VOC	80 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$
Pevnost v tahu	>5 MPa
Adheze	< 1 MPa

4.3.3. A5490

Protectapeel A5490 je ochranný povlak určen pro dočasnou ochranu optického skla a kovových povrchů během výroby a přepravy. Tento nátěr je na bázi rozpouštědel a po vytvrzení je extrémně pevný, co zabezpečuje spolehlivou ochranu před poškrábáním a korozi. Při manipulaci s tímto nátěrem je nutná obezřetnost kvůli jeho vysoké hořlavosti.

A5490 je aplikován sprejem v tloušťce vlhkého povlaku 260 μm , který po vysušení bude mít tloušťku 50 μm .

Tabulka 13 – Technické parametry A5490

Doba ochrany	12 měsíců
Vydatnost	4 m ² .l ⁻¹ při tloušťce vlhkého filmu 260 μm
Doba vysušení	30 minut při pokojové teplotě
Viskozita	-
Hustota	903 kg.m ⁻³
VOC	726 g.l ⁻¹
Tažná síla	>5 MPa
Adheze	< 1 MPa

A5490 je vhodný pouze pro vnitřní využití.

4.4. Akzo Nobel (Příloha C)

4.4.1. Intergard 10220

Intergard 10220 je snadno aplikovatelný jednosložkový polyuretanový nátěr na bázi vody využívaný pro ochranu povrchů před mechanickým poškozením a konzervaci.

Před aplikací je potřebné povrch materiálu pečlivě odmastit a zbavit nečistot přilnutých na povrchu a následně osušit.

Tabulka 14 – Technické parametry Intergard 10220

Doba ochrany	9 měsíců
Vydatnost	4 m ² .l ⁻¹ při tloušťce povlaku 100 μm
Doporučená teplota	15 – 35 °C
Vlhkost	25 – 80 %
Hmotnost suchého filmu	1,26 g.μm.m ⁻²

Intergard 10220 je aplikován v 1 až 2 vrstvách, kdy se druhá vrstva nanáší po 10-30 minutách.

Tabulka 15 – Doba zasychání Intergard 10220

	21 °C	40 °C	60 °C
Odolný proti prachu	3 hod.	-	-
Suchý na dotyk	48 hod.	4 hod.	2 hod.
Úplné vytvrzení	72 hod.	24 hod.	24 hod.

Povlak je odstranitelný mechanickým oloupaním, nebo stráčenou vodou. Pro usnadnění odstraňovacího procesu je možné použít vodu o teplotě vyšší 50 °C.

4.4.2. Intergard 269

Intergard 269 je rychleschnoucí dvousložkový epoxidový nátěr vhodný pro ochranu konstrukcí před atmosférickými vlivy i vodou. Vhodný je pro aplikaci na konvenční, nerezovou i galvanizovanou ocel.

Tabulka 16 – Technické parametry Intergard 269

Objem sušiny	47 %
Typická tloušťka nátěru	40 µm suchého filmu (85 µm mokrého filmu)
Teoretická vydatnost	11,8 m ² .l ⁻¹ při 40 µm suchého filmu
Hustota	1,53 kg.dm ⁻³
VOC	296 g.kg ⁻¹

Tento nátěr je vhodné aplikovat štětcem, válečkem, bezvzduchovým/vzduchovým stříkáním na odmaštěný otryskaný povrch v doporučené tloušťce.

Tabulka 17 – Doba zasychání Intergard 269

Teplota	Suchý na dotek	Plně vyschlý
10 °C	40 min	16 hod
15 °C	35 min	12 hod
25 °C	30 min	8 hod
40 °C	15 min	4 hod

4.5. Viton (Příloha C)

4.5.1. KG 11

KG 11 je rychleschnoucí základní alkydová protikorozi barva navrhnutá zejména pro ocelové a dřevěné rovinné plochy. Aplikaci je možné provést štětcem, válečkem nebo stříkací pistolí na očištěný suchý povrch za teplot alespoň 5 °C a vzdušné vlhkosti nižší než 80 %.

Tabulka 18 – Technické parametry KG 11

Objem sušiny	49 %
Teoretická vydatnost	12,3 m ² .l ⁻¹ při 40 μm DFT
Hustota	1,46 g.cm ⁻³

Tabulka 19 – Doba zasychání KG 11

120 μm WFT, teplota 23 ± 2 °C, relativní vlhkost vzduchu 50 ± 5%	Odolnost proti prachu	Suchý na dotek	Možná manipulace
	35 min	40 min	45 min

4.5.2. KG 22

KG 22 je rychleschnoucí základní alkydová barva vhodná pro ocel a litinu aplikována máčením. Je ji možné využít jako dočasný protikorozní nátěr bez nutnosti dalších následných nátěrů.

Tabulka 20 – Technické parametry KG 22

Objem sušiny	36 %
Teoretická vydatnost	9 m ² .l ⁻¹ při 40 μm DFT
Hustota	1,28 g.cm ⁻³

Tabulka 21 – Doba zasychání KG 22

60 μm WFT, teplota 23 ± 2 °C, relativní vlhkost vzduchu 50 ± 5%	Odolnost proti prachu	Suchý na dotek	Možná manipulace
	10 min	15 min	25 min

5. Metody zkoušení povlaků

5.1. Zkouška v solné mlze dle ČSN EN ISO 9227

Tato zkouška se běžně využívá pro vyhodnocení korozní odolnosti kovových materiálů bez ochranného povlaku, s trvalým ochranným povlakem nebo s dočasným ochranným povlakem. Známe několik variant provedení této zkoušky s ohledem na zkoušený základní materiál.

Zkouška v neutrální solné mlze (NSS) je aplikována zejména na oceli a litiny, některé kovové povlaky (anodické, katodické) konverzní povlaky, anodicky oxidické povlaky, organické povlaky.

Zkouška v okyselené solné mlze (AASS) je vhodná pro dekorativní povlaky na mědi, niklu, chromu a taky na anodicky oxidovaných povlacích na hliníku, podobně jako zkouška v okyselené solné mlze s chloridem měďnatým (CASS). [10]

5.1.1. Testované vzorky

Počet a specifikace testovaných vzorků (tvar, rozměry) je volen s ohledem na typ materiálu nebo produktu, který budeme testovat. Každý vzorek je nutno pečlivě očistit prostředky, které žádným způsobem nereagují s povrchem materiálu, ani ho nepoškozují. Výjimkou jsou organické povlaky.

Vzorky jsou následně vloženy do komory tak, aby nebránili v proudění mlhy z rozprašovače. Důležitý je úhel pod kterým jsou vzorky testovány. Doporučené je ploché uložení pod úhlem 15°-30°, ideálně však 20°. Vzorky by měli dále být uloženy v komoře tak, aby se nedotýkali stěn komory a byly vystaveny volnému proudění mlhy. [10]

5.1.2. Podmínky zkoušky

Teplota uvnitř komory by se měla pohybovat kolem 35°C±2°C pro NSS a AASS a 50°C±2°C pro CASS s co nejmenšími tepelnými výkyvy během zkoušky. Zkušební roztok by měl mít koncentraci NaCl 50g.l⁻¹ ± 5g.l⁻¹ a hodnotu pH 6,5 – 7,2 pro NSS, 3,1 – 3,3 pro AASS a CASS. Pro každý test by měla být rychlost vypouštění roztoku do komory od 1 ml/h do 2 ml/h na každých 80 cm² plochy komory.

Délka trvání zkoušky je volena dle zkoušeného produktu nebo materiálu. Běžné časy zkoušení se pohybují v hodnotách 2 h; 6 h; 24 h; 48 h; 96 h; 168 h; 240 h; 480 h; 720 h; 1000 h.

Vypouštění roztoku je nepřetržité během celého trvání zkoušky. Komora je otevíraná pouze za účelem vizuální kontroly vzorků, polohování vzorků, nebo doplňování roztoku z reservoáru.

Po ukončení zkoušky jsou vzorky odebrány z komory a sušeny 0,5 – 1 h před oplachem. Před zkoumáním je vhodné je opláchnout v tekoucí vodě s teplotou nepřesahující 40 °C a následně okamžitě osušit v proudu vzduchu. [10]

Tabulka 22 – Zkušební podmínky dle ČSN EN ISO 9227 [10]

Parametry zkušební zkoušky	Neutrální solná mlha (NSS)	Okyselená solná mlha (AASS)	Okyselená solná mlha s chloridem měďnatým (CASS)
Teplota	35 °C ± 2°C	35 °C ± 2°C	50 °C ± 2°C
Průměrná rychlost hromadění rozprašované mlhy z vodorovné sběrné plochy 80 cm ²	1,5 ml.h ⁻¹ ± 0,5 ml.h ⁻¹		
Koncentrace roztoku chloridu sodného (v nahromaděném roztoku)	50 g.l ⁻¹ ± 5 g.l ⁻¹		
pH (v nahromaděném roztoku)	6,5 až 7,2	3,1 až 3,3	3,1 až 3,3

5.1.3. Vyhodnocení zkoušky

Zkouška je vyhodnocována dle mnoha kritérií, závisících na počátečních požadavkách. Jsou to například:

- a. Vzhled po zkoušce
- b. Vzhled po odstranění povrchových korozních produktů
- c. Počet a rozložení korozních produktů
- d. Doba do prvních příznaků koroze
- e. Změna hmotnosti
- f. Změny zjištěné při mikroskopickém zkoumání
- g. Změna mechanických vlastností. [10]

5.2. Kondenzační zkouška dle ČSN EN ISO 6270-2

5.2.1. Popis zkoušky

Tato zkouška spočívá v kondenzaci atmosférické vlhkosti na povrchu zkušebních vzorků, jejichž teplota je nižší než teplota nasyceného vlhkého vzduchu ve zkušební komoře následkem chlazení vzorků. Zkouška ve vlhkém prostředí probíhá za teploty 40 °C, jak je dáno v ISO 6270-2.

Zkouška má několik variant provedení v závislosti na požadovaném zkušebním prostředí, a to zejména dle výkyvů teploty a vlhkosti.

