

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

**Návrh preventivních opatření
degradačních jevů v oblasti povrchových
úprav**

Design of Preventive Measures
for Degradation Phenomena in Surface
Treatment

Student:

Michael Neuman

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Xenie Ševčíková, Ph.D.

Zadání bakalářské práce

Student: **Michael Neuman**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh preventivních opatření degračních jevů v oblasti povrchových úprav**
Design of Preventive Measures for Degradation Phenomena in Surface Treatment
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Rešerše stávajících poznatků v návaznosti na výrobně průmyslové preference.
2. Specifikace problematiky, vymezení oblasti hodnocení ve spektru povrchových úprav.
3. Šetření degračních změn povrchových úprav, návrh metodiky.
4. Realizace experimentální metodiky kontroly a dokumentace kvality povrchových úprav v návaznosti na výskyt anomálií povlaků.
5. Zhodnocení a závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:


CYRUS, Z., CHOCHOLOUŠEK, J., KRISTOFORY, F. a VÍTEK, J. *Kurz galvanizérů 1*. Učební texty a návody do cvičení, 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1996, 144 s.
STRAUCH, A. *Galvanotechnisches Fachwissen*. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1987, 511s.
PRŮŠEK, J. a kol. *Hodnocení jakosti a účinnosti protikorozních ochranných povrchových úprav strojírenských výrobků*. Praha: SNTL, 1985, 288 s.
BARTL, D. O., MUDROCH, O. *Technologie chemických a elektrochemických povrchových úprav, I. díl*. Praha: SNTL, 1956, 448 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Xenie Ševčíková, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018


Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V práci jsem použil informace z firmy IZOSTAV Industry s. r. o., Ruda nad Moravou, firma s jejich zveřejněním souhlasí.

V Ostravě dne 21. května 2018.



.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. května 2018.



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Michael Neuman

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Hrabenov 285, Ruda nad Moravou, 789 63

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

NEUMAN, M. *Návrh preventivních opatření degradačních jevů v oblasti povrchových úprav*: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2018, 59 s. Vedoucí práce: Ing. Xenie Ševčíková, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá studiem vlivu technologie žárově nanášených zinkových povlaků následně ošetřených krycím nátěrem, metalizací. Budou zkoumány faktory expozice povlakového systému ve venkovním prostředí C3. Práce obsahuje teoretický popis korozních jevů, úprav povrchů před aplikací povlaků, popis anorganických a organických povlaků s vizuálním hodnocením na základě makroskopické dokumentace. Cílem práce je vytvoření katalogu vad, který by jednoznačně dokládal a následně identifikoval druh vady a její příčiny vzniku. Pro experimentální část práce byly dodány vzorky firmou IZOSTAV Industry s. r. o. s vizuálními vadami. Příprava vzorků probíhala v simulovaném režimu degradační zátěže povlakového systému.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

NEUMAN, M. *Design of Preventive Measures for Degradation Phenomena in Surface Treatment*: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2018, 59 p. Thesis head: Ing. Xenie Ševčíková, Ph.D.

The Bachelor thesis is inquired into study of influence of technology of zinc dipped coating afterwards treated with covering painting, metalization. The factors of expositions of coating systems in outer environment C3 will be analyzed. The thesis contains theoretical description of corrosion effects, adjustments of surfaces before coating application, description of anorganic and organic coating with visual valuation based on macroscopic documentation. The objective of this thesis is creation of defect catalogue, which would make conclusive evidence and consequently identify type of defect and source of its origin. For experimental part of the thesis samples with visual defects by IZOSTAV Industry s. r. o. were supplied. The preparation of sample taked place in simulated regime of degradation load of coating system.

Obsah

ÚVOD.....	9
1 POPIS TECHNOLOGIÍ POVRCHOVÝCH ÚPRAV PROVOZOVANÝCH FIRMOU IZOSTAV Industry s. r. o.	10
2 PROBLEMATIKA KOROZNÍCH JEVŮ.....	11
2.1 Rozdělení koroze.....	12
2.1.1 Chemická koroze.....	12
2.1.2 Elektrochemická koroze.....	12
2.1.3 Rovnoměrná koroze	13
2.1.4 Nerovnoměrná a skvrnitá koroze	13
2.1.5 Štěrbinová koroze.....	14
2.1.6 Nítková koroze	14
2.1.7 Mezikrystalová koroze	14
2.1.8 Důlková koroze	15
2.1.9 Bodová koroze.....	15
3 POVRCHOVÉ ÚPRAVY KOVŮ.....	16
3.1 Rozdělení povrchových úprav.....	16
3.2 Zásady pro volbu povrchových úprav	16
4 ÚPRAVY POVRCHU PŘED APLIKACÍ POVLAKU	17
4.1 Mechanické úpravy povrchu	17
4.1.1 Tryskání.....	17
4.1.2 Materiály vhodné pro tryskání	19
4.2 Chemické úpravy povrchu	21
5 KOROZNÍ PROSTŘEDÍ.....	22
5.1 Stupně korozní agresivity atmosféry.....	22
5.2 Stupně korozní agresivity vody a půdy	22
6 SPECIFIKACE POVLAKŮ.....	23
6.1 Anorganické povlaky	23

6.1.1	Kovové povlaky	23
6.1.2	Kovové povlaky žárově stříkané (metalizace neboli šopování).....	23
6.1.3	Žárové ponorové povlaky.....	25
6.1.4	Povlaky vytvořené difúzně.....	25
6.2	Organické povlaky	25
6.2.1	Nátěrové hmoty a nátěry	26
6.2.2	Složení nátěrových hmot.....	26
6.2.3	Označení nátěrových hmot.....	27
6.2.4	Nanášení nátěrových hmot	28
6.2.5	Životnost nátěrových systémů.....	29
7	HODNOCENÍ KVALITY POVLAKŮ.....	30
7.1	Hodnocení kovových povlaků.....	30
7.2	Hodnocení kvality organických povlaků.....	30
7.3	Přilnavost nátěrů.....	31
7.4	Měření tloušťky povlaků	31
8	POPIS EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ	32
8.1	Popis vzorků.....	32
8.2	Příprava vzorků před aplikací povlaku.....	32
8.3	Aplikace povlaku.....	32
8.4	Makroskopická dokumentace vzorků a degradačních projevů	34
9	MAKROSKOPICKÁ DOKUMENTACE.....	35
9.1	Rozdělení a popis vzorků	35
9.2	Vzorek č. 0 – tryskání na stupeň čistoty Sa 2,5.....	36
9.3	Vzorek č. 1 – tryskání na stupeň čistoty Sa 3.....	37
9.4	Vzorek č. 2 – elektro – oblouková metalizace	38
9.5	Vzorek č. 3 – metalizace plamenovým zařízením.....	39
9.6	Vzorek č. 4 – správně zhotovený vzorek	40
9.7	Vzorek č. 5 – metalizování na zkorodovaný povrch.....	41

9.8 Vzorek č. 6 – puchýře	42
9.9 Vzorek č. 7 – podtekliny a kapky.....	43
9.10 Vzorek č. 8 – nerovnoměrná struktura	44
9.11 Vzorek č. 9 – znečištěný povrch mechanickými částicemi.....	45
9.12 Vzorek č. 10 – znečištěný povrch provozními mastnotami	46
9.13 Vzorek č. 11	47
9.14 Vzorek č. 12 – nerovnoměrný nástřik nátěru	48
9.15 Vzorek č. 13 – nadměrná tloušťka nátěru	49
9.16 Vzorek č. 14	50
9.17 Vzorek č. 15	51
ZÁVĚR	52
SEZNAM PRAMENŮ A POUŽITÉ LITERATURY	55
SEZNAM OBRÁZKŮ	57
SEZNAM TABULEK	59

ÚVOD

Povrchové úpravy jsou prováděny převážně za účelem ochrany proti korozi, ale také z hlediska vzhledu výrobku. Ve vývoji povrchových úprav dochází ke značnému posunu. Povlaky se dělí na organické a anorganické. Nejčastěji se používají organické povlaky s ohledem na jejich snadnou aplikaci v různých podmínkách, a to jak s nízkou, tak také extrémní zátěží korozní agresivity. Jejich aplikace je vhodná a realizovaná pro díly velkých rozměrů, které je obtížné povrchově upravovat jinými technologiemi např. elektrochemicky. Zásadní pro volbu této technologie povrchových úprav je hospodárnost provozované technologie, dále snadné aplikace, dostupnost a dekorativní vlastnosti. Organické povlaky se volí podle toho, v jak agresivním prostředí se předměty nebo stroje budou nacházet. Pro venkovní prostředí se využívá kvalitnějších povlaků.

Kvalitního povlaku dosáhneme, pokud zajistíme vhodné podmínky k aplikaci. Do těchto podmínek patří přílnavost povlaku k povrchu, drsnost, čistota povrchu a teplota okolí při aplikaci. Ne vždy se podaří vhodné podmínky zajistit, tak se po určité době začnou projevovat vady a povlak postupně zcela degraduje.

Cílem bakalářské práce je zpracování katalogu vad pro firmu IZOSTAV Industry s. r. o., podle kterého lze jednoznačně identifikovat o jakou vadu povlaku se jedná a její příčiny vzniku.

Společnost IZOSTAV Industry s. r. o. byla založena v roce 2017 a od samého začátku se zabývá protipožární ochranou stavebních konstrukcí před účinky požáru a antikorozi ochranou ocelových konstrukcí s dlouhodobým účinkem antikorozi ochrany. Od roku 2018 se firma spojila s podnikem Cirmon s. r. o., který se soustředí na zámečnickou výrobu mostových dilatačních závěr a ložisek. Tyto výrobky jsou posílány do firmy IZOSTAV Industry s. r. o., kde jsou prováděny kompletní povrchové úpravy. Práce firmy jsou prováděny po celém území ČR, ale také v areálu v Kropáčově Vrutici nedaleko Mladé Boleslavi.

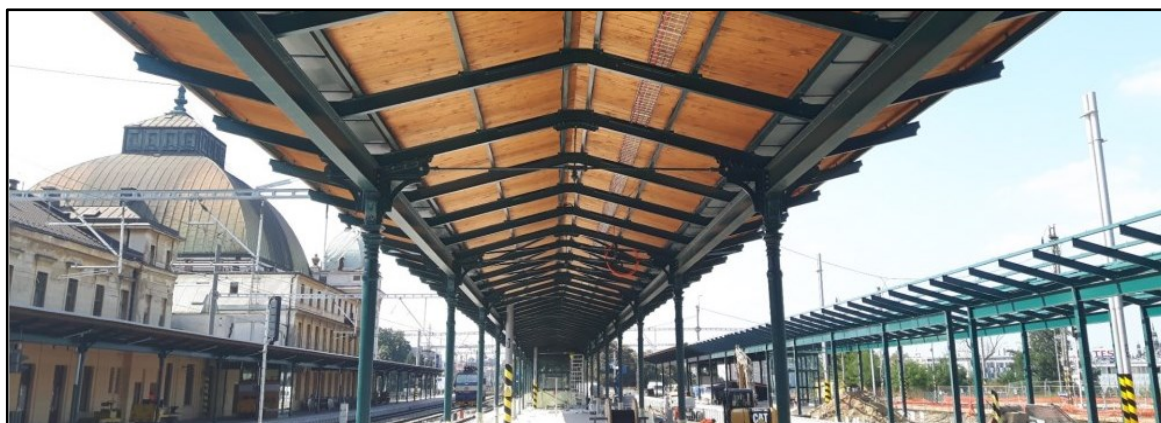
Společnost v dnešní době investuje do rozvoje výroby, byl vybudován nový tryskací box se šnekovým dopravníkem tryskacího média. Box je vhodný zejména pro velkoplošné a velkotonážní díly. Další investicí byl mostový jeřáb, který má nosnost až 5 tun. Do budoucna firma postaví halu, která bude sloužit jako sklad materiálu a uvažuje o realizaci průběžného tryskacího zařízení s válečkovým dopravníkem pro tryskání menších kovových dílů.

1 POPIS TECHNOLOGIÍ POVRCHOVÝCH ÚPRAV PROVOZOVANÝCH FIRMOU IZOSTAV Industry s. r. o.

Firma se specializuje na aplikaci protipožárních nátěrů (např. Pyrostop Steel, Plamostop P) nebo nástřiků (např. Sibaterm, Terfix, Porfix) na ocelové, železobetonové a dřevěné konstrukce. Dále provádí montáž protipožárních materiálů na ochranu elektrických kabelů včetně systémů protipožárních ucpávek.¹

V areálu firma poskytuje antikorozi ochranu všech druhů ocelových konstrukcí. Antikorozi úpravu provádí ve vytápěných prostorách nebo přímo na stavbách dle požadavků odběratele, pomocí technologií tryskání, metalizování a následným nástřikem. K nanášení firma využívá nátěrové hmoty od certifikovaných dodavatelů (např. HEMPEL, Rokospol, International).¹

Provozovna byla vybavena potřebnou mechanizací pro manipulaci s ocelovou konstrukcí, mobilním ručním tryskacím zařízením, tryskacím boxem a stříkací vysokotlakou a nízkotlakou technikou.¹



Obrázek 1 – Ocelová konstrukce zhotovená firmou IZOSTAV, hl. nádraží v Plzni¹



Obrázek 2 – Povrchově upravená protihluková stěna, společnosti IZOSTAV¹

2 PROBLEMATIKA KOROZNÍCH JEVŮ

Korozi kovů stanovujeme jako degradaci materiálu, způsobenou chemickým nebo fyzikálním působením prostředí. Jde o působení fyzikálně – chemických dějů, jejichž výsledkem je částečné nebo úplné rozrušení materiálu. Korozi podléhají téměř všechny materiály. Kovy a jejich slitiny, plastické hmoty, keramické, sklovité a silikátové materiály.²

Znehodnocování materiálů v průběhu koroze má negativní dopad na funkční vlastnosti výrobku, jako jsou pevnost, tažnost a vzhled výrobku. S tímto důsledkem dochází ke ztrátě společenské práce, které byla vynaložena na výrobu. Proto poznání zákonů koroze má značný ekonomický význam.¹⁷



Obrázek 3 – Zkorodovaný přípravek s nerezovým šroubem



Obrázek 4 – Příklad praktické koroze na dilatačních závěrech

2.1 Rozdělení koroze

Tabulka 1 – Rozdělení typů koroze²

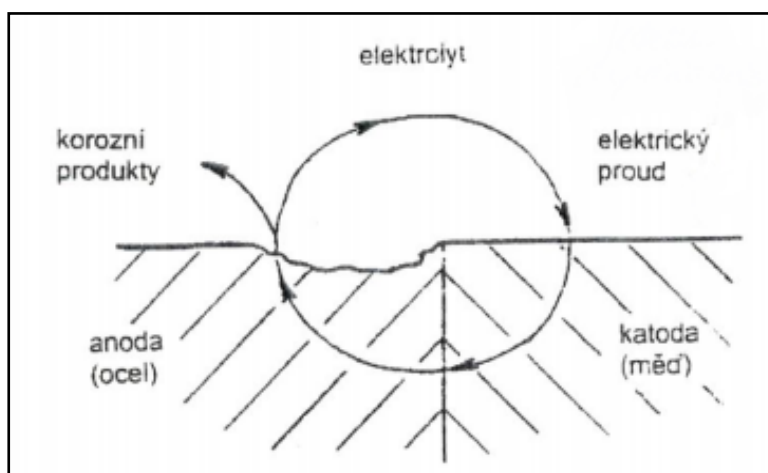
Rozdělení koroze	
Podle mechanismu vzniku	Chemická
	Elektrochemická
Podle vzhledu	Rovnoměrná
	Nerovnoměrná
Podle prostředí	V atmosféře
	Ve vodě
	V plynech
	V půdě

2.1.1 Chemická koroze

Chemická koroze je postupné degradování kovových materiálů vlivem působení vnějšího prostředí. Tohle rozrušení způsobují plyny, vzduch, neelektrolyty jako nafta, benzen. Charakteristickým příkladem chemické koroze je oxidace, při které vzniká vrstva oxidů na povrchu materiálu.²

2.1.2 Elektrochemická koroze

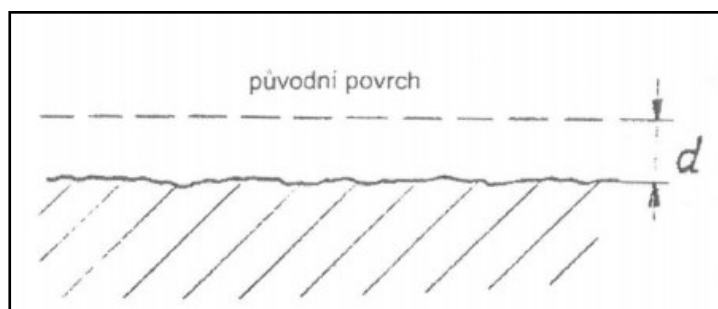
U materiálů, které jsou ve styku s elektricky vodivým prostředím dochází ke korozi. Elektrochemická koroze je charakterizovaná korozním dějem v elektrolytu za vzniku galvanického článku (makročlánku nebo mikročlánku). Anodická reakce (korozní napadení) se soustředí na méně ušlechtilý kov.²



Obrázek 5 – Schéma galvanického článku³

2.1.3 Rovnoměrná koroze

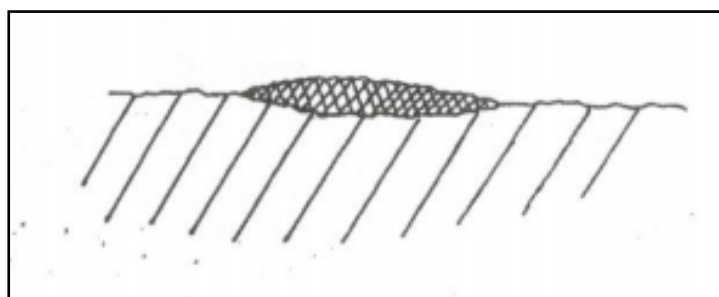
Rovnoměrná koroze je nejznámější korozní napadení velkých ploch kovových povrchů. U tohoto korozního napadení vzniká jak anodický, tak katodický děj stejnoměrně po celé exponované ploše. Tím je způsobeno stejnoměrné rozpouštění kovu po celém povrchu.³



Obrázek 6 – Rovnoměrné korozní napadení (d – korozní úbytek)³

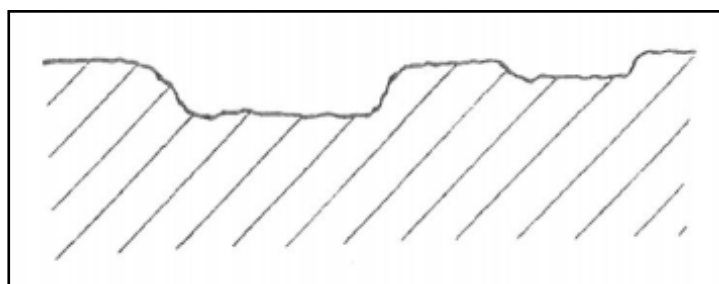
2.1.4 Nerovnoměrná a skvrnitá koroze

Pokud korozní proces probíhá pouze v nízkém počtu míst, tak vznikají důlky nebo skvrny. Zbývající část povrchu kovu přitom není korozně napadena. Pokud je tento druh koroze vystaven koroznímu napadení po delší dobu může přejít v rovnoměrnou korozi.³



Obrázek 7 – Skvrnitá koroze³

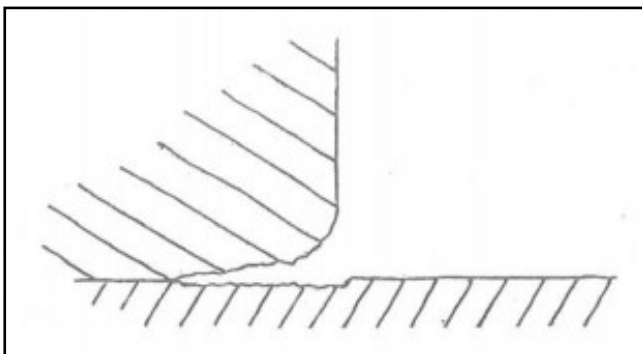
Při rozdílných vlastnostech kovu, různé teplotě, proudění vzduchu prostředí, může být rychlost napadení lokálně rozdílná a vzniká nerovnoměrná koroze.³



Obrázek 8 – Nerovnoměrná koroze³

2.1.5 Štěrbínová koroze

Ke štěrbinové korozi dochází v jemných kapilárních štěrbinách nebo v jiných místech se špatnou výměnou korozního prostředí (např. pod těsněním, ucpávkami apod.).³



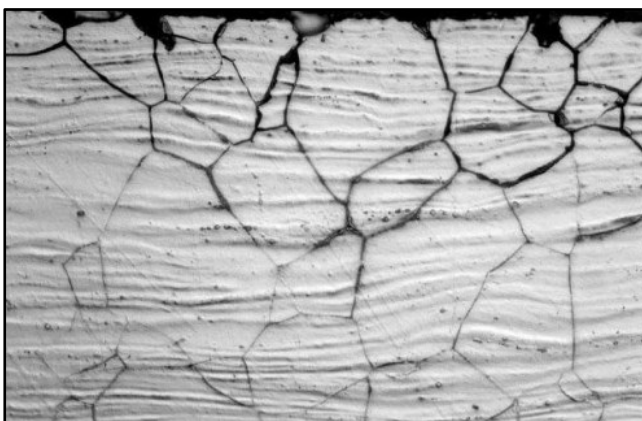
Obrázek 9 – Štěrbínová koroze³

2.1.6 Nitková koroze

Nitková koroze je další druh štěrbinové koroze. Vzniká při expozici ve vlhké atmosféře. Nitkové korozní napadení se nachází především pod organickými povlaky (laky, nátěry a konzervačními prostředky). Může se vyskytovat i pod cínovými, stříbrnými, zlatými a fosfátovými povlaky. Korozní napadení nitkové koroze se jeví jako síťová vlákna nebo nitky, u kterých bývá šířka menší než 2 mm. Často ji najdeme v automobilovém průmyslu nebo v potravinářství (např. u plechovek).³

2.1.7 Mezikrystalová koroze

Při mezikrystalovém korozním napadení není zasažen celý povrch kovu ani jeho části. Napadena je pouze velmi malá oblast při hranicích krystalických zrn. To má za důsledek sníženou odolnost proti koroznímu napadení. Mezikrystalová koroze proniká do značných hloubek, někdy i celým průřezem kovové slitiny, tím materiál ztrácí vlastnosti jako pevnost, houževnatost nebo dojde k rozpadu na jednotlivá zrna.³



Obrázek 10 – Mezikrystalová koroze¹⁸

2.1.8 Důlková koroze

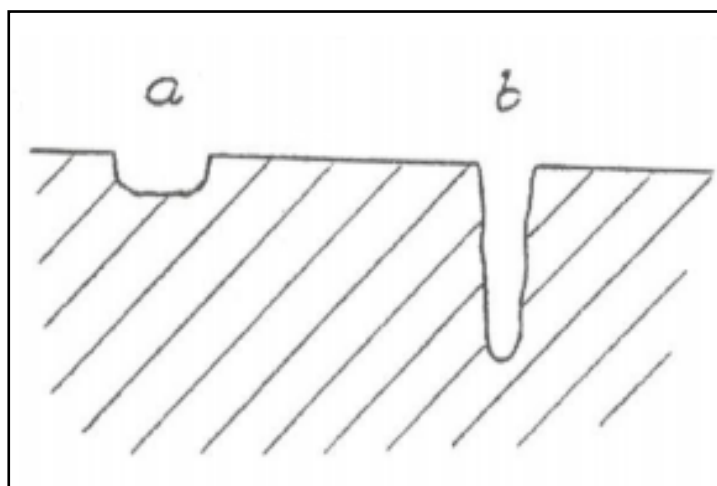
Pokud je na kovovém povrchu místy zvýšená korozní aktivita v závislosti s korozními produkty dochází k důlkové nebo k bodové korozi. Při této korozi je napadena jen malá část povrchu, ale může se stát, že napadení pronikne do značné hloubky povrchu. Korozní napadení se hodnotí jako důlková koroze, když hloubka napadení nepřevyšuje největší průměr důlku. Vhodným příkladem důlkové koroze je rozrušování vnitřního povrchu trubek z uhlíkové oceli. Kdy při výrobě trubek nebyla odstraněna vrstva okují. ³