Zkušební prostředí:

- CH – Kondenzační prostředí s konstantní vlhkostí
- AHT – Kondenzační prostředí s měnící se vlhkostí a teplotou vzduchu
- AT – Kondenzační prostředí s měnící se teplotou vzduchu

Pro reprodukovatelnost výsledků série zkoušek jsou nevyhnutné konstantní zkušební podmínky a postup. U měnícího se prostředí je obecně potřebné využití 24 hodinového cyklu.[11]

Tabulka 23 – Prostor pro kondenzační zkoušku dle ČSN EN ISO 6270-2 [11]

Zkušební prostředí		Délka cyklu		Podmínky v komoře po dosažení rovnováhy		
Typ	Kód	Doba zkoušky	Celkem	Teplota vzduchu	Relativní vlhkost	
Kondenzační prostředí s konstantní vlhkostí		CH	Od zahřátí do ukončení expozice	(40 ± 3) °C	Přibližně 100 % s kondenzací na zkušebních vzorcích	
Měnící se kondenzační prostředí	S měnící se vlhkostí a teplotou vzduchu	AHT	8 h včetně zahřátí	24 h	(40 ± 3) °C	Přibližně 100 % s kondenzací na zkušebních vzorcích
			16 h včetně zachlazení (klimatická komora otevřena nebo odvětrávána)		18 °C až 28 °C	Bližící se okolí
	S měnící se teplotou vzduchu	AT	8 h včetně zahřátí	24 h	(40 ± 3) °C	Přibližně 100 % s kondenzací na zkušebních vzorcích
			16 h včetně zachlazení (klimatická komora zavřena)		18 °C až 28 °C	Přibližně 100 % (= nasycená)

5.2.2. Průběh zkoušky

Vana v komoře se naplní demineralizovanou vodou tak, aby hloubka vody byla během celé doby provozu alespoň 10 mm. Vzorky se umístí do správné polohy (úhel k horizontále $\geq 60^\circ$; vzdálenost od stěn ≥ 100 mm; vzdálenost spodní hrany zkušební vzorku od hladiny vody ≥ 200 mm; vzdálenost mezi zkušebními vzorky ≥ 20 mm). Zapne topení, které vyhřeje vzduch v komoře na požadovanou teplotu během 1,5 h. Následně na vzorcích začne kondenzovat voda.

Přerušení pro mezihodnocení se provádí na začátku nového cyklu za maximálně 30 min. O všechny přerušení je nutné dodatečně prodloužit zkušební dobu.

Zkouška se ukončí po dosažení předem stanovené délky zkoušení, nebo když nastane stanovené poškození povlaku. Následně se zaznamená konečné vyhodnocení zkušebních vzorků. [11]

5.3. Hodnocení stupně puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2

Norma se zabývá vyhodnocováním stupně puchýřkování nátěrů metodou porovnání se standardizovanými obrázky uvedenými v normě. Tyto obrázky uvádějí 4 stupně pro velikost puchýřů a 4 stupně pro jejich hustotu na sledovaném povrchu. [12]

5.4. Hodnocení stupně prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3

Prorezavění je v normě definováno jako koroze proniklá skrz nátěr a pod nátěrem. Stupeň prorezavění je značen „Ri“ a je přidělován k povrchu zkušební tělesa dle následující tabulky. [13]

Tabulka 24 – Stupeň prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3 [13]

Stupeň prorezavění	Zkorodovaná oblast [%]
Ri 0	0
Ri 1	0,05
Ri 2	0,5
Ri 3	1
Ri 4	8
Ri 5	40 až 50

5.5. Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8

Stupeň delaminace (ztráta adheze povlaku) a stupeň koroze jsou vyhodnocovány po vyjmutí ze zkušebního prostředí a důkladném očištění a osušení. Norma udává 2 způsoby vyhodnocování: výpočtem a porovnáváním se standardními obrázky. [14]

Nejprve se za pomoci nože odstraní veškerý uvolněný povlak, vyhodnotí se stupeň delaminace a následně je využitím vhodného prostředku, chemického nebo mechanického, odstraní nátěr a vyhodnotí se stupeň koroze. [14]

Stanovení delaminace:

$$d_1 = \frac{a+b+c+d+e+f}{6} \quad (3)$$

$$d = \frac{d_1 - w}{2} \quad (4)$$

kde je

d_1 – průměrná celková šířka oblasti delaminace v milimetrech;

w – šířka původního řezu nebo jiného umělého defektu v milimetrech;

a, b, c, d, e, f – výsledky jednotlivých měření delaminace. [14]

Stanovení koroze:

$$w_c = \frac{a+b+c+d+e+f}{6} \quad (5)$$

$$c = \frac{w_c - w}{2} \quad (6)$$

kde je

w_c – průměrná celková šířka oblasti koroze v milimetrech;

w – šířka původního řezu nebo jiného umělého defektu v milimetrech;

a, b, c, d, e, f – výsledky jednotlivých měření koroze. [14]

5.6. Odtrhová zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 4624

Tato zkouška je vyhodnocena jako napětí potřebné pro přetržení vazby mezi nátěrem a podkladem. Nejdřív je na nátěr nalepeno zkušební tělísko - panenka. Po vhodném časovém úseku potřebném k dokonalému vytvrzení lepidla je panenka umístěna do testovacího zařízení. [15]

Po odtržení panenky z povlaku pozorujeme charakter lomu, který se objeví buď to na rozhraní dvou složek (barva-podklad; lepidlo-barva) – adhezní lom, nebo se prolomí vnitřní vazby složek – kohezní lom. V mnohých případech je možné pozorovat kombinaci adhezního a kohezního lomu. [15]






Tabulka 25 – Klasifikace typu lomu dle ČSN EN ISO 4624 [15]

Klasifikace	Popis
A	Kohezní lom v podkladu
A/B	Adhezní lom mezi podkladem a první vrstvou
B	Kohezní lom první vrstvy
B/C	Adhezní lom mezi první a druhou vrstvou
-	Kohezní lom poslední vrstvy
-/Y	Adhezní lom mezi poslední vrstvou a lepidlem
Y	Kohezní lom v lepidle
Y/Z	Adhezní lom mezi lepidlem a zkušebním tělískem

5.7. Mřížková zkouška dle ČSN EN ISO 2409

Jednou z metod zkoušení přilnavosti je mřížková zkouška. Jejím principem je vyřezání mřížky, která se skládá ze 6 horizontálních a 6 vertikálních řezů, které jsou navzájem kolmé. Rozestupy mezi řezy se volí v závislosti od tloušťky povlaku. Běžně se k vytvoření mřížky využívají šablony.

Po vyřezání mřížky se štětcem nebo lepicí páskou odstraní veškeré uvolněné části povlaku a vyhodnotí se přilnavost v okolí řezů. [16,17]







Vzhled plochy po zkoušce	Popis	Klasifikace	Vzhled plochy po zkoušce	Popis	Klasifikace
	Hrany řezu zcela hladké. Žádný čtverec mřížky není odloupen.	0		Povlak poškozen částečně nebo zcela ve velkých pásech podél hran řezu a/nebo je zcela odloupen na různých částech čtverců, poškozená plocha mřížky 15 až 35%.	3
	Malé kousky povlaku odloupeny v místech křížení, poškozená plocha mřížky < 5%.	1		Povlak poškozen ve velkých pásech podél hran řezu a/nebo se některé čtverce částečně nebo zcela odlouply, poškozená plocha mřížky 35 až 65%.	4
	Povlak se odlupuje podél řezu nebo v křížení, poškozená plocha 5 mřížky až 15%.	2	NEUVEDENO	Jakýkoli rozsah odloupení, který nelze klasifikovat ani stupněm 4.	5

Obrázek 5 - Vyhodnocení mřížkové zkoušky dle ČSN EN ISO 2409 [16,17]

5.8. Zkouška křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2

Zkouška přilnavosti křížovým řezem probíhá velmi podobně jako mřížková zkouška (5.7.). Nožem se do povlaku dle šablony vyřežou 2 řezy o délce přibližně 40 mm v úhlu 30-40°.

Následně se štětcem nebo lepicí páskou odstraní uvolněné části povlaku a vyhodnotí se přilnavost v okolí řezů. [17]

Vzhled plochy po zkoušce	Popis	Stupeň	Vzhled plochy po zkoušce	Popis	Stupeň
	Žádné odlupování nebo odpadávající nátěr.	0		Roztřepené odlupy podél téměř celé délky řezů, v rozsahu maximálně 3,0 mm obou stranách.	3
	Velmi malé odlupování podél řezů nebo v jejich průsečičku.	1		Odpadávající nátěr z většiny plochy křížového řezu pod lepicí páskou.	4
	Roztřepené odlupy podél řezů, v rozsahu maximálně 1,5 mm na každé straně.	2		Odpadávající nátěr v ploše mimo křížový řez.	5

Obrázek 6 - Vyhodnocení zkoušky křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2 [17]

6. Experimentální část

Praktická část se zabývá zhodnocením ochranných vlastností nátěrů při vystavení agresivnímu prostředí v neutrální solné mlze (NSS) dle ČSN EN ISO 9227 a odolnosti proti vlhkosti při kontinuální kondenzační zkoušce (CH) dle ČSN EN ISO 6270-2, stejně jako zhodnocením přilnavosti nátěru na základní materiál odtrhovou zkouškou dle ČSN EN ISO 4224, mřížkovou zkouškou dle ČSN EN ISO 2409 a zkouškou křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2. Všechny přípravné úkony, nanášení barev a zkoušky byly provedeny na Ústavu strojírenské technologie Fakulty strojní ČVUT v Praze.

6.1. Vzorky

Jako vzorky pro korozní zkoušky byly zvoleny desky o rozměrech 150 mm x 100 mm x 4 mm z oceli ČSN 11 523 (S355J0) a pro zkoušení odstraňování barev desky o průměru 105 mm a tloušťce 2 mm ze stejného materiálu.