Obrázek 11 – Detail důlkové koroze ¹⁹

2.1.9 Bodová koroze

O bodové korozi mluvíme tehdy, jestliže je hloubka napadení podstatně větší než průměr. Vyskytuje se u materiálů, na jejichž povrchu vzniká pasivní vrstva. Vzniká u materiálů jako korozivzdorné oceli, hliník a jeho slitiny. Korozní napadení se soustřeďuje do většího či menšího počtu bodů a v těchto bodech vznikají úzké, ale hluboké důlky. ³



Obrázek 12 – Důlková koroze (a), Bodová koroze (b) ³

3 POVRCHOVÉ ÚPRAVY KOVŮ

Povrchové úpravy kovových materiálů využíváme pro zlepšení funkčních vlastností. Jde hlavně o zvýšení korozní odolnosti a prodloužení životnosti materiálu. Další výhodou povrchových úprav je zlepšení mechanických vlastností jako odolnost vůči opotřebení nebo zlepšení třecích vlastností, ale také řešení vzhledu výrobku. Povrchové úpravy jsou stále více žádané.^{2,3}

3.1 Rozdělení povrchových úprav

Tabulka 2 – Rozdělení povrchových úprav²

Rozdělení povrchových úprav		
Podle účelu	Očištění materiálu a předběžné úpravy	
	Úpravy zvyšující korozní odolnost	
	Úpravy zajišťující požadovaný vzhled	
	Úpravy pro dosažení požadovaných funkčních vlastností	
Podle charakteru povrchové vrstvy	Anorganické	Kovové
		Oxidické
		Keramické
		Sklovité
	Organické	Nátěrové
		Plastové
		Konzervační

3.2 Zásady pro volbu povrchových úprav

Při návrhu protikorozních úprav povrchu je důležité uvažovat o všech problémech, které mohou ovlivnit životnost ocelové konstrukce např. vhodnost ochranných metod.³

Pro správnou volbu povrchové úpravy se musí zohlednit agresivita prostředí, očekávaná životnost ocelové konstrukce a protikorozní ochrany, náklady na zhotovení a udržování protikorozní ochrany. Dále ovlivnění prostředí korozními produkty a efektivnost protikorozní ochrany.³

Norma ČSN EN ISO 12944-3 udává, že ocelová konstrukce musí být navržena tak, aby vyloučila předčasnou korozi a degradaci nátěrů nebo konstrukce. Předepisuje tvar konstrukce ke snížení náchylnosti ke korozi.⁴

4 ÚPRAVY POVRCHU PŘED APLIKACÍ POVLAKU

Před aplikací povlaků či nátěrů musí být povrch řádně očištěn a zbaven všech nečistot. Mechanicky vázané nečistoty (mastnoty, prach) se odstraňují odmašťováním a chemicky vázané nečistoty (oxidy, rez, okuje) se odstraňují mechanickými úpravami.²

Předúpravami povrchu docílíme vhodné mikrogeometrie a mikrostruktury povrchu pro kvalitní zakotvení povlaku.

4.1 Mechanické úpravy povrchu

Mechanické úpravy povrchu se používají především pro očištění povrchu, k odstranění okují a k vytvoření podmínek pro zakotvení povlaku. Výhodou těchto úprav je zlepšení mechanických vlastností, zejména zvýšení pevnosti a meze únavy.²

Mezi mechanické úpravy povrchu patří tryskání, otloukání, omílání, broušení, leštění a superfinišování.⁶

4.1.1 Tryskání

Čištění povrchu tryskáním zabezpečuje kvalitní přípravu povrchu pro povlak. Je to nejefektivnější postup při odstraňování nečistot z různorodých povrchů mechanickou cestou. Provádí se pneumatickými tryskacími pistolemi, injektorově, nebo metacími koly. Tryskací materiál je vrhán pod vysokým tlakem proti kovovému povrchu a tím čistí a vytváří vhodné kotvící podmínky pro povlak. Stupeň čištění je nutno zvolit v souladu s požadavky následných ochranných systémů a jejich životnosti.⁶



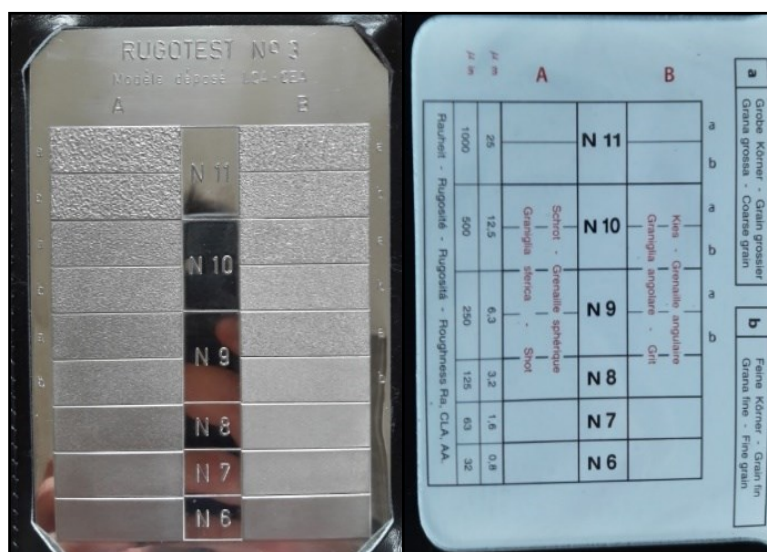
Obrázek 13 – Mobilní injektorové tryskací zařízení⁵

Stupeň přípravy povrchu je pro aplikaci nátěrových systémů a dalších povrchových úprav zásadní. V mnohých případech je předepsána norma ČSN EN ISO 12944-4.

Tabulka 3 – Stupně přípravy povrchu dle normy ČSN EN ISO 12944-4⁶

Stupeň přípravy	Metoda přípravy	Základní znaky povrchu
Sa 1	Tryskání	Jsou odstraněny špatně přilnavé okraje, rez, vrstvy nátěrů a cizí látky.
Sa 2		Je odstraněna většina okrajů, rzi, nátěrů a cizích látek. Ostatní zbytky nečistot musí být pevně přilnavé.
Sa 2,5		Jsou odstraněny okraje, rez, nátěry a cizí látky. Všechny zbylé pozůstatky nečistot musí být pouze stíny ve formě skvrn nebo pásů.
Sa 3		Okraje, rez, nátěry a cizí látky jsou odstraněny. Povrch musí mít kovový vzhled.

Drsnost je jedním z faktorů ovlivňujících správné zakotvení povlaku k základnímu materiálu. Stupeň předpřipraveného povrchu lze stanovit vizuálně nebo lupou podle Rugotestu No 3. Porovnávací systém je rozdělen do 6 stupňů drsnosti N6, N7, N8, N9, N10 a N11, které udávají průměrné hodnoty drsnosti 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5 a 25 μm . Srovnání tryskaného povrchu s Rugotestem by mělo být provedeno v několika místech pro přesnější určení.



Obrázek 14 – Rugotest No 3 (vzorkovnice drsnosti)

4.1.2 Materiály vhodné pro tryskání

Charakteristika předúpravy má základní vliv na přilnavost a v mnohých případech má vliv na konečný vzhled. Tryskací materiály neboli média se volí podle druhu upravovaného povrchu. Nesprávnou volbou tryskacího média může dojít ke snížení korozní odolnosti, ke vzniku degradačních projevů a jako důsledků ke ztrátě přilnavosti. To může vést až k změně vzhledu nebo ke ztrátě sytosti. Další kritéria pro volbu média jsou velikost znečištění, tloušťka a tvar tryskaného materiálu. Např. plech o tloušťce 1 mm se bude tryskat nižším tlakem a jemnějšími zrny, aby nedošlo k jeho znehodnocení, jako např. ke zkroucení.²

Ocelový granulát – je oblé abrazivo, které je velmi odolné s dlouhodobou životností. Vhodné pro tryskání velkých ocelových ploch, čištění odlitků, svarů a pro zvýšení pevnosti povrchové vrstvy.⁷



Obrázek 15 – Ocelový granulát⁷

Ocelová drť – je to ostrohranné abrazivo, využívá se pro odstranění okují, koroze a barvy. Dále je používáno jako příprava před galvanizací, lakováním, smaltováním.⁷



Obrázek 16 – Ocelová drť⁷

Litinový granulát – má zrno kulovitého tvaru. Používá se pro tryskání povrchů, odstraňování koroze, nátěrů a k čištění odlitků.⁷

Litinová drť – ostrohranné abrazivo, které je vyrobené drcením litinového granulátu. Vhodné pro odstraňování starých nátěrů a koroze, někdy se používá na tryskání a řezání kamene.⁷



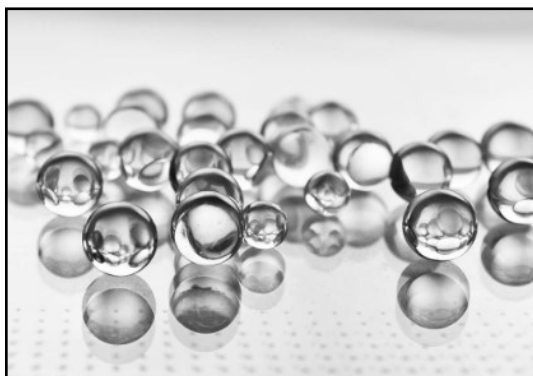
Obrázek 17 – Litinová drť⁸

Sekaný ocelový drát – má vysokou pevnost, je vyroben sekáním ocelového drátu.⁹



Obrázek 18 – Sekaný ocelový drát⁹

Balotina – jsou skleněné mikrokuličky. Využívají se pro vyhlazování a leštění, jak u předúpravy povrchu, tak i pro dokončovací operace.¹⁰



Obrázek 19 – Balotina (skleněné kuličky)¹¹

Korund – hnědý korund má vysokou tuhost a tvrdost. Je používán v tryskacích boxech pro čištění od nečistot, okují a koroze. Korund lze několikrát recyklovat a tím snížit výrobní náklady na tryskání. Má však nevýhodu, zrna se zasekávají do materiálu a tím způsobují znečištění.^{12, 13}



Obrázek 20 – Hnědý korund¹²

Speciální tryskací materiály – keramické kuličky, ořechové skořápky, plastové materiály.

4.2 Chemické úpravy povrchu

Při chemických úpravách povrchu reagují chemická činidla s nečistotami na povrchu materiálu. Mastnoty, v nich zachycený prach, zbytky brusných a leštících past jsou zachyceny na povrchu fyzikálními silami. Tyto mastnoty se odstraňují pomocí odmašťování. Chemicky vázané nečistoty jako produkty koroze, okuje, rez se odstraňují mechanickým čištěním nebo chemickým mořením.²

Mezi chemické úpravy povrchu patří odmašťování, moření a leštění.²



Obrázek 21 – Odmašťovací linka²⁰

5 KOROZNÍ PROSTŘEDÍ

V každém prostředí je odlišná schopnost vyvolávat korozi. Tento jev se nazývá korozní agresivita. Např. korozní napadení u ocelových konstrukcí v blízkosti silnic a dálnic vzniká daleko rychleji. Na konstrukce je rozprašována směs soli a šterku.¹⁴

5.1 Stupně korozní agresivity atmosféry

Správná expozice, volba povlakového systému závisí na agresivitě korozního prostředí. Toto prostředí klasifikuje a dělí do šesti stupňů norma ČSN EN ISO 12944-2. Průběh koroze v atmosféře ovlivňují faktory jako teplota, světlo, množství srážek a také pohyb vzduchu. Nejnepříznivější vliv má kolísání teplot, ale když klesnou hodnoty teploty pod 0 °C, tak se atmosférická koroze zastaví.^{14, 17}

Tabulka 4 – Rozdělení korozní agresivity dle normy ČSN EN ISO 12944-2¹⁴

Klasifikace korozní agresivity atmosféry	
C1	Velmi nízká
C2	Nízká
C3	Střední
C4	Vysoká
C5-I	Velmi vysoká (např. průmyslová)
C5-M	Velmi vysoká (např. přímořská)

5.2 Stupně korozní agresivity vody a půdy

Stupně korozní agresivity pro konstrukce uložené v zemi nebo ponořené ve vodě je obtížné určit, protože koroze je obvykle místní. Ale pro základní ustanovení norma ČSN EN ISO 12944-2 uvádí tři stupně korozní agresivity. V těchto typech prostředí se používá katodová ochrana, která způsobuje omezení koroze.¹⁴

Tabulka 5 – Stupně korozní agresivity¹⁴

Stupeň	Prostředí	Příklady
Im1	Sladká voda	Vodní elektrárny, vodní nádrže
Im2	Mořská nebo poloslaná voda	Ocelové stavby v přístavech, stavidla, mola, plovoucí plošiny
Im3	Půda	V zemi uložené nádrže, potrubí, ocelové piloty

6 SPECIFIKACE POVLAKŮ

K ochranně ocelových výrobků a konstrukcí před korozi využíváme povlaků. Ty se používají především pro dosažení vlastností, které základní kovový materiál nemá. Pokud je povlak správně zhotoven zlepšuje funkční vlastnosti a prodlouží několikanásobně životnost daného výrobku.³

Tabulka 6 – Základní rozdělení povlaků podle materiálů³

Rozdělení povlakování		
Anorganické	Kovové	–
	Nekovové	Konverzní, Smalty, Cementové
Organické	–	Nátěry, Pryžové, Polymerní

6.1 Anorganické povlaky

6.1.1 Kovové povlaky

Ochranný mechanismus kovového povlaku má bariérový účinek. Jestliže je povlakovaný kov vzhledem k povlaku katodou, bude korodovat povlak a základní kov je ochráněn (povlak je obětovanou anodou). Pokud povlakovaný kov je anodou vzhledem k povlaku, je funkce ochrany povlaku pouze bariérová. Často se u kovových povlaků vytváří systémy s několika vrstvami, aby se eliminovala možnost vzniku vady.³

Nejpoužívanější kovové povlaky jsou zinkové, hliníkové, chromové, stříbrné, zlaté a korozivzdorné oceli. Povlaky zinku a jeho slitin se využívají hlavně pro antikorozi ochranu ocelových konstrukcí. Systém Fe/Zn se chová tak, že nejprve dochází ke korozi zinku, čímž je základní materiál chráněn.³

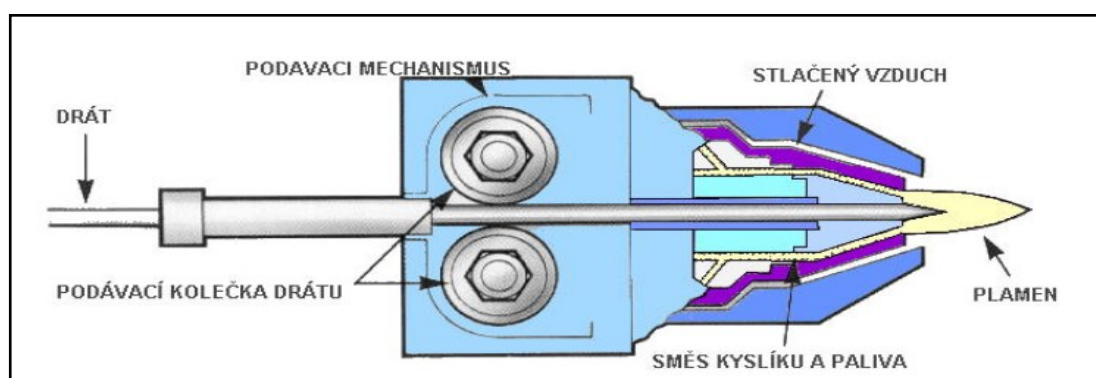
6.1.2 Kovové povlaky žárově stříkané (metalizace neboli šopování)

Tyto povlaky se vytvářejí nástřikem roztavených nebo teplem změkčených kovů na podkladový kov. Jsou používány na oceli a litiny, kde je potřeba dlouhodobé životnosti nad 30 let. Žárově stříkané povlaky obsahují mikroskopické póry a mikrotrhliny. Přílnavost je způsobena mechanickým přilnutím a upevněním částic, ale také jejich ochlazením a smrštěním.³

Kvalita a vlastnosti povlaku jsou ovlivněny trhlinami, výrůstky a tloušťkou vrstvy povlaku. Žárově stříkané povlaky mají vysokou odolnost proti žáru. Metalizovat se dají pouze konstrukce s minimální tloušťkou stěny 3 mm. Povrch nesmí obsahovat ostré hrany, přeplátované spoje a nýtové spoje.³

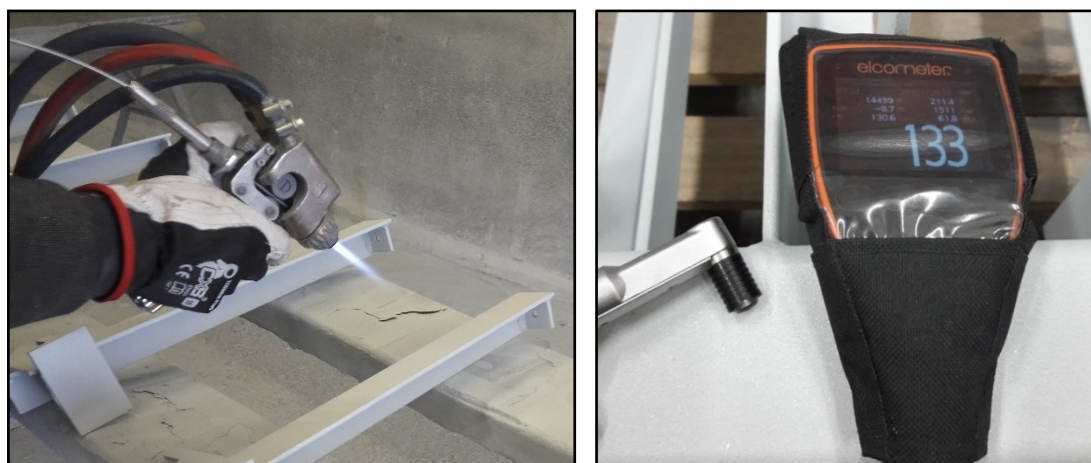
Tloušťky metalizovaných povlaků se určují podle ČSN EN ISO 2063 – Kovové a jiné anorganické povlaky. Kontroly tloušťek se provádí magnetickým tloušťkoměrem.

Před metalizací musí být povrch konstrukce očištěn a zdrsňen. Kotvící profil je 75 – 125 μ m. Požadavky na přípravu povrchu jsou uvedeny v normě ČSN EN ISO 1350. Povrch pro metalizaci by měl splňovat stupeň čištění na Sa 3. Žárově nanášení se provádí různými způsoby (např. plamenem, elektrickým obloukem, plazmou). Dále se rozděluje podle materiálu, který je taven a rozstříkován (z drátů, z kordů, z prášků).³



Obrázek 22 – Schéma trysky plamenového hořáku¹⁵

Povlak musí být aplikovaný na očištěný a suchý povrch. Aplikace musí být uskutečněna co nejdříve po přípravě povrchu. Doba mezi přípravou povrchu a žárovým nástřikem nesmí překročit 4 h. Pro zvýšení životnosti ochranného systému se žárově nanášený povlak utěšňuje nátěrem. Tento nátěr může být organický.³



Obrázek 23 – Plamenová metalizace v praxi a měření tloušťky povlaku

6.1.3 Žárové ponorové povlaky

Povlaky se aplikují ponořením ocelové konstrukce do roztaveného zinku. Vznikají interdifúzními vrstvami železa a zinku. Např. 1. vrstva obsahuje 75 % železa a 25 % zinku. 2. vrstva obsahuje 90 % zinku a 10 % železa. Další vrstva je tvořena 94 % zinku a 6 % železa a poslední vrstva obsahuje 100 % zinku.³

Drsnost, chemické složení a hmotnost dílů ovlivňují konečný vzhled, tloušťku a další vlastnosti zinkového povlaku.³

Povlak nesmí obsahovat viditelné hrudky, puchýře, drsné plochy, nepokovené plochy, zbytky tavidel, kapky a zinkový popel. Povolené jsou rozdílnosti v zinkovém květu a tmavé body. Životnost ponorových zinkových povlaků je úměrná tloušťce povlaku. Např. norma ČSN EN ISO 1461 stanovuje tloušťku povlaku 85μm pro ocel o tloušťce nejméně 6 mm.³

Kovové povlaky se zkouší nedestruktivně (magnetickou nebo elektromagnetickou metodou). Ale můžou se použít i destruktivní metody jako vážková, coulometrická a mikroskopická metoda.³

Lze říci, že korozní odolnost žárových ponorových povlaků je vyšší než u povlaků žárově stříkaných.³

6.1.4 Povlaky vytvořené difúzně

Jsou to termochemické úpravy povrchu jako chromování, zinkování (sherardování), hliníkování (alitace), křemíkování, cementace, karbonitridace a nitridace. Tyhle typy povlaků vznikají difundováním cizího prvku do povrchu výrobku.³

6.2 Organické povlaky

V dnešní době můžeme vidět organické povlaky na většině ocelových konstrukcí. Používají se na mostové konstrukce, mostové závěry nebo i na mostová ložiska. V kombinaci s metalizací zvyšují až několikanásobně životnost daného výrobku. Je to vynikající způsob, jak zabránit korozi. Organické nátěry jsou na bázi nátěrových hmot a plastů. Ocel opatřená organickým nátěrem je nejběžnější a ekonomicky nejvýhodnější způsob ochrany před korozním napadením. Nátěry znemožňují přístup vody k chráněnému kovu a dobře odolávají vlivům vnějšího prostředí. Povlaky musí být bezpórovité, jelikož ochranný nátěr je bariérový.^{2,3}

6.2.1 Nátěrové hmoty a nátěry

Povrchy výrobků chráníme nátěrovými hmotami. Nátěr je vytvrdlý, ucelený povlak složený z jedné nebo i více vrstev (např. základní nátěr, mezivrstva, krycí lak).²

Podle formy pojivové báze dělíme nátěry na asfaltové, polyesterové, silikonové, lihové, akrylové, polyuretanové a epoxidové nátěry.³

Podle účelu dělíme nátěry na ochranné, dekorativní, signální, maskovací a speciální. To jsou nátěry např. elektrovedivého nebo světélkujícího typu.²

6.2.2 Složení nátěrových hmot

Nátěrové hmoty jsou složeny z filmotvorných látek, těkavých složek, pigmentů, plnidel a aditiv.