Všechny vzorky byly před nanášením barev odmaštěny a následně důkladně otryskány korundovým abrazivem na stupeň Sa 2½ (povrch očištěn od viditelných olejů, mastnoty, okují, rzi, nátěrů a cizích látek) dle ČSN EN ISO 8501-1. [18]

Parametry povrchu vzorků pro tryskání odpovídali při určení za pomoci referenčního komparátoru ISO 8503/1 segmentu 2, za pomoci Rugotestu N° 3 stupni N9 (Ra 6,3) a následně byly změřeny drsnoměrem Mitutoyo SJ-301 na dvou deskách, kde průměrná hodnota byla stanovena z 12 měření ($\lambda_c = 2,5$ mm; $N = 5$)

Tabulka 26 – Průměrné hodnoty drsnosti povrchu tryskaných vzorků

Průměrná drsnost povrchu	Ra	Rz	Rq	RSm
μm	6,7	46,8	8,6	330



Obrázek 7 - Referenční komparátor (vlevo), Rugotest N° 3 (vpravo)



Obrázek 8 - Drsnoměr Mitutoyo SJ-301

6.2. Nátěrové hmoty a aplikace

Pro experiment byly zvoleny 4 nátěrové hmoty od několika výrobců. Nanášené byly na Fakultě strojní ČVUT v Praze metodami uvedenými v Tabulce 22. Od každého výrobce bylo zhotoveno 8 vzorků o rozměrech 150 mm x 100 mm x 4 mm a 5 vzorků o průměru 105 mm a tloušťce 2 mm.

Tabulka 27 – Přehled použitých nátěrových hmot, jejich označení a metoda aplikace

Označení	Typ	Výrobce	Metoda aplikace
A	Intergard 269	Akzo Nobel	Vzduchové stříkání
B	Anti-Rust	Protectapeel	Vzduchové stříkání
C	KG 22	Viton	Máčení
D	KG 11	Viton	Vzduchové stříkání

Poznámka: Technické parametry pro vybrané nátěrové hmoty jsou uvedeny v kapitole 4.

Tabulka 28 – Podmínky okolí při aplikaci

RV [%]	T _p [°C]	T _v [°C]	RB [°C]	ΔT [°C]
44,0	24,9	25,1	12	12,9

RV – relativní vlhkost vzduchu; T_p – teplota podkladu; T_v – teplota vzduchu; RB – teplota rosného bodu; ΔT = T_p-RB

Po aplikaci nátěrů ve WFT dle doporučení výrobce v technickém listu proběhlo vytvrzování barev Intergard 269 (A) a Anti-Rust (B) při pokojové teplotě po dobu 5 dnů a vytvrzování barev KG 22 (C) a KG 11 (D) proběhlo 24 hodin při pokojové teplotě a v peci za teploty 50 °C po dobu 24 hodin.

Po vytvrzení byla stanovena DFT tloušťkoměrem Elcometer 456 s kombinovanou sondou měřící metodou vířivých proudů umožňující měření na feromagnetickém i neferomagnetickém základním materiálu. Protokoly z tloušťkoměru jsou uvedeny v Příloze D.

Tabulka 29 – Tloušťky nátěrů změřené tloušťkoměrem Elcometer 456

Č. vzorku	A	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Tloušťka povlaku [μm]	99,50	122,65	143,50	137,25	134,30	130,60	156,20	177,30
Č. vzorku	B	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
Tloušťka povlaku [μm]	69,57	71,45	70,59	75,99	76,81	82,89	95,87	90,84
Č. vzorku	C	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Tloušťka povlaku [μm]	-	-	-	-	-	-	-	-
Č. vzorku	D	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Tloušťka povlaku [μm]	-	-	-	-	-	-	-	-

Dle zjištěné tloušťky povlaku byly následně vybrané vzorky pro cyklické zkoušky v umělých atmosférách a pro adhezní zkoušky tak, aby byla vypovídající hodnota následného vyhodnocení co nejvyšší.

- Zkouška v solné mlze – A4; A5; A6; A7; B; B2; B5; B6; C2; C3; C4; C5; D2; D3; D4; D5
- Zkouška konstantní kondenzací – A; A3; B4; B7; C; C1; D; D1
- Adhezní zkoušky – A1; A2; B1; B3; C6; C7; D6; D7



Obrázek 9 - Tloušťkoměr Elcometer 456

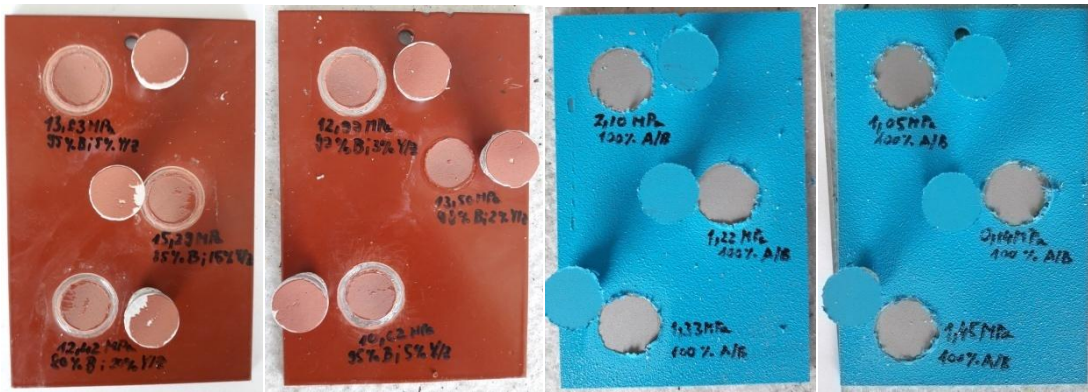
6.3. Vyhodnocení adhezních zkoušek

6.3.1. Odtrhová zkouška přilnavosti (5.6) – před expozicí v umělých atmosférách

Pro tuto zkoušku byly vybrány 2 vzorky z každé barvy. Po očištění a zdrsnění povrchu nátěru byly zkušební tělíska nalepeny kyanoakrylátovým lepidlem MC 1500 a ponechány v pokojové teplotě po dobu 24 hodin, aby bylo zajištěno správné vytvrzení lepidla. Následně se provedla trhací zkouška hydraulickým odtrhoměrem Elcometer 510.



Obrázek 10 - Hydraulický odtrhoměr Elcometer 510



Obrázek 11 - Odtrhová zkouška před expozicí A1,A2,B1,B3



Obrázek 12 - Odtrhová zkouška před expozicí C6,C7,D6,D7

Tabulka 30 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky před expozicí

Č. vzorku	A1	A2	B1	B3	C6	C7	D6	D7
Napětí v momentě lomu [MPa]	12,42	10,62	1,6	0,88	5,35	5,73	8,6	9,19
Typ lomu	80% B; 20% Y/Z	95% B; 5% Y/Z	100% A/B	100% A/B	100% Y/Z	100% Y/Z	60% B; 40% Y/Z	60% B; 40% Y/Z

Poznámka: V případě stejných typů lomů na vzorku byla vypočtena průměrná hodnota napětí v momentě lomu ze 3 měření, jinak byla do tabulky vybrána jedna referenční hodnota. Tato poznámka platí pro všechny vzorky vyhodnocované odtrhovou zkouškou.

Zhodnocení výsledků odtrhové zkoušky před expozicí v umělých atmosférách:

Nejlepší adhezni vlastnosti vykazují nátěry A a D, jak z důvodu vyššího tažného napětí potřebného pro odtržení panenky, tak i kvůli převládajícímu koheznímu lomu. U nátěru C dochází zejména k lomu mezi lepidlem a zkušebním tělískem, co může být zapříčiněno malou tloušťkou povlaku. Naopak barva B vykazuje výrazně nižší přilnavost, co ale zajišťuje její omnoho jednodušší odstranění.

6.3.2. Odtrhová zkouška přilnavosti (5.6) – po expozici v umělých atmosférách



Obrázek 13 – Odtrhová zkouška po expozici A, A3, A5, A6



Obrázek 14 - Odtrhová zkouška po expozici B2, B4, B5, B7



Obrázek 15 - Odtrhová zkouška po expozici C, C1



Obrázek 16 - Odtrhová zkouška po expozici D, D1, D2, D3

Tabulka 31 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky po expozici

Č. vzorku	A	A3	A5	A6	B2	B4	B5	B7
Napětí v momentě lomu [MPa]	4,58	5,37	3,28	3,06	3,12	3,33	3,59	3,2
Typ lomu	100% B/Y	100% Y	100% B/Y	100% B/Y	100% A	80% A; 20% A/B	100% A/B	95% A; 5% A/B
Č. vzorku	C	C1	D	D1	D2	D3		
Napětí v momentě lomu [MPa]	4,86	5,24	5,24	5,46	3,85	6,39		
Typ lomu	90% A/B; 10% B/Y	98% B; 2% B/Y	95% B; 5% B/Y	99% B; 1% B/Y	40% A; 60% A/B	97% B; 3% B/Y		

Poznámka: Na vzorcích skupiny B byl prvotně nesprávně vyhodnocen typ lomu. Na vzorcích B2, B4 a B7 došlo při expozici v umělých atmosférách k značnému prorezavění nátěru, co mělo za následek tvorbu kohezního lomu v podkladovém

materiálu při odtahové zkoušce. Na vzorcích D a D2 mohlo dojít ke zkreslení výsledků vinou nevykružení zkušebních tělísek

Zhodnocení výsledků odtrhové zkoušky po expozici v umělých atmosférách:

U vzorků skupiny A docházelo při odtahové zkoušce převážně ke koheznímu lomu v lepidle nebo k adheznímu lomu mezi lepidlem a nátěrem, a to při napětí v intervalu od 2 MPa až 5 MPa, co není pro vyhodnocení zkoušky přilnavosti nátěru dostačující, jelikož není možné určit hodnotu napětí při porušení koheze nátěru, nebo při porušení soudržnosti mezi nátěrem a podkladem. Lze však předpokládat, že k odtržení nátěru by došlo při napětí vyšším než je 5 MPa, co by bylo možné vykoušet použitím jiného typu lepidla. Odtrhová zkouška také prokázala značné prorezavění u vzorků skupiny B, které nebylo na první pohled zjevné, jelikož docházelo při zkoušce ke koheznímu lomu ve zkorodovaném podkladu. Také je u těchto vzorků možné pozorovat značné zvýšení přilnavosti, co může být zapříčiněno vysušením a vytvrdnutím nátěru po vyjmutí ze zkušební komory. U vzorků skupiny C nedošlo k výrazné změně odtrhového napětí, došlo však ke změně typu lomu indikující snížení přilnavosti nátěru. U vzorků skupiny D byl vlivem prorezavění zaznamenán pokles odtrhového napětí přibližně o 20 – 40 %. Změnil se i typ lomu, kdy k lomu docházelo z části ve zkorodovaném podkladu.

6.3.3. Mřížková zkouška (5.7) a zkouška křížovým řezem (5.8) – před expozicí v umělých atmosférách



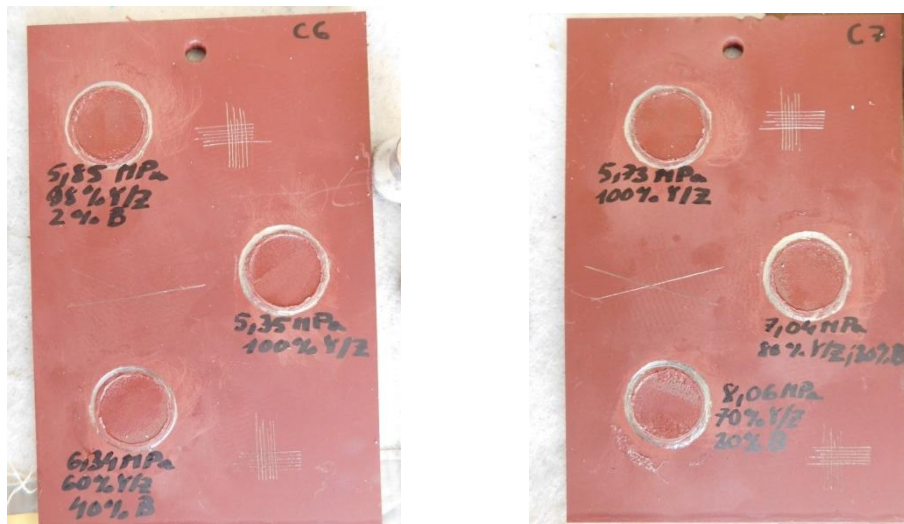
Obrázek 17 - Šablona pro vykonání řezů mřížkové zkoušky a zkoušky křížovým řezem

Tabulka 32 – Vyhodnocení mřížkové zkoušky a zkoušky křížovým řezem před expozicí v umělých atmosférách

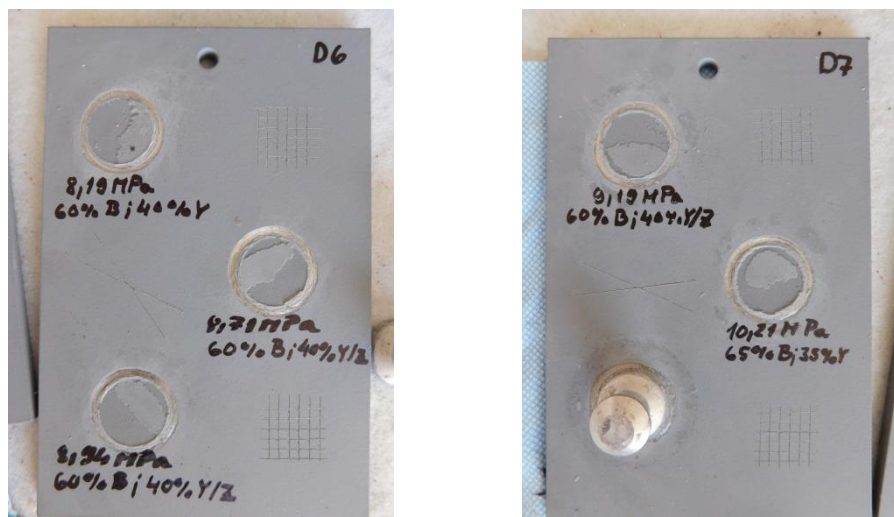
Č. vzorku	Klasifikace dle ČSN EN ISO 2409		Klasifikace dle ČSN EN ISO 16276-2
	Mřížková zkouška		Zkouška křížovým řezem
	1.	2.	
A1	0	0	0
A2	0	0	0
B1	3	4	3
B3	3	3	2
C6	0	0	0
C7	0	0	0
D6	2	2	2
D7	2	2	2



Obrázek 18 - Vzorky A1,A2,B1,B3 po provedení zkoušek adheze



Obrázek 19 - Vzorky C6 a C7 po provedení zkoušek adheze



Obrázek 20 - Vzorky D6 a D7 po provedení zkoušek adheze

6.3.4. Mřížková zkouška (5.7) a zkouška křížovým řezem (5.8) – po expozici v umělých atmosférách

Tabulka 33 – Vyhodnocení mřížkové zkoušky a zkoušky křížovým řezem po expozici v umělých atmosférách

Č. vzorku	Klasifikace dle ČSN EN ISO 2409		Klasifikace dle ČSN EN ISO 16276-2
	Mřížková zkouška		Zkouška křížovým řezem
	1.	2.	
A	0	0	0
A3	0	0	0
A5	0	0	0
A6	0	0	0
B2	2	3	0
B4	3	0	0
B5	0	0	0
B7	2	0	0
C	0	0	0
C1	0	0	0
D	3	3	3
D1	3	3	2
D2	4	5	4
D3	3	3	3



Obrázek 21 - Vzorky A, A3, A5, A6 po provedení zkoušek adheze po expozici



Obrázek 22 - B2, B4, B5, B7 po provedení zkoušek adheze po expozici



Obrázek 23 - Vzorky C , C1 po provedení zkoušek adheze po expozici

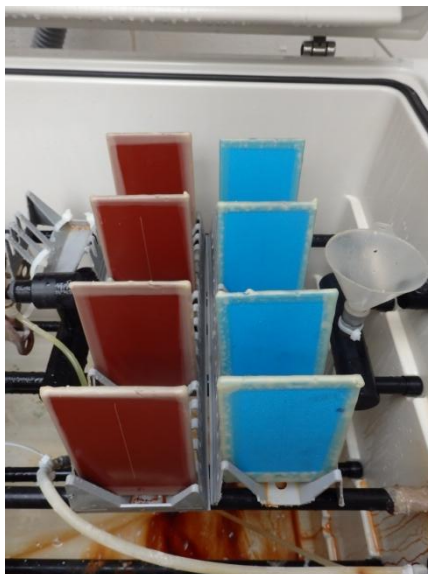


Obrázek 24 - Vzorky D1, D2, D3, D4 po provedení zkoušek adheze po expozici

6.4. Vyhodnocení zkoušek v umělých atmosférách

6.4.1. Zkouška v neutrální solné mlze (5.1)

Zkoušce NSS bylo vystaveno 16 vzorků jak je popsáno v bodě 6.2. Zkouška probíhala v komoře Liebisch S 400 M-TR dle parametrů daných normou ČSN EN ISO 9227. Před expozicí byly na všech vzorcích namaskovány hrany maskovacím voskem a na 2 vzorcích od každého nátěru byl proveden řez o rozměru 100 mm x 0,5 mm. Následně se sledoval průběh tvorby korozních produktů v stanovených intervalech a po expozici se vyhodnotili stupně puchýřkování, prorezavění a delaminace. Zkouška v NSS probíhala z důvodu dostupnosti nátěrových hmot ve dvou etapách, nejdříve byly prostředí NSS vystaveny vzorky skupiny A a B, následně proběhlo zkoušení vzorků C a D.



Obrázek 25 - Vzorky A a B v komoře Leibisch S 400 M-TR



Obrázek 26 - Komora Leibisch S 400 M-TR

Výsledky zkoušky v neutrální solné mlze nátěru Intergard 269 (A)



Obrázek 27 - Vzorek A4 - 0 h (vlevo), 336 h (uprostřed), koroze v okolí řezu (vpravo)

Tabulka 34 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek A4

Prorezavění	Koroze	Delaminace	Stupeň koroze v řezu	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
Ri 0	V řezu	1,54	0,575	2-2(S2)	336

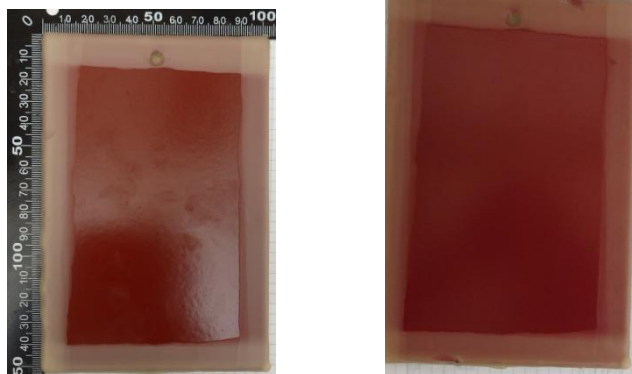
Poznámka: Odstranění nátěru a vyhodnocení sledovaných parametrů bylo provedeno vždy alespoň 24 hodin po vyjmutí ze zkušební komory. Rozdíly v barvě vzorků jsou způsobeny osvětlením během focení. Při odstraňování nátěru v okolí řezu mohlo nastat zbroušení korozní produktů z povrchu základního materiálu. V případě podobností ve výsledcích zkoušky zde nebudou uvedeny všechny vzorky. Celková fotodokumentace z průběhu zkoušky je uvedena v Příloze A. Tato poznámka je platná pro všechny vyhodnocované nátěry.



Obrázek 28 - Vzorek A7 - 0 h (vlevo), 336 h (uprostřed), koroze v okolí řezu (vpravo)

Tabulka 35 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek A7

Prorezavění	Koroze	Delaminace	Stupeň koroze v řezu	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
Ri 0	V řezu, pod puchýřky	2,15	1,4	2-2(S3)	336



Obrázek 29 - Vzorek A5 - 0 h (vlevo), 336 h (vpravo)

Vyhodnocení zkoušky NSS na vzorcích A5 a A6:

U vzorků A5 a A6, které nebyly opatřeny řezem, nedošlo během expozice k žádné viditelné degradaci nebo jiným vadám.