Nátěrové hmoty se dělí na:

- transparentní – průhledný nátěrový film, je to lak nebo fermež,
- pigmentované – vytváří neprůhledný film, nazývá se email, tmel nebo barva.²

Složení nátěrových hmot:

- **Filmotvorné látky (pojiva)** – jejich hlavní funkcí je vytvořit nátěrový film chemickou reakcí nebo vytěkáním těkavého podílu. Filmotvorné látky ovlivňují konečné vlastnosti povlaku (např. lesk, pružnost nebo přilnavost).⁶

Filmotvorné látky jsou např. vysychavé oleje, přírodní a umělé živice jako epoxidy, deriváty celulózy a kaučuku a asfalty.²

- **Těkavé složky (rozpouštědla)** – využívají se na rozpouštění pojiv při výrobě nátěrových hmot. Dále na úpravu viskozity neboli konzistence v procesu aplikace.²

Těkavé složky jsou např. benzíny, toluén, xylén, alkoholy, ketony, aceton.²

- **Pigmenty** – jsou to látky, které jsou nerozpustné v pojivech a rozpouštědlech. Hlavní funkcí pigmentů je poskytnutí barevného odstínu a kryvosti. Pigmenty zlepšují ochranné vlastnosti nátěrového filmu.⁶

Pigmenty jsou např. suřík, zinkový prach, chroman olovnatý, titanová běloba, grafit a saze.²

- **Plnidla** – se využívají pro zvýšení obsahu sušiny nátěrové hmoty. Vhodně ovlivňují vlastnosti jako odolnost proti hoření nebo usazování pigmentů. Dále zabraňují smrštění nátěrové hmoty po uschnutí. Plnidla jsou rozemleté minerály jako těživec, mastek a křída.^{2,6}
- **Příspěvky (aditiva)** – nátěrové hmoty jsou složeny z různých přísad. Tyto aditiva zlepšují vlastnosti nátěru (např. rozliv, zasychání nebo tvorbu škráloupu).^{2,6}

6.2.3 Označení nátěrových hmot

Nátěrové hmoty se označují podle normy ČSN 67 3067. První písmeno udává druh nátěrové hmoty (tab. 7). Dále následují čtyři číslice, které udávají druh nátěru (tab. 8), na konec se udávají další čtyři číslice, kde první číslo udává tón barvy a druhé číslo udává sytost barvy (tab. 9).²

Tabulka 7 – Písemné značení nátěrových hmot²

Označení	Druh nátěrové hmoty
A	Asfaltové
B	Polyesterové
C	Celulóznové
E	Práškové
H	Chlórkaučukové
K	Silikonové
L	Lihové
O	Olejové
S	Syntetické
U	Polyuretanové
V	Emulzní, vodové
P	Pomocné

Tabulka 8 – Číselné značení nátěrových hmot²

Označení	Druh nátěrové hmoty
1000	Fermeže
2000	Pigmentované
3000	Pasty
4000	Nástříkové hmoty
5000	Tmely
6000	Ředidla
7000	Sušidla, tužidla, katalyzátory
8000	Pomocné přípravky

Např. S 6022 je ředidlo do syntetických nátěrových hmot.²

Tabulka 9 – Barevné odstíny nátěrových hmot²

Označení	Odstín barvy
0000 - 0999	Bez barvy
1000 - 1999	Šedá
2000 - 2999	Hnědá
3000 - 3999	Fialová
4000 - 4999	Modrá
5000 - 5999	Zelená
6000 - 6999	Žlutá
7000 - 7999	Oranžová
8000 - 8999	Červená
9000 - 9999	Ostatní

6.2.4 Nanášení nátěrových hmot

Pro nanášení nátěrových hmot musí očištění povrchu odpovídat stupni čistoty dle ČSN ISO 8501 a drsnosti povrchu podle ČSN ISO 8503. Doba mezi přípravou povrchu a nanášením nátěrových hmot musí být co nejkratší.³

Ne vždy jsou práce prováděny v temperovaných halách, proto je nutné dodržet tyto ustanovení:

- aplikování nátěrů není možné provádět při teplotě nižší než 5 °C,
- nátěry, které jsou vodou ředitelné se nesmí aplikovat pod teplotu 10 °C,
- teplota kovu musí být nejméně 3 °C nad rosným bodem,
- povlaky se nesmí aplikovat na mokrý a orosený povrch.³

Při aplikaci nátěrů musíme věnovat pozornost tam, kde by mohlo dojít ke koroznímu napadení. Kritická místa jsou hrany, nýty, spoje, otvory pro šrouby nebo svary. Povrchy, na kterých se vyskytují svary nebo kapsy je vhodné předetřít. To znamená vytvoření jedné vrstvy navíc. Nebo se předetírají místa, která lakýrník nedokáže nanést.³

Důležitý faktor ovlivňující vzhled a kvalitu povrchu je volba správné technologie nanášení. Pro správnou volbu technologie nanášení musíme zohlednit tyto hlediska:

- počet, tvar a velikost konstrukce,
- požadovanou kvalitu a vzhled nátěru (pórovitost, tloušťku nátěru),
- vlastnosti použitých nátěrových hmot (doba zasychání, tokové vlastnosti),
- k pracnosti a ekonomie nanášení.²

Způsoby nanášení nátěrových hmot:

- nanášení štětcem,
- nanášení válečkem,
- pneumatické stříkání,
- vysokotlaké stříkání,
- nanášení nátěrových hmot v elektrickém poli,
- nanášení máčením,
- nanášení navalováním,
- nanášení práškových hmot,
- elektrochemické nanášení nátěrových hmot.³

6.2.5 Životnost nátěrových systémů

Životnost nátěrového systému je ovlivněna mnoha faktory např.:

- konstrukčním řešením,
- typem nátěru,
- kvalitou připraveného povrchu,
- technologií nanášení nátěru,
- podmínkami při nanášení nátěru,
- kvalitou provedených prací.¹⁶

Životnost je dle normy ČSN EN ISO 12944-5 rozdělena do tří oblastí uvedených v tabulce 10.

Tabulka 10 – Dělení životnosti nátěrových systémů dle normy ČSN EN ISO 12944-5¹⁶

Životnost nátěrových systémů	
Nízká (L)	Odpovídá době mezi 2 až 5 lety
Střední (M)	Pro období 5 až 15 let
Vysoká (H)	Více než 15 let

Některé povlaky mají předepsanou údržbu, aby nedocházelo k vyblednutí, znečištění, rozpraskání nebo jiným důvodům, které postupně rozrušují nátěr. Pro předcházení degradačním projevům musíme provádět údržbu nátěru v ještě kratších intervalech, než je doporučeno.¹⁶

7 HODNOCENÍ KVALITY POVLAKŮ

7.1 Hodnocení kovových povlaků

Metalizovaný povrch se kontroluje vizuálně. Nemusí se zvětšovat a porovnávat s etalony. V povlaku se nesmí vyskytovat trhliny a částice neprotaveného kovu, musí být stejnorodý. Před aplikací dalšího nátěru na povlak se musí dodržet, aby vrstva povlaku byla suchá.³

V zároveň ponorovém povlaku se nesmí nacházet hrudky, kapky, puchýře, ostré výstupky. Nepokovená plocha nesmí překročit 0,5 % plochy pokovovaného dílu. Plocha, kterou je možno opravit nesmí překročit 10 cm². Je povolena přítomnost tmavších nebo světlejších míst. Pokud skladujeme výrobky ve vlhkém prostředí může se objevit bílá koroze. Jsou to korozní produkty zinku. Bílá rez není oprávněným důvodem k reklamaci. Pokud pokovované díly budou dále povlakovány, musí být povrch očištěn od korozních produktů zinku.³

Norma ČSN EN ISO 10 308 uvádí nespojitost povlaku jako póry, trhliny a důlky. Pórovitost se hodnotí jako nepokryté mikroskopické oblasti na podkladovém kovu.

Podle velikosti se póry dělí na:

- makroskopické,
- mikroskopické,
- submikroskopické.³

Existence pórů v povlaku není vždy nežádoucí jev. V chromovém povlaku jsou charakteristické trhlinky. Schopnost odolávat koroznímu napadení kovových povlaků je prakticky podobná korozním vlastnostem kovu, ze kterého je povlak vytvořen.³

7.2 Hodnocení kvality organických povlaků

Při hodnocení nátěrových hmot se kontroluje především rovnoměrnost nanesení povlaku. Ta je důležitá jak z ekonomické stránky, tak i z korozní odolnosti. Dále se hodnotí celistvost nátěru, překrytí hran a množství nečistot v nátěru. Vady jako podtekliny, trhliny, puchýře, praskání nebo odlupování jsou nepřijatelné. Zjištěné vady musí být opraveny.³

7.3 Přílnavost nátěrů

Schopnost povlaku držet s podkladovým materiálem se nazývá přílnavost (adheze). Na pevnosti spojení se podílí síly, které jsou:

- mechanického působení,
- fyzikálního působení,
- chemického působení.³

Povlaky chrání podkladový kov pouze tehdy, jestli mají dobrou přílnavost. Přílnavost se hodnotí jako znak kvality.³

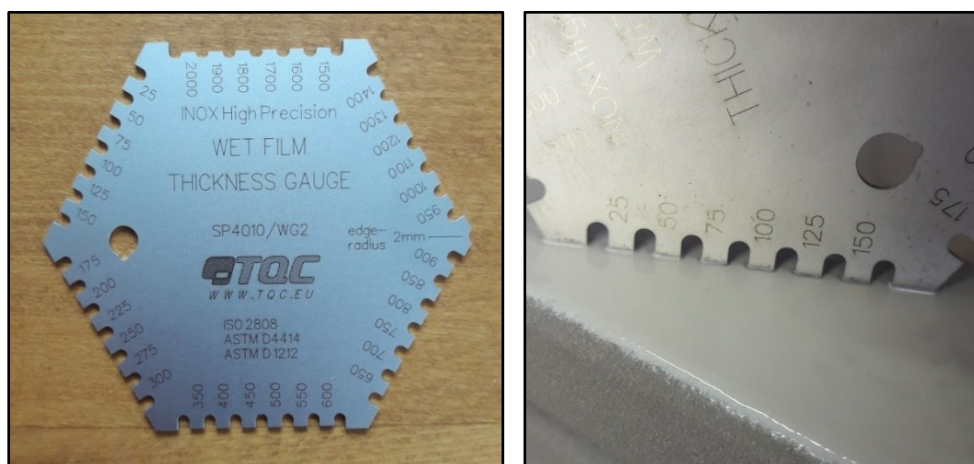
Jak postupovat při zkouškách přílnavosti udává norma ČSN EN ISO 16 276-2. Nejčastěji používaná metoda k určení přílnavosti je mřížková zkouška. Do organického nátěru se provedou řezy, které jsou na sebe kolmé. Dále se na mřížku nalepí lepicí páska a po odtrhnutí se vyhodnotí množství nátěru, které zůstalo přilepené na pásce.³

Při zkoušce přílnavosti křížovým řezem se provede křížový řez v úhlu 30 – 45°. Pro kvalitní nařezání se používá šablona. Přílnavost se vyhodnotí jako u mřížkové metody pomocí lepicí pásky.³

7.4 Měření tloušťky povlaků

Tloušťka nátěru je jedno z nejdůležitějších kritérií, které se v povrchových úpravách měří. Je to vzdálenost mezi povrchem nátěru a povrchem podkladového kovu.³

Tloušťku povlaku nejčastěji měříme, když je nátěr nebo povlak vytvrdlý pomocí elektromagnetického měřáku, ale pro lakýrníka je výhodné změřit tloušťku mokrého povlaku.



Obrázek 24 – Měrka k měření tloušťky mokrého povlaku

8 POPIS EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

8.1 Popis vzorků

K experimentální části bylo připraveno 16 vzorků čtvercového tvaru o rozměrech 150 x 150 mm, vzorky v surovém stavu byly dodány firmou IZOSTAV Industry s. r. o.

Vzorky byly vyrobeny z nelegované konstrukční oceli typu S235JR+N, která je válcovaná za tepla a normalizačně žíhaná. Podle ČSN se tato ocel značí 11 375.

Vzorky byly zhotoveny v systému, který se používá na mostové dilatační závěry nebo mostová ložiska v souladu s předpisem TKP 19 B a očíslovány 0 až 15 kvůli přehlednosti.

8.2 Příprava vzorků před aplikací povlaku

Nejprve byly vzorky nařezány na rozměr 150 x 150 mm, poté se zaoblily hrany a dopravily se do tryskacího boxu, kde byly tryskány ostrohrannou litinou. Vzorek 0 byl jediný tryskán na stupeň čistoty Sa 2,5 a všechny další vzorky byly tryskány na stupeň čistoty Sa 3, který předepisuje norma TKP 19 B vydaná ministerstvem dopravy pro všechny povlaky s žárovým nástřikem kovu.