Výsledky zkoušky v neutrální solné mlze nátěru Protectapeel Anti-Rust (B)



Obrázek 30 - Vzorek B - 0 h (vlevo), 336 h (uprostřed), koroze v okolí řezu (vpravo)

Tabulka 36 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek B

Prorezavění	Koroze	Delaminace	Stupeň koroze v řezu	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
Ri 0	V řezu	-	0,42	2-2(S4)	336

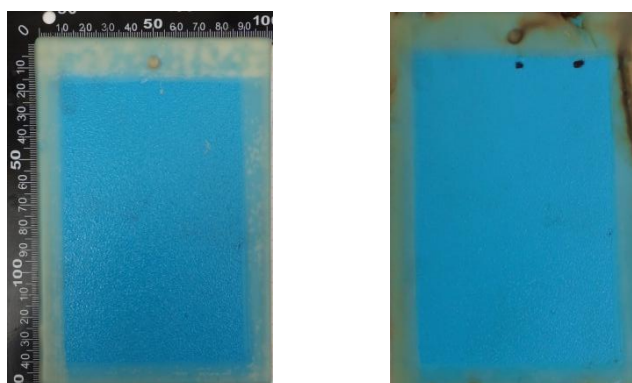
Poznámka: Z důvodu vysoké elasticity povlaku Protectapeel Anti-Rust, nebylo možné pozorovat delaminaci v okolí řezu na vzorcích skupiny B. Po odstranění nátěru bylo viditelné lokální zčernání podkladu. Během zkoušky došlo k tvorbě puchýřů na hranici maskovacího vosku. Tato poznámka platí pro všechny další nátěry skupiny B.



Obrázek 31 - Vzorek B6 - 0 h (vlevo), 336 h (uprostřed), koroze v okolí řezu (vpravo)

Tabulka 37 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek B6

Prorezavění	Koroze	Delaminace	Stupeň koroze v řezu	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
Ri 0	V řezu	-	0,54	2-2(S4)	336



Obrázek 32 - Vzorek B2 - 0 h (vlevo), 336 h (vpravo)

Tabulka 38 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek B2

Prorezavění	Koroze	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
Ri 5	Pod nátěrem	2-2(S4)	336

Tabulka 39 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek B5

Prorezavění	Koroze	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
Ri 0	-	2-2(S4)	336

Vyhodnocení zkoušky NSS na vzorcích B2 a B5:

U vzorků B2 a B5 které nebyly opatřeny řezem nedošlo na sledované ploše k žádné viditelné korozi. Bylo ale možné pozorovat tvorbu puchýřů působením vlhkosti ve zkušební komoře, zejména na hranici maskovacího vosku. Po provedení odtrhové zkoušky přílnavosti (6.3.2) na vzorku B2 se však prokázalo značné prorezavění podkladu. Tento jev se však nevyskytoval na vzorku B5.

Výsledky zkoušky v neutrální solné mlze nátěru Viton KG 22 (C)

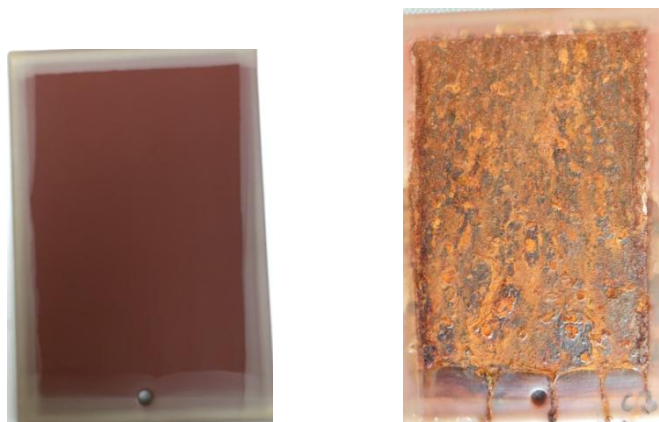


Obrázek 33 - Vzorek C5 - 0 h (vlevo), 336 h (uprostřed), koroze v okolí řezu (vpravo)

Tabulka 40 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek C5

Prorezavění	Koroze	Delaminace	Stupeň koroze v řezu	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
Ri 5	V řezu, pod nátěrem	-	-	-	336

Poznámka: Jelikož u vzorků C5 a C4 nastalo už po krátké době expozice celkové prorezavění, nebylo možné následně vyhodnotit stupeň delaminace a koroze v řezu. Vyhodnocení u vzorku C4 je shodné s vyhodnocením vzorku C5.



Obrázek 34 - Vzorek C3 - 0 h (vlevo), 336 h (vpravo)

Tabulka 41 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek C3

Prorezavění	Koroze	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
Ri 5	Pod nátěrem	-	336

Vyhodnocení zkoušky NSS na vzorcích skupiny C:

Na vzorcích skupiny C nastalo rozsáhlé prorezavění už po 24 hodinách ve zkušební komoře NSS. Po další dobu zkoušení se prorezavění rychle šířilo. K puchýřkování u těchto vzorků nedošlo.

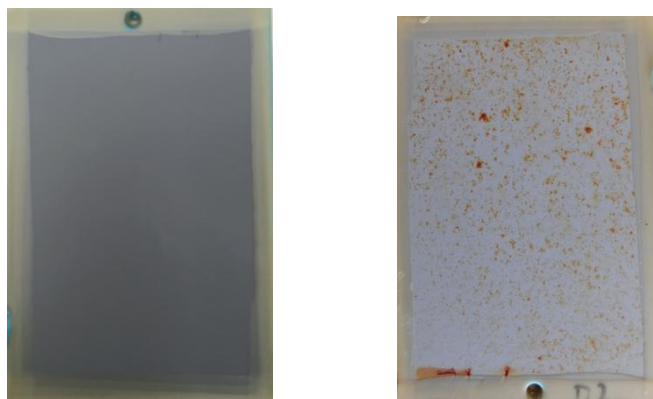
Výsledky zkoušky v neutrální solné mlze nátěru Viton KG 11 (D)**Obrázek 35 - Vzorek D4 - 0 h (vlevo), 336 h (uprostřed), koroze v okolí řezu (vpravo)****Tabulka 42 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek D4**

Prorezavění	Koroze	Delaminace	Stupeň koroze v řezu	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
Ri 4	V řezu, pod nátěrem	0	0,29	-	336

**Obrázek 36 - Vzorek D5 - 0 h (vlevo), 336 h (uprostřed), koroze v okolí řezu**

Tabulka 43 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek D5

Prorezavění	Koroze	Delaminace	Stupeň koroze v řezu	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
Ri 4	V řezu, pod nátěrem	0	0,21	-	336

**Obrázek 37 - Vzorek D2 - 0 h (vlevo), 336 h (vpravo)****Tabulka 44 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek D2**

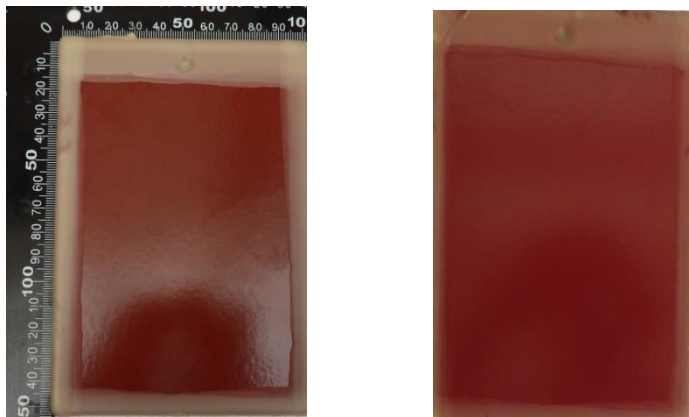
Prorezavění	Koroze	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
Ri 4	Pod nátěrem	-	336

Vyhodnocení zkoušky NSS na vzorcích skupiny D:

Na vzorcích skupiny D nastalo během expozice bodové prorezavění. K puchýřkování nedošlo.

6.4.2. Kondenzační zkouška (5.2)

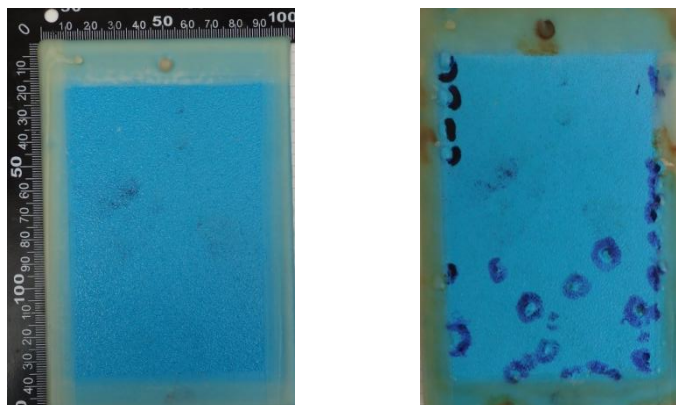
Kondenzační zkouška probíhala na Fakultě Strojní ČVUT v Praze současně se zkouškou v solné mlze na 2 vzorcích z každé nátěrové hmoty. Při zkoušce konstantní kondenzací se budou vyhodnocovat parametry puchýřkování a prorezavění. V případě podobností ve výsledcích zkoušky zde nebudou uvedeny všechny vzorky. Celková fotodokumentace z průběhu zkoušky je uvedena v Příloze B.



Obrázek 38 - Vzorek A - 0 h (vlevo), 336 h (vpravo)

Vyhodnocení kondenzační zkoušky na vzorcích A a A3:

Na těchto vzorcích nedošlo k žádným viditelným korozním defektům ani puchýřkování.



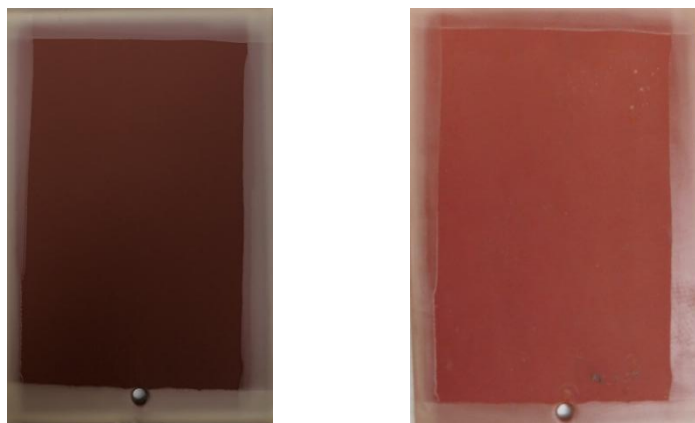
Obrázek 39 - Vzorek B4 - 0 h (vlevo), 336 h (vpravo)

Tabulka 45 – Kondenzační zkouška: Vzorek B4

Prorezavění	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
Ri 5	3-3 (S5)	336

Vyhodnocení kondenzační zkoušky na vzorcích B4 a B7:

U vzorků B4 a B7 došlo působením vlhkosti k výraznému puchýřkování a následného prorezavění podkladu, jak prokázala odtrhová zkouška (6.3.2) provedená na těchto vzorcích.



Obrázek 40 - Vzorek C - 0 h (vlevo), 336 h (vpravo)

Tabulka 46 – Kondenzační zkouška: Vzorek C

Prorezavění	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
Ri 3	-	336



Obrázek 41 - Vzorek D - 0 h (vlevo), 336 h (vpravo)

Tabulka 47 – Kondenzační zkouška: Vzorek D

Prorezavění	Puchýřkování	Doba expozice [hod]
Ri 0	-	336

Vyhodnocení kondenzační zkoušky na vzorcích skupiny C a D:

Na vzorcích skupiny C bylo po ukončení kondenzační zkoušky možné pozorovat mírné prorezavění v důsledku působení vlhkosti. Vzorky skupiny D nevykazovali žádné korozní defekty. K puchýřkování nedošlo ani u jednoho vzorku s těmito nátěry.

6.5. Odstraňování nátěrů

Na kruhových vzorcích o průměru 105 mm a tloušťce 2 mm proběhlo zkoušení náročnosti odstraňování nátěrů chemickými a mechanickými prostředky, konkrétně odstraňovačem starých nátěrů Colorlak P07 a následným mechanickým oškrabáním. Byl použit postup doporučený výrobcem.



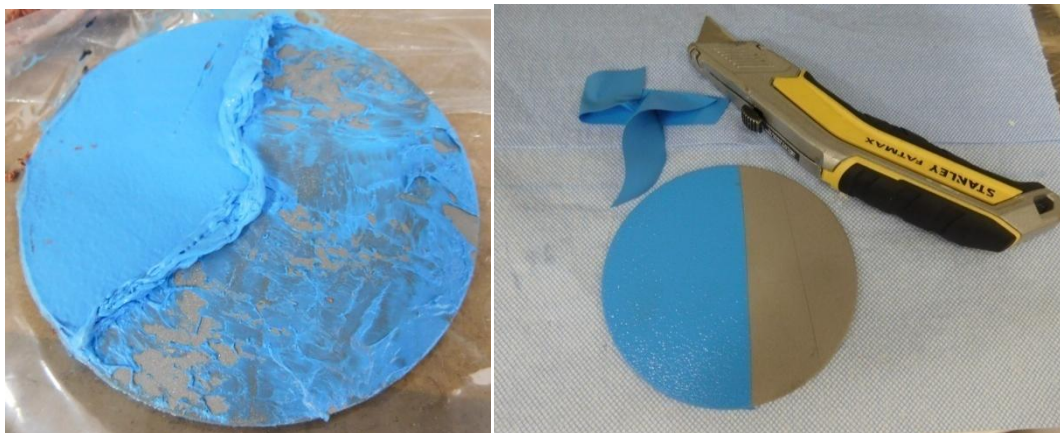
Obrázek 42 - Odstraňovač starých nátěrů Colorlak P07



Obrázek 43 - Odstraňování nátěru Intergard 269 (A)

Vyhodnocení odstraňování nátěru Intergard 269 (A) použitím chemického odstraňovače a následného mechanického oškrabání:

Intergard 269 (A) se prokázal jako velmi odolný nátěr pro odstraňování běžnými prostředky. Pro jeho odstranění bylo potřebné dlouhé působení odstraňovače a náročné mechanické opracování. Další nevýhodou jsou částičky povlaku ulpělé v kontuře povrchu vzorku, kterých odstranění by zřejmě vyžadovalo další čištění, například tryskání.



Obrázek 44 - Odstraňování Anti-Rust (B) - chemický odstraňovač (vlevo), nařezání a mechanické strhnutí (vpravo)

Vyhodnocení odstraňování nátěru Anti-Rust (B) použitím chemického odstraňovače a následného mechanického oškrabání a nařezáním a mechanickým stáhnutím:

Jak lze pozorovat z Obrázku ..., došlo po nanesení chemického odstraňovače nátěrů k naleptání nátěru Anti-Rust a výrazné zvýšení náročnosti odstraňování nátěru. Velkou výhodou tohoto nátěru je, že je navržen s ohledem na jednoduchost jeho odstranění z chráněného povrchu. Na Obrázku ... je ukázka odlupování nátěru po nařezání, nechávajíc čistý kovový povrch podkladu.

Vyhodnocení odstraňování nátěrů KG 11 (D) a KG 22 (C) použitím chemického odstraňovače a následného mechanického oškrabání:



Obrázek 45 - Odstraňování KG 22 (C)

Vyhodnocení odstraňování nátěru KG 22 (C) použitím chemického odstraňovače a následného mechanického oškrabání:

KG 11 nevyžadoval pro své odstranění dlouhé působení odstraňovače, avšak se zde, podobně jako u barvy Intergard 269 (A), vyskytují částičky nátěry ulpělé v kontuře povrchu.



Obrázek 46 - Odstraňování KG 11 (D)

Vyhodnocení odstraňování nátěru KG 11 (D) použitím chemického odstraňovače a následného mechanického oškrabání:

Nátěr KG 11 lze hodnotit stejně jako KG 22 v předcházejícím bodě.

6.6. Technicko-ekonomické zhodnocení

Při volbě korozní ochrany skladovaných a převážených výrobků je jedním z nejdůležitějších kritérií cena. Dle ceny je následně cílem každé společnosti najít to nejefektivnější uspokojení svých potřeb s ohledem na technická kritéria, jako jsou například vydatnost nátěru a maximální doba ochrany, a dalších vlastností jako ekologičnost a estetičnost. Cílem technicko-ekonomického zhodnocení je stanovení ceny nátěru na 1 m² povrchu.

Tabulka 48 - Cena za litr použitých produktů

Produkt		Účel	Cena (bez DPH) [Kč.l ⁻¹]
Intergard 269	Část A	Nátěrová hmota	267,44
	Část B	Tužidlo	
Anti-Rust		Nátěrová hmota	798,56
KG 11		Nátěrová hmota	102,2
KG 22		Nátěrová hmota	78,08
KT 01		Ředidlo	80,00

Poznámka: Cena Intergard 269 je včetně poštovního (13 €) přepočtena z eur dle kurzu ČNB kde dni 4.8.2017 (1€ = 25,965 Kč). V ceně Anti-Rust je započteno poštovné (19 Ł) a cena je přepočtena dle kurzu ČNB ke dni 4.8.2017 (1Ł = 28,746 Kč).

Jelikož Intergard 269 a KG 11 jsou dvousložkové nátěrové hmoty, je nutné brát v úvahu jejich jednotkovou cenu (Kč.l⁻¹) ve zředěném stavu. V případě Intergard 269 tento výpočet není potřebný, protože jeho cena se udává pro obě složky společně a odpovídá ceně za jednotkové množství zředěného nátěru. Z tohoto důvodu je nutné přepočítávat jenom cenu zředěného nátěru KG 11/ KT 01.

Tabulka 49 - Cena za kilogram směsi KG11/KT 01

Složka	Účel	Množství [l]	Cena bez DPH [Kč]
KG 11	Nátěrová hmota	1,00	102,2
KT 01	Ředidlo	0,07	5,6
Σ		1,07	107,8
Cena za 1 l = 100,75 Kč			

Následuje porovnání jednotlivých zředěných nebo nezředěných nátěrů v závislosti od ceny a vydatnosti.

Tabulka 50 - Cena za m² nátěru

Nátěrová hmota	Cena bez DPH[Kč.l ⁻¹]	Teoretická vydatnost při doporučené tloušťce nátěru [m ² .l ⁻¹]	Cena nátěru [Kč.m ⁻²]
Intergard 269	267,44	11,8	22,66
Anti-Rust	798,56	5	159,71
KG11/KT 01	100,75	12,3	8,20
KG 22	78,08	9	8,68

Vyhodnocení porovnání:

Z tohoto porovnání vychází nejhůř barva Protectapeel Anti-Rust, avšak tento stav je následkem rozdílné hodnoty tloušťky nátěru uvedené výrobcem při teoretické vydatnosti v technickém listu. Jelikož je u nátěru Anti-Rust uvedená vydatnost při DFT 100 μm a u ostatních barev DFT 40 μm, je možno předpokládat, že rozdíly v jednotkové ceně za m² by při stejné DFT by nebyly tak drastické.

Dále je však nutné podotknout, že na celkové ceně za nátěr se výrazně podílí i další parametry, které je třeba brát v úvahu. Jedny z nejdůležitějších jsou zcela jistě náklady na stroje nevyhnutné pro přípravu, aplikaci a odstraňování nátěrových hmot s dostatečnou kapacitou pro celou výrobu a náklady na jejich provoz. Dalšími faktory jsou náklady na likvidaci odpadu, nároky na bezpečnost práce, údržba a podobně. Proto je nutné průmyslové výrobě tyto parametry pečlivě zvážit.