Tryskání bylo provedeno v tryskacím boxu, kde teplota vzduchu je vždy nad 10 °C a nedocházelo k orosení povrchu oceli.

8.3 Aplikace povlaku

Povlakování probíhalo v simulovaném režimu degrační zátěže. Povrchové úpravy byly aplikované v provozních podmínkách a v temperované hale. Nanášení probíhalo v podmínkách, při kterých docházelo k ulpívání cizorodých částic na povrchu a tyto částice značně ovlivnily kvalitu povlaku.

Po předúpravách povrchů vzorků byly vzorky převezeny k metalizaci, ta byla provedena nejpozději do 4 hodin od zahájení tryskání. Metalizace byla provedena dvěma způsoby, plamenovou metalizací a elektro – obloukovou metalizací. Každá z těchto dvou technologií měla svoje výhody a nevýhody. Tloušťka vrstvy odpovídala 100 µm.

Dále byl na vzorky aplikován systém, který se standardně používá na mostové dilatační závěry po celém území ČR.

Aplikovaný nátěrový systém byl složen ze tří vrstev. Nejprve byla do 4 hodin po metalizaci nanесena v slabé vrstvě penetrace, která měla za úkol vyplnit ty největší nerovnosti metalizovaného povrchu, ale musela zachovat kotvicí profil pro další vrstvu, která se nazývá mezivrstva. Penetrace se nemusela měřit pomocí tloušťkoměru, ale vrstva povlaku by měla odpovídat alespoň 30 μm .

Mezivrstva už byla měřena tloušťkoměrem a byla aplikovaná v tloušťce 160 μm . Poslední vrstva, která byla aplikována byl krycí lak, ten se nanášel v tloušťce 60 μm . Po sečtení těchto hodnot dostaneme nominální tloušťku povlaku, která je 320 μm . Maximální povolená tloušťka je 860 μm a nejmenší je 256 μm .

Aplikované povlaky:

- metalizace – Zinacor 850 Zn/Al 85/15, průměr drátu 3,17 mm,
- penetrace – International Intergard 269 epoxid,
- mezivrstva – International Intergard 475HS epoxid,
- krycí lak – International Interthane 990 SG polyuretan, odstín 7001.

Klimatické podmínky při aplikaci:

- relativní vlhkost – 38 %,
- teplota povrchu – 21,4 °C,
- teplota vzduchu – 21,8 °C,
- teplota rosného bodu – 6,8 °C,
- rozdíl mezi teplotou povrchu a teplotou rosného bodu – 14,6 °C.

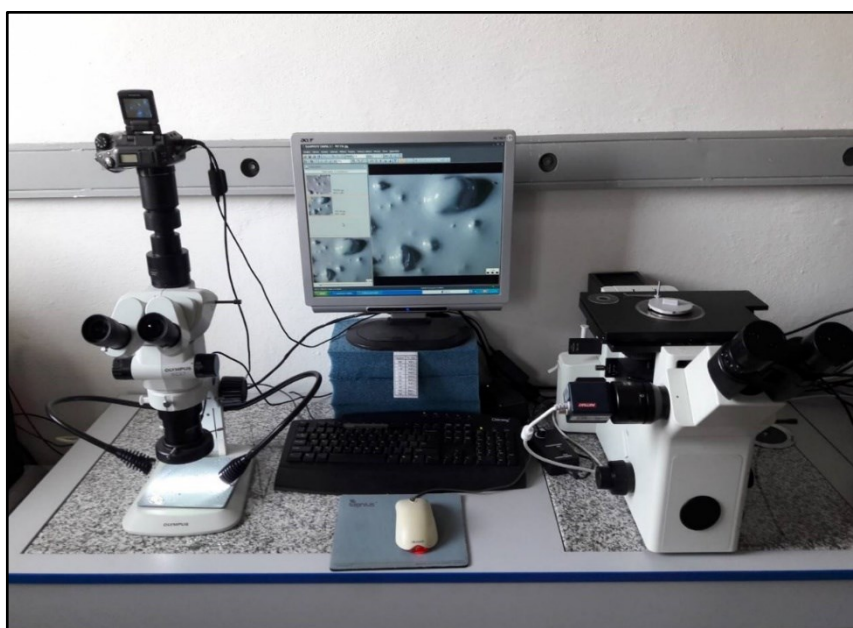


Obrázek 25 – Digitální vlhkoměr (typ G319)

8.4 Makroskopická dokumentace vzorků a degradačních projevů

Vady a degradační projevy byly identifikovány pomocí stereomikroskopu Olympus SZX7 a zdokumentovány fotoaparátem Olympus C – 7070.

Makroskopická dokumentace se prováděla ve dvou zvětšeních. Nejdříve v měřítku 10 x 1 mm a v měřítku 20 x 0,5 mm. Zdokumentování vad nebylo jednoduché, protože krycí lak měl udávaný stupeň lesku jako pololesk. Bylo zapotřebí si u každého vzorku a vady nastavit světlo.



Obrázek 26 – Dokumentování degradačních projevů pomocí stereomikroskopu



Obrázek 27 – Stereomikroskop Olympus SZX7

9 MAKROSKOPICKÁ DOKUMENTACE

9.1 Rozdělení a popis vzorků

Tabulka 11 – Popis vzorků a příčiny vzniku vad

Číslo vzorku	Popis vzorku	Metoda nanášení metalizace	Obrázek
0	Tryskaný základní materiál na stupeň čistoty povrchu Sa 2,5	–	28
1	Tryskaný základní materiál na stupeň čistoty povrchu Sa 3	–	29
2	Elektro – oblouková metalizace	Elektro – oblouková	30
3	Metalizace plamenem	Plamenová	31
4	Správně zhotovený vzorek	Plamenová	32
5	Metalizace byla nanášena na zkorodovaný povrch	Elektro – oblouková	33
6	Na vzorku se vyskytují puchýřky	Plamenová	34
7	Na vzorku se vytvořily podtekliny a kapky	Plamenová	35
8	Na povrchu vzorku vznikla velmi hrbolatá a nerovnoměrná struktura	Plamenová	36
9	Povrch vzorku byl znečištěn mechanickými částicemi	Plamenová	37
10	Povrch vzorku byl znečištěn provozními mastnotami před metalizací	Plamenová	38
11	Povrch vzorku byl zvlhčen před metalizací	Plamenová	39
12	Nerovnoměrný nástřik nátěru	Plamenová	40
13	Na povrch vzorku byla nanášena nadměrná tloušťka nátěru	Plamenová	41
14	Povrch vzorku byl zvlhčen před nanášením nátěru	Plamenová	42
15	Na povrch vzorku bylo nanášeno velké množství zinku a došlo k odlupování šupinek zinku	Elektro – oblouková	43

9.2 Vzorek č. 0 – tryskání na stupeň čistoty Sa 2,5

Povrch vzorku byl tryskaný ostrohrannou litinou na stupeň přípravy povrchu Sa 2,5. Bylo použito mobilní injektorové tryskací zařízení a tryskání bylo provedeno v tryskacím boxu se šnekovým dopravníkem tryskacího média.



Obrázek 28 – Vzorek č. 0, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail

Na povrchu vzorku č. 0 jsou patrné otlaky po tryskacím materiálu, v našem případě po ostrohranné litině, která místy ulpěla v samotném povrchu materiálu. Tryskání na stupeň čistoty Sa 2,5 nepřipravilo povrch důkladně. Proto místy v povrchu zůstaly stopy oxidů a koroze, které tam byly ještě před samotným tryskáním.

9.3 Vzorek č. 1 – tryskání na stupeň čistoty Sa 3

Povrch vzorku byl tryskaný na stupeň přípravy povrchu Sa 3. U tohoto vzorku byla rovněž použita ostrohranná litina. Drsnost povrchu dle Rugotestu No 3 odpovídala stupni BN 9a. Tryskaný povrch na stupeň Sa 3 vykazoval čistý a kovově lesklý povrch. Po tryskání byl povrch vzorku řádně ofoukán.

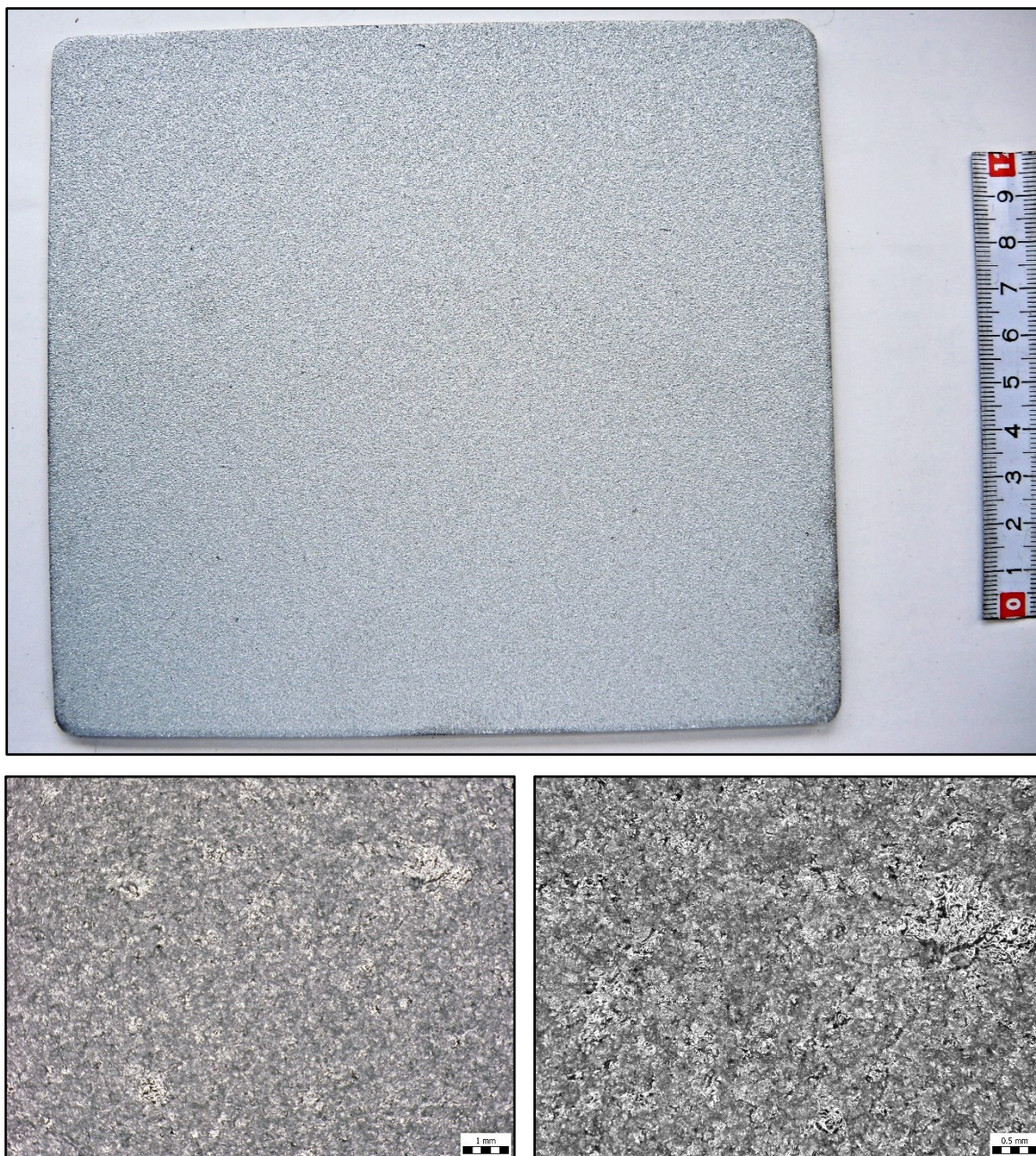


Obrázek 29 – Vzorek č. 1, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail

Lze vidět, že ostrohranná litina zanechávala po sobě na povrchu stopy, avšak jeví se, že nedocházelo k zachycení tryskacího média na samotném povrchu. Povrch vzorku vykazoval velmi ojedinělé stopy oxidů a rzi. Které podle všeho vznikly po tryskání jako blesková koroze.