6.6.1. Vícekriteriální porovnání

Pro vícekriteriální porovnání jednotlivým produktům byly dle výsledků korozních zkoušek a zkoušek přilnavosti přiděleny hodnocení jednotlivých kritérií ve stupnici 1 až 10 a váha jednotlivým kritériím ve stupnici 1 až 5.

Tabulka 51 – Hodnocení kritérií pro jednotlivé produkty na základě provedených zkoušek

Kritérium	Intergard 269	Anti-Rust	KG 11	KG 22
Cena bez DPH [Kč.l ⁻¹]	6	3	9	10
Vydatnost [m ² .l ⁻¹]	10	5	10	8
Solná mlha	10	6	6	2
Kondenzace	10	5	9	7
Přilnavost	10	4	8	6
Odstanění	3	10	4	4
Celkem	49	33	48	37

Tabulka 52 – Přidělení váhy kritérií

Kritérium	Váha	Intergard 269	Anti-Rust	KG 11	KG 22
Cena bez DPH [Kč.l ⁻¹]	5	30	15	45	50
Vydatnost [m ² .l ⁻¹]	4	40	20	40	32
Solná mlha	4	40	24	24	8
Kondenzace	4	40	20	36	28
Přilnavost	3	30	12	24	18
Odstanění	3	9	30	12	12
Celkem		189	121	181	148
Pořadí		1	4	2	3

Vyhodnocení vícekriteriálního porovnání:

Po provedení vícekriteriálního porovnání na základě provedených zkoušek a měření je možné považovat Intergard 269 za nejvýhodnější nátěrovou hmotu, zejména kvůli její funkčním vlastnostem. Naopak nejhorší zkoušenou nátěrovou hmotou dle těchto kritérií byla Anti-Rust. Tento výsledek do značné míry zapříčinila cena poštovního a výsledky korozních zkoušek, po kterých se prokázalo značné prorezavění podkladu.

7. Závěr

V rešeršní části této bakalářské práce bylo cílem obeznámení se s problematikou dočasné protikorozní ochrany, která je zejména využívána během přepravy a skladování kovových součástí, aby se zamezilo jejich znehodnocení korozními produkty a možnostmi jejího provedení. Jelikož se tato práce zabývá dočasnou ochranou nátěrovými hmotami, byl zpracován přehled nátěrů od různých světových výrobců. Nutno však zmínit velmi malou dostupnost dočasných protikorozních nátěrů na středoevropském trhu.

Hlavním cílem experimentální části následně bylo porovnání ochranných vlastností vybraných nátěrových hmot prostřednictvím zkoušek v umělých atmosférách, konkrétně byly provedeny zkouška neutrální solnou mlhou NSS a zkouška konstantní kondenzací CH. Pro tyto zkoušky byly vybrány 4 nátěry, které byly aplikovány různými metodami s různou tloušťkou suchého filmu. Dle fotodokumentace a dosažených výsledků uvedených v předchozích kapitolách lze považovat cíle práce za splněné. Nejlepší ochranné vlastnosti v obou zkouškách jednoznačně prokázal nátěr Intergard 269 od společnosti Akzo Nobel, na kterém se po celou dobu expozice, s výjimkou vzorků opatřených umělým řezem, neobjevili žádné korozní produkty. Nátěr KG 11 od společnosti Viton také jevil uspokojivé funkční vlastnosti. Nutno však podotknout, že tento nátěr není výrobcem kategorizován jako dočasný. Naopak na dočasném nátěru KG 22 od společnosti Viton bylo možné pozorovat rozsáhlou degradaci už po 24 hodinách expozice v NSS a po 72 hodinách v kondenzační komoře. Tyto jevy mohli být ovlivněny nedostatečnou tloušťkou povlaku, jelikož byla máčením nanášena jen jedna vrstva. Proto možno předpokládat vyšší ochrannou schopnost nátěru KG 22 při nanesení více vrstev barvy, avšak tento nátěr se nejeví jako účinný pro dočasnou protikorozní ochranu v atmosférách se zvýšenou korozní agresivitou. Nátěrová hmota Anti-Rust od společnosti Protectapeel vykazovala značně nízkou odolnost vůči vlhkosti, když se po 24 hodinách v kondenzační komoře začali tvořit puchýřky. Puchýřkování bylo na tomto nátěru v menší míře viditelné i při zkoušce NSS. Dosažené výsledky u tohoto nátěru však můžou být zkresleny z důvodu nesprávného způsobu nanášení, kdy bylo pro aplikaci použité vzduchové stříkání místo bezvzduchého doporučeného výrobcem v technickém listu, co mohlo způsobit zvýšenou perezitu povlaku.

Jedním z nejdůležitějších faktorů pro kvalitu dočasné protikorozní ochrany je náročnost pro její odstranění. V rámci této práce byla zkoušena náročnost odstranění nátěru mechanickými prostředky a chemickým odstraňovačem. Zde dosáhla nejlepších výsledků nátěrová hmota Anti-Rust. Při odstraňování zbylých nátěrů ulpívaly částičky povlaku v kontuře povrchu. Jejich odstranění lze pravděpodobně provést ponorem do lázně s účinnějším odstraňovačem a následným očištěním stlačenou vodou, co je výhodné i pro čištění větších součástí. V praxi však nemusí být odstranění těchto nátěrů potřebné, jelikož je možné je využít jako základní popřípadě spojovací nátěr.

Provedené odtrhové zkoušky neprokázali výrazné rozdíly v odtrhové pevnosti před a po expozici ve zkušebních komorách u nátěrové hmoty Intergard 269. Z důvodu nízké

tloušťky povlaku KG 22 nemusí být výsledky zkoušek přilnavosti zcela přesné, avšak dle změny typu lomu lze předpokládat sníženou přilnavost KG 22 po vystavení korozním zkouškám. Zkoušky u nátěru KG 22 prokázali výrazný pokles odtahové pevnosti, u nátěru Anti-Rust naopak nárůst, který může být zapříčiněn vytvrzením nátěru po vyjmutí ze zkušební komory.

8. Seznam literatury

- [1] SCHWEITZER, Philip A. *Fundamentals of corrosion: mechanisms, causes, and preventative methods*. Boca Raton, FL: CRC Press, c2010. ISBN 1420067702.
- [2] KNOTKOVÁ, Dagmar a Kateřina KREISLOVÁ. *Korozní agresivita atmosféry a metody predikce atmosférické koroze*. Praha: SVÚOM, c2010. Metody sledování životnosti. ISBN 9788087444030.
- [3] ČSN EN ISO 9223:2012, Koroze kovů a slitin – Korozní agresivita atmosféry – klasifikace, stanovení a odhad
- [4] KREISLOVÁ, Kateřina. *Dočasná protikorozní ochrana: příručka pro uživatele*. Praha: SVÚOM, 2008. ISBN 9788090393318.
- [5] DONOVAN, P. D. *Protection of metals from corrosion in storage and transit*. Chichester: Ellis Horwood, 1986. Ellis Horwood series in corrosion and its prevention.
- [6] BS 1133:1991, Section 6.2, Protection of Metal against Corrosion during Transport and Storage, Temporary Protectives and their Application.
- [7] ISO 6743-8:1987, Lubricants, industrial oils and related products (class L) – Classification – Part 8: Family R (Temporary protection against corrosion).
- [8] SWIDLER, Ronald. *Polymeric peel-off coating compositions and methods of use thereof*. USA. US6124044 A. Uděleno 26.9.2000. Zapsáno 27.10.1995.
- [9] VAN OOIJ, Wim J., Ricole A. EDWARDS a Ashok SABATA. *Metallic coated steel having a siloxane film providing temporary corrosion protection and method therefor*. USA. US 5292549 A. Uděleno 8.3.1994. Zapsáno 23.10.1992.
- [10] ČSN EN ISO 9227:2012, Korozní zkoušky v umělých atmosférách – Zkoušky solnou mlhou.
- [11] ČSN EN ISO 6270-2:2006, Nátěrové hmoty – Stanovení odolnosti proti vlhkosti – Část 2: Postup pro expozici zkušebních vzorků v prostředí kondenzace vody.
- [12] ČSN EN ISO 4628-2:2016, Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu – Část 2: Hodnocení stupně puchýřkování.
- [13] ČSN EN ISO 4628-3:2016, Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu – Část 3: Hodnocení stupně prorezavění.
- [14] ČSN EN ISO 4628-8:2013, Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu – Část 8: Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu nebo jiného umělého defektu.
- [15] ČSN EN ISO 4624:2016, Nátěrové hmoty – Odtrhová zkouška přilnavosti.

- [16] ČSN EN ISO 2409:2013, Nátěrové hmoty – Mřížková zkouška.
- [17] ČSN EN ISO 16276-2:2008, Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – Hodnocení a criteria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku – Část 2: Mřížková zkouška a křížový řez.
- [18] ČSN EN ISO 8501-1:2007, Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků – Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu – Část 1: Stupně zarezavění a stupně přípravy ocelového podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků.
- [19] MOULIS, Tomáš. *Korozní chování nátěrových systémů s Mg částicemi na ocelových podkladech*. Praha, 2016. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Strojní, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Ing. Jan Kudláček, Ph.D.
- [20] BENEŠOVÁ, Jaroslava a Miroslav SVOBODA. *Predikce účinnosti organických povlaků na základě laboratorních zkoušek*. Praha: SVÚOM, c2010. Metody sledování životnosti. ISBN 978-80-87444-06-1.
- [21] SURFSIDE. *Rusted pier support* [online]. In: . [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: http://www.freeimageslive.co.uk/free_stock_image/piersupportsjpg
- [22] THOMAS-MAX MÜLLER/PIXELIO. *The new waterbased corrosion inhibitor can be used for the protection of enclosed spaces*[online]. In: . [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.european-coatings.com/Raw-materials-technologies/Raw-materials/Coatings-additives/Corrosion-protection-of-enclosed-spaces#>
- [23] *Light white rust formed inside large diameter galvanized pipes caused by prolonged period of wetness after galvanizing and slow drying of the shaded sections of the pipes*. [online]. In: . [cit. 2017-05-09]. Dostupné z <http://manual.ingal.com.au/46.php>
- [24] *Severe white rust on a galvanized section of guard rail as a result of rails being tightly nested and stored in wet conditions*[online]. In: . [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <http://manual.ingal.com.au/46.php>

9. Seznam obrázků

Obrázek 1 - Koroze na konstrukci mola [21]	12
Obrázek 2 - Koroze na tlakové nádobě v průmyslné oblasti [22]	12
Obrázek 3 - Bílá rez na galvanický pokoveném ochranném zábradlí [24].....	21
Obrázek 4 - Bílá rez na galvanicky pokovených trubkách velkých průměrů [23]	21
Obrázek 5 - Vyhodnocení mřížkové zkoušky dle ČSN EN ISO 2409 [16,17]	37
Obrázek 6 - Vyhodnocení zkoušky křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2 [17] ...	38
Obrázek 7 - Referenční komparátor (vlevo),Rugotest N° 3 (vpravo).....	39
Obrázek 8 - Drsnoměr Mitutoyo SJ-301.....	39
Obrázek 9 - Tloušťkoměr Elcometer 456	41
Obrázek 10 - Hydraulický odtrhoměr Elcometer 510	41
Obrázek 11 - Odtrhová zkouška před expozicí A1,A2,B1,B3.....	42
Obrázek 12 -Odtrhová zkouška před expozicí C6,C7,D6,D7.....	42
Obrázek 13 – Odtrhová zkouška po expozici A, A3, A5, A6.....	43
Obrázek 14 - Odtrhová zkouška po expozici B2, B4, B5, B7	44
Obrázek 15 - Odtrhová zkouška po expozici C, C1	44
Obrázek 16 - Odtrhová zkouška po expozici D, D1, D2, D3	45
Obrázek 17 - Šablona pro vykonání řezů mřížkové zkoušky a zkoušky křížovým řezem	46
Obrázek 18 - Vzorky A1,A2,B1,B3 po provedení zkoušek adheze	47
Obrázek 19 - Vzorky C6 a C7 po provedení zkoušek adheze	48
Obrázek 20 - Vzorky D6 aD7 po provedení zkoušek adheze.....	48
Obrázek 21 - Vzorky A, A3, A5, A6 po provedení zkoušek adheze po expozici	49
Obrázek 22 - B2, B4, B5, B7 po provedení zkoušek adheze po expozici	50
Obrázek 23 - Vzorky C , C1 po provedení zkoušek adheze po expozici	50
Obrázek 24 - Vzorky D1, D2, D3, D4 po provedení zkoušek adheze po expozici	51
Obrázek 25 - Vzorky A a B v komoře Leibisch S 400 M-TR	52
Obrázek 26 - Komora Leibisch S 400 M-TR	52
Obrázek 27 - Vzorek A4 - 0 h (vlevo), 336 h (uprostřed), koroze v okolí řezu (vpravo)	53
Obrázek 28 - Vzorek A7 - 0 h (vlevo), 336 h (uprostřed), koroze v okolí řezu (vpravo)	53
Obrázek 29 - Vzorek A5 - 0 h (vlevo), 336 h (vpravo)	54
Obrázek 30 - Vzorek B - 0 h (vlevo), 336 h (uprostřed), koroze v okolí řezu (vpravo). 54	
Obrázek 31 - Vzorek B6 - 0 h (vlevo), 336 h (uprostřed), koroze v okolí řezu (vpravo)	55
Obrázek 32 - Vzorek B2 - 0 h (vlevo), 336 h (vpravo)	55
Obrázek 33 - Vzorek C5 - 0 h (vlevo), 336 h (uprostřed), koroze v okolí řezu (vpravo)	56
Obrázek 34 - Vzorek C3 - 0 h (vlevo), 336 h (vpravo)	56
Obrázek 35 - Vzorek D4 - 0 h (vlevo), 336 h (uprostřed), koroze v okolí řezu (vpravo)	57
Obrázek 36 - Vzorek D5 - 0 h (vlevo), 336 h (uprostřed), koroze v okolí řezu	57

Obrázek 37 - Vzorek D2 - 0 h (vlevo), 336 h (vpravo)	58
Obrázek 38 - Vzorek A - 0 h (vlevo), 336 h (vpravo)	59
Obrázek 39 - Vzorek B4 - 0 h (vlevo), 336 h (vpravo)	59
Obrázek 40 - Vzorek C - 0 h (vlevo), 336 h (vpravo)	60
Obrázek 41 - Vzorek D - 0 h (vlevo), 336 h (vpravo)	60
Obrázek 42 - Odstraňovač starých nátěrů Colorlak P07.....	61
Obrázek 43 - Odstraňování nátěru Intergard 269 (A).....	61
Obrázek 44 - Odstraňování Anti-Rust (B) - chemický odstraňovač (vlevo), nařezání a mechanické strhnutí (vpravo)	62
Obrázek 45 - Odstraňování KG 22 (C).....	62
Obrázek 46 - Odstraňování KG 11 (D).....	63

10. Seznam tabulek

Tabulka 1 – Stupně korozní agresivity atmosféry dle ČSN EN ISO 9223 [3]	11
Tabulka 2 – Klasifikace doby ovlhčení dle ČSN EN ISO 9223 [3]	13
Tabulka 3 – Klasifikace dočasných ochranných prostředků dle BS 1133 [6]	15
Tabulka 4a – Klasifikace dočasných ochranných prostředků dle ISO 6743-8 [7]	17
Tabulka 4b - Klasifikace dočasných ochranných prostředků dle ISO 6743-8 [7].....	18
Tabulka 5 – Technické parametry 63GN011G Low Alkali Strippable Coating	23
Tabulka 6 – Technické parametry A Clear	24
Tabulka 7 – Technické parametry SC – 1071.....	24
Tabulka 8 – Technické parametry SC – 1074A-2 Gray Preservation Basecoat.....	25
Tabulka 9 – Technické parametry SC – 1090 Water-Borne Preservation Topcoat.....	25
Tabulka 10 – Technické parametry CorShield VpCI Strippable Coating	27
Tabulka 11 – Technické parametry Multisurface	27
Tabulka 12 – Technické parametry Anti-Rust.....	28
Tabulka 13 – Technické parametry A5490.....	29
Tabulka 14 – Technické parametry Intergard 10220.....	29
Tabulka 15 – Doba zasychání Intergard 10220	30
Tabulka 16 – Technické parametry Intergard 269	30
Tabulka 17 – Doba zasychání Intergard 269	30
Tabulka 18 – Technické parametry KG 11	31
Tabulka 19 – Doba zasychání KG 11	31
Tabulka 20 – Technické parametry KG 22.....	31
Tabulka 21 – Doba zasychání KG 22	31
Tabulka 22 – Zkušební podmínky dle ČSN EN ISO 9227 [10]	33
Tabulka 23 – Prostředí pro kondenzační zkoušku dle ČSN EN ISO 6270-2 [11].....	34
Tabulka 24 – Stupeň prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3 [13].....	35
Tabulka 25 – Klasifikace typu lomu dle ČSN EN ISO 4624 [15].....	37
Tabulka 26 – Průměrné hodnoty drsnosti povrchu tryskaných vzorků	39
Tabulka 27 – Přehled použitých nátěrových hmot, jejich označení a metoda aplikace .	40
Tabulka 28 – Podmínky okolí při aplikaci.....	40
Tabulka 29 – Tloušťky nátěrů změřené tloušťkoměrem Elcometer 456.....	40
Tabulka 30 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky před expozicí.....	42
Tabulka 31 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky po expozici.....	45
Tabulka 32 – Vyhodnocení mřížkové zkoušky a zkoušky křížovým řezem před expozicí v umělých atmosférách	47
Tabulka 33 – Vyhodnocení mřížkové zkoušky a zkoušky křížovým řezem po expozici v umělých atmosférách	49
Tabulka 34 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek A4.....	53
Tabulka 35 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek A7.....	53
Tabulka 36 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek B	54
Tabulka 37 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek B6	55
Tabulka 38 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek B2	55
Tabulka 39 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek B5	55

Tabulka 40 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek C5	56
Tabulka 41 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek C3	57
Tabulka 42 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek D4	57
Tabulka 43 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek D5	58
Tabulka 44 – Zkouška solnou mlhou: Vzorek D2	58
Tabulka 45 – Kondenzační zkouška: Vzorek B4	59
Tabulka 46 – Kondenzační zkouška: Vzorek C	60
Tabulka 47 – Kondenzační zkouška: Vzorek D	60
Tabulka 48 - Cena za litr použitých produktů	63
Tabulka 49 - Cena za kilogram směsi KG11/KT 01	64
Tabulka 50 - Cena za m ² nátěru	64
Tabulka 51 – Hodnocení kritérií pro jednotlivé produkty na základě provedených zkoušek	65
Tabulka 52 – Přidělení váhy kritérií	65

11. Seznam zkratek

DFT	Dry film thickness (tloušťka suchého filmu)
WFT	Wet film thickness (tloušťka mokrého filmu)
VOC	Volatile organic compounds (těkavé organické látky)

12. Seznam jednotek

h	hodina (jednotka času)	1 h = 60 min, 1 h = 3600 s
a	rok (jednotka času)	
min	minuta (jednotka času)	1 min = 60 s
s	sekunda (jednotka času)	
g	gram (jednotka hmotnosti)	1 g = 0,001 kg
kg	kilogram (jednotka hmotnosti)	
m	metr (jednotka délky)	
l	litr (jednotka objemu)	
°C	Celsiův stupeň (jednotka teploty)	
Krebs	jednotka viskozity	
cP	centipoise (jednotka viskozity)	1 cp = 0,001 N.s.m ⁻²
Pa	Pascal (jednotka tlaku)	1 MPa = 10 ⁶ Pa
Kč	Koruna Česká CZK	
€	Euro EUR	
£	Libra GBP	

13. Seznam příloh (přiložené DVD)

Příloha A – Fotodokumentace NSS

Příloha B – Fotodokumentace kondenzační zkoušky

Příloha C – Technické listy

Příloha D – Protokoly z tloušťkoměru Elcometer 456