9.4 Vzorek č. 2 – elektro – oblouková metalizace

Nejprve byl povrch vzorku tryskán na stupeň čistoty Sa 3. Poté byl vytvořen zinkový povlak z drátů zinacor 850, který má poměr zinku a hliníku 85/15. Povlak byl vytvořen pomocí zařízení Thermion, které pracovalo na principu tavení dvou drátů elektrickým obloukem a tlakem vzduchu nanášelo roztavenou slitinu zinku a hliníku.

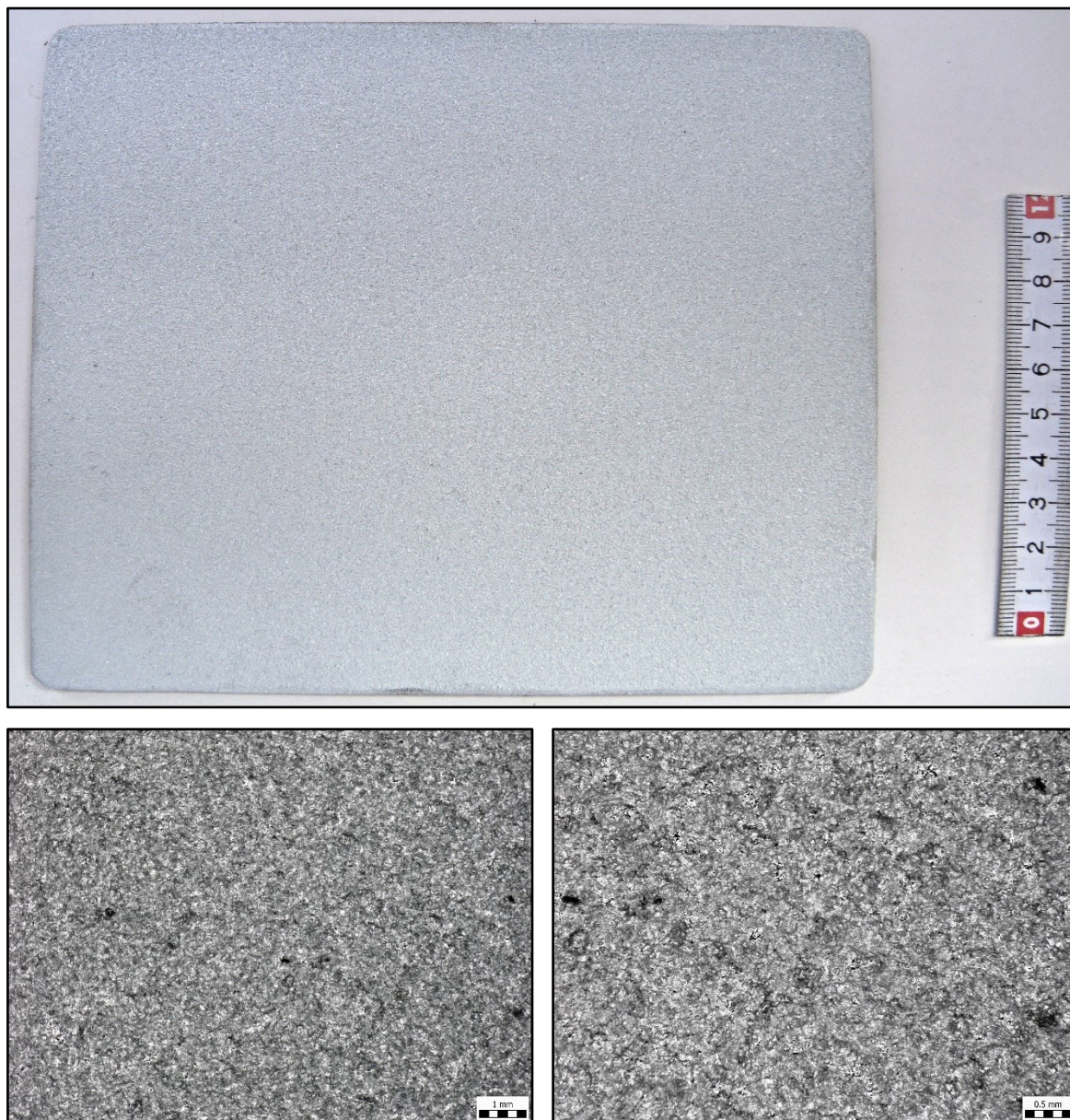


Obrázek 30 – Vzorek č. 2, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail

Povlak povrchu vzorku je rovnoměrný ale nedostatečně kryje základní materiál, což je patrné v detailu, zároveň se v povlaku vyskytují ojedinělé mikrotrhliny. Mikrotrhliny a pórovitost jsou typické pro žárové nanášení roztavených částic kovu.

9.5 Vzorek č. 3 – metalizace plamenovým zařízením

U vzorku č. 3 byl povrch rovněž předpřipravený na stupeň čistoty Sa 3. K pokovování byl použit stejný druh drátu jako u elektro – obloukové metalizace, ale nanášení probíhalo pomocí zařízení, které taví drát pomocí plamene. Tato technologie je oproti elektro – obloukovému metalizování velmi pomalá, protože se taví jeden drát. K dosažení požadované tloušťky povlaku se metalizace prováděla do kříže, tak aby tahy s pistolí pokryly celý povrch.

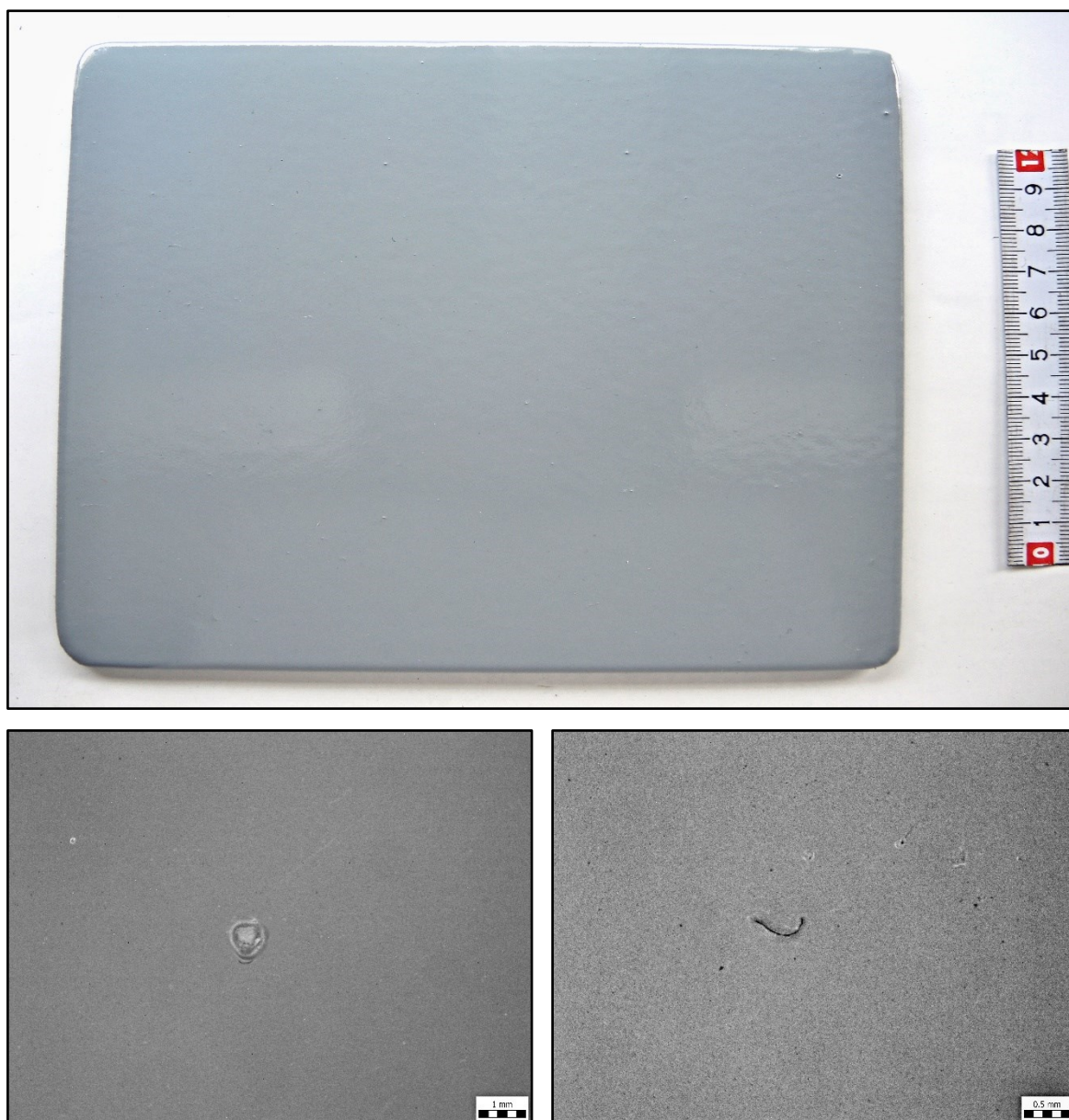


Obrázek 31 – Vzorek č. 3, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail

Povrch vzorku vykazuje vrstvu povlaku rovnoměrně nanesenou a struktura se jeví hrubozrná. Povlak obsahuje otevřené pórovitosti, které prochází až na povrch základního materiálu. Opět lze vidět náznak drobných mikroskopických dírek a mikrotrhlin.

9.6 Vzorek č. 4 – správně zhotovený vzorek

Povrchová úprava tohoto vzorku byla udělána tak, aby byla co nejkvalitnější. Povrch základního materiálu byl tryskán ostrohrannou litinou na stupeň čistoty Sa 3. Dále následovala metalizace pomocí plamene, která byla uzavřena penetrací Intergard 269. Po zaschnutí penetrace se aplikovala mezivrstva Intergard 475 HS a na konec se použil krycí lak Interthane 990 SG, všechny nástřiky se aplikovali vysokotlakou pistolí.

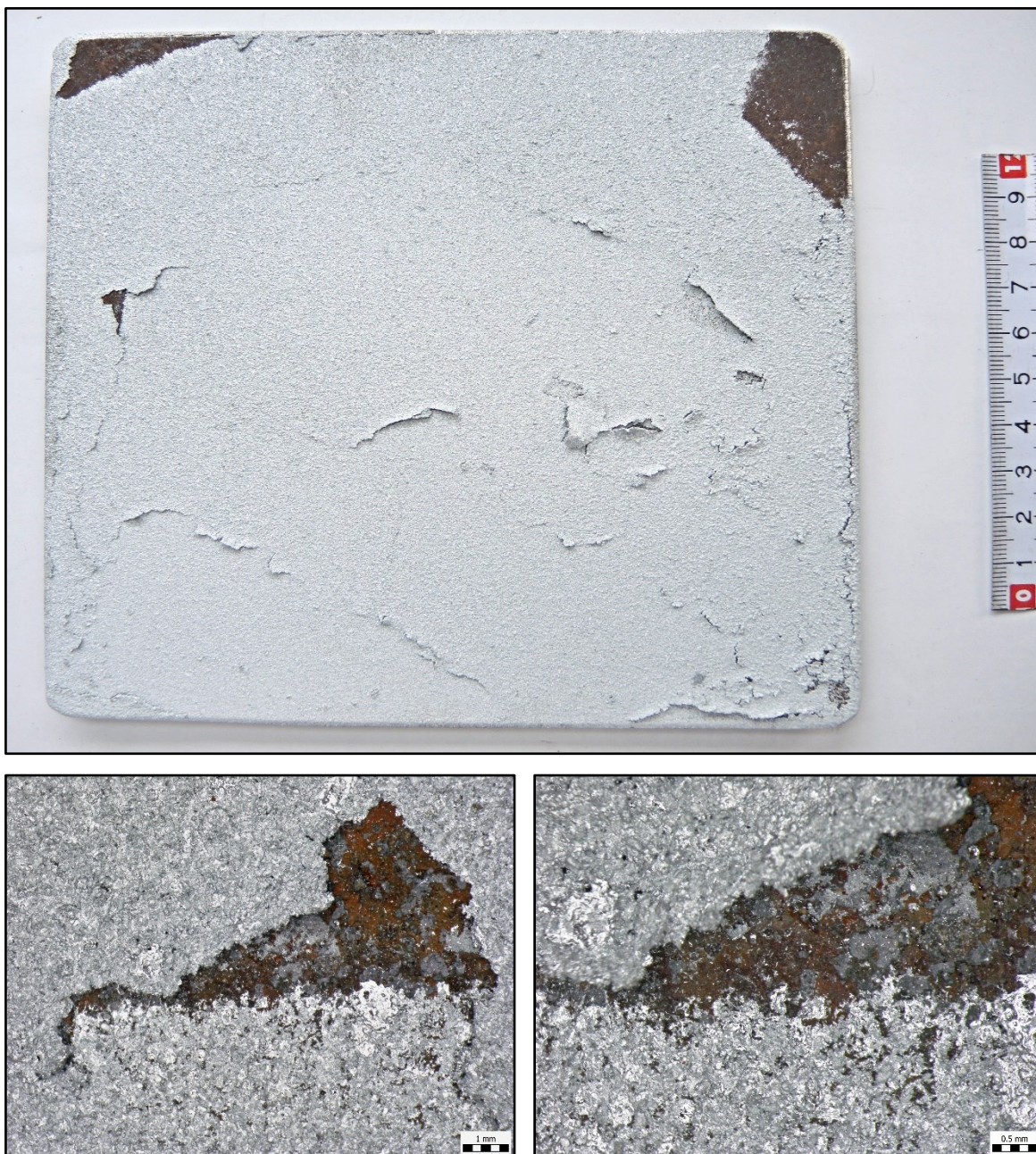


Obrázek 32 – Vzorek č. 4, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail

Povrch vzorku se jeví jako hladký a lesklý s ojedinělým výskytem drobných výstupků neboli povrchových defektů. Detailnějším rozborem je patrné, že se jedná o mikropóry nebo o uzavřené nečistoty v povlaku. Dalšími vadami v povlaku jsou vady charakteru mikrotrhlin.

9.7 Vzorek č. 5 – metalizování na zkorodovaný povrch

Na vzorku č. 5 nebyl povrch tryskaný. Metalizace byla provedena přímo na zkorodovaný povrch, který byl ve velkém množství pokryt korozními zplodinami. Pro metalizaci bylo použito elektro – obloukové zařízení.

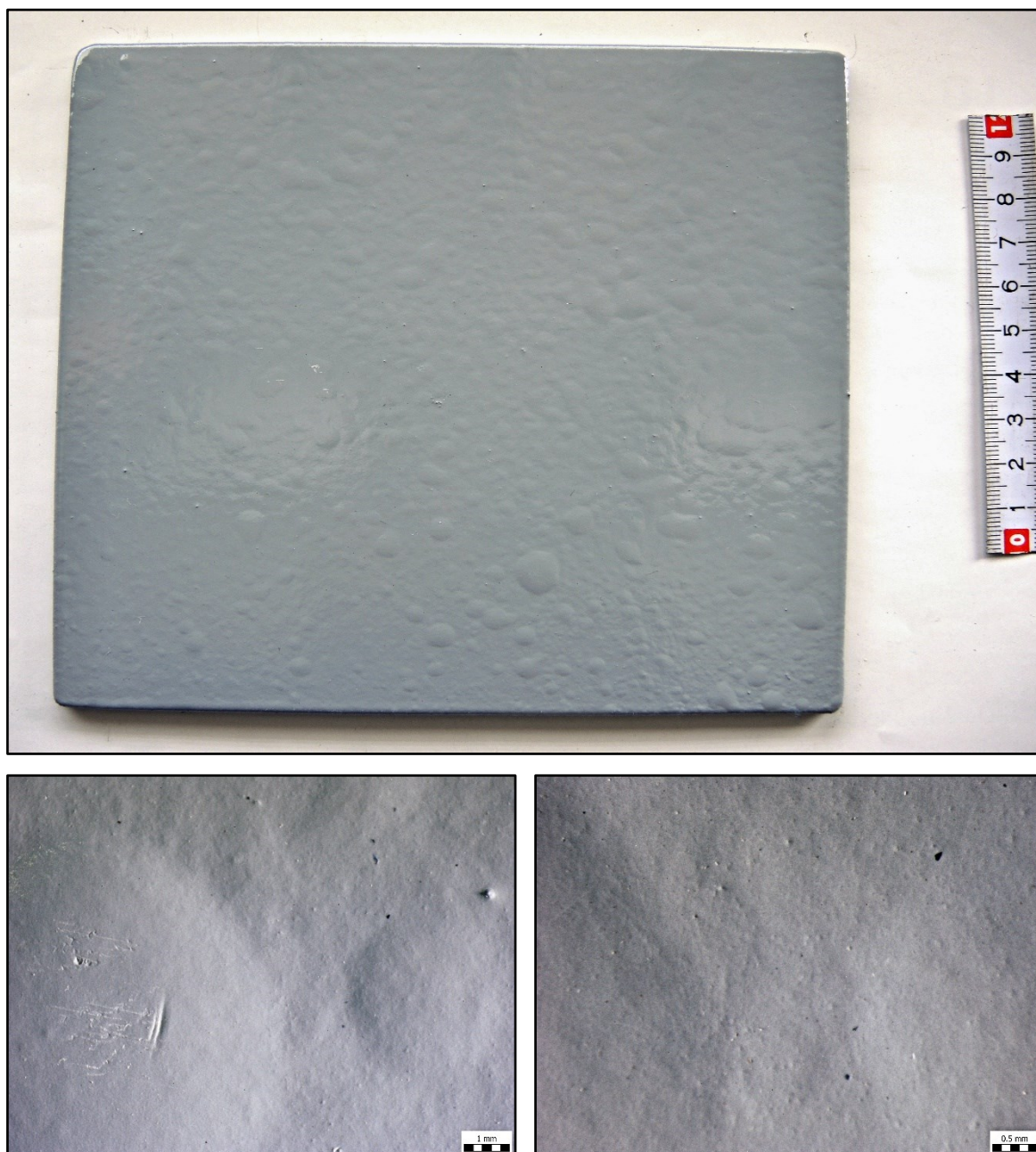


Obrázek 33 – Vzorek č. 5, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail

Nanesený povlak na zkorodovaný povrch popraskal a začal se odlupovat, tím došlo k narušení celistvosti tohoto povlaku. Lze vidět, jak vystupují korozní zplodiny z povrchu základního materiálu. Díky korozním produktům na základním materiálu se povlak bude i nadále odlupovat a budou se šířit trhliny.

9.8 Vzorek č. 6 – puchýře

Povrch tohoto vzorku byl tryskán na stupeň čistoty Sa 3. Po otryskání se vzorek metalizoval pomocí plamenového zařízení. Dále se aplikoval kompletní systém, penetrace, mezivrstva a krycí lak, které byly aplikované pomocí vysokotlaké pistole.

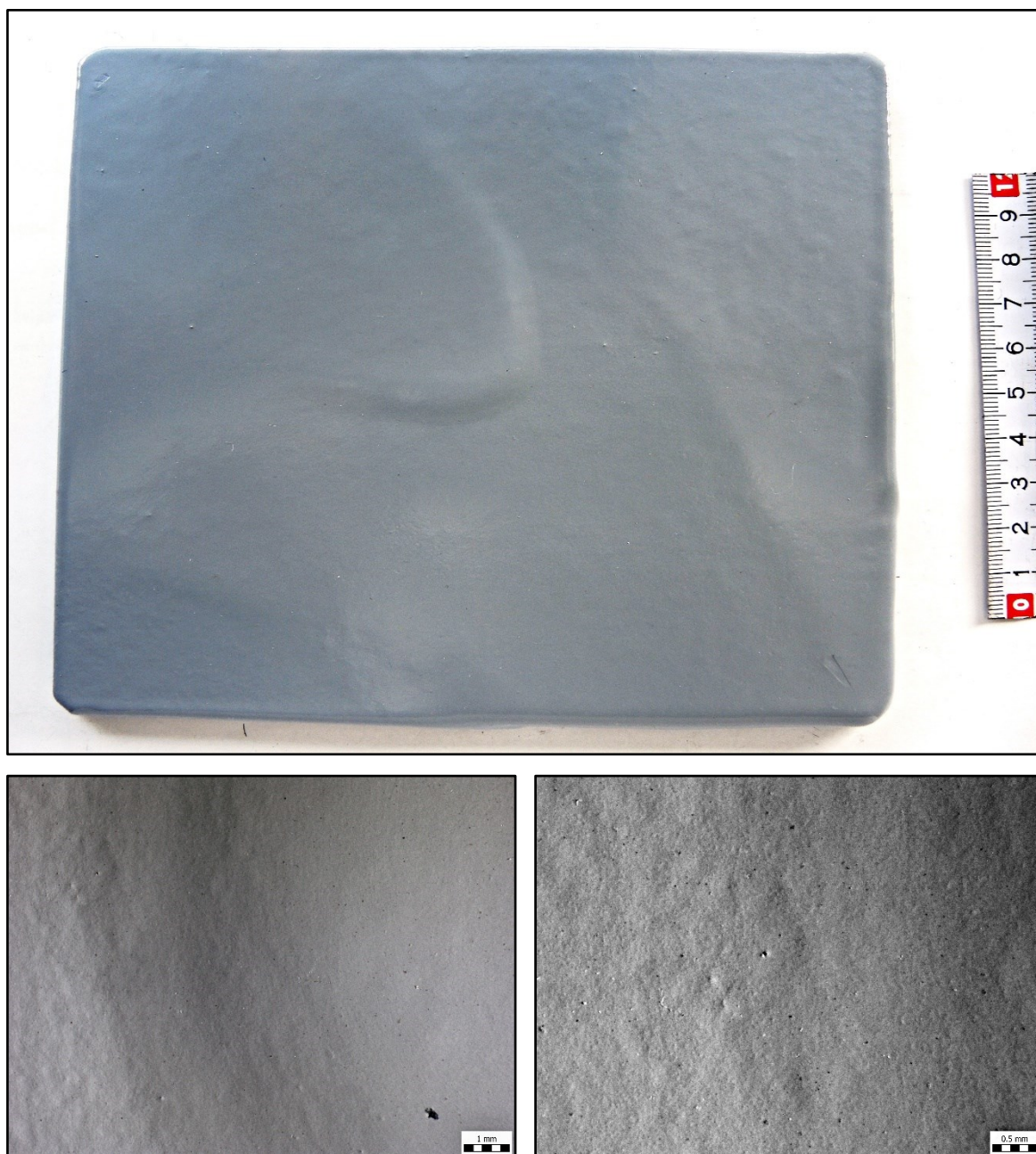


Obrázek 34 – Vzorek č. 6, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail

Vzorek č. 6 vykazuje na svém povrchu četný výskyt povrchových defektů charakteru puchýřků různých velikostí od 2 mm až po 10 mm. Jedná se o výstupky v podobě oblých vyvýšenin vyskytujících se jednotlivě po celém povrchu. Zbytek povrchu je dokonale hladký, avšak s menším výskytem nečistot a škrábanců.

9.9 Vzorek č. 7 – podtekliny a kapky

Povrch základního materiálu vzorku č. 7 byl tryskaný na stupeň čistoty Sa 3. Pro metalizování povrchu se použilo plamenové metalizační zařízení. Poté se aplikoval systém penetrace, mezivrstva a krycí lak pomocí vysokotlaké pistole.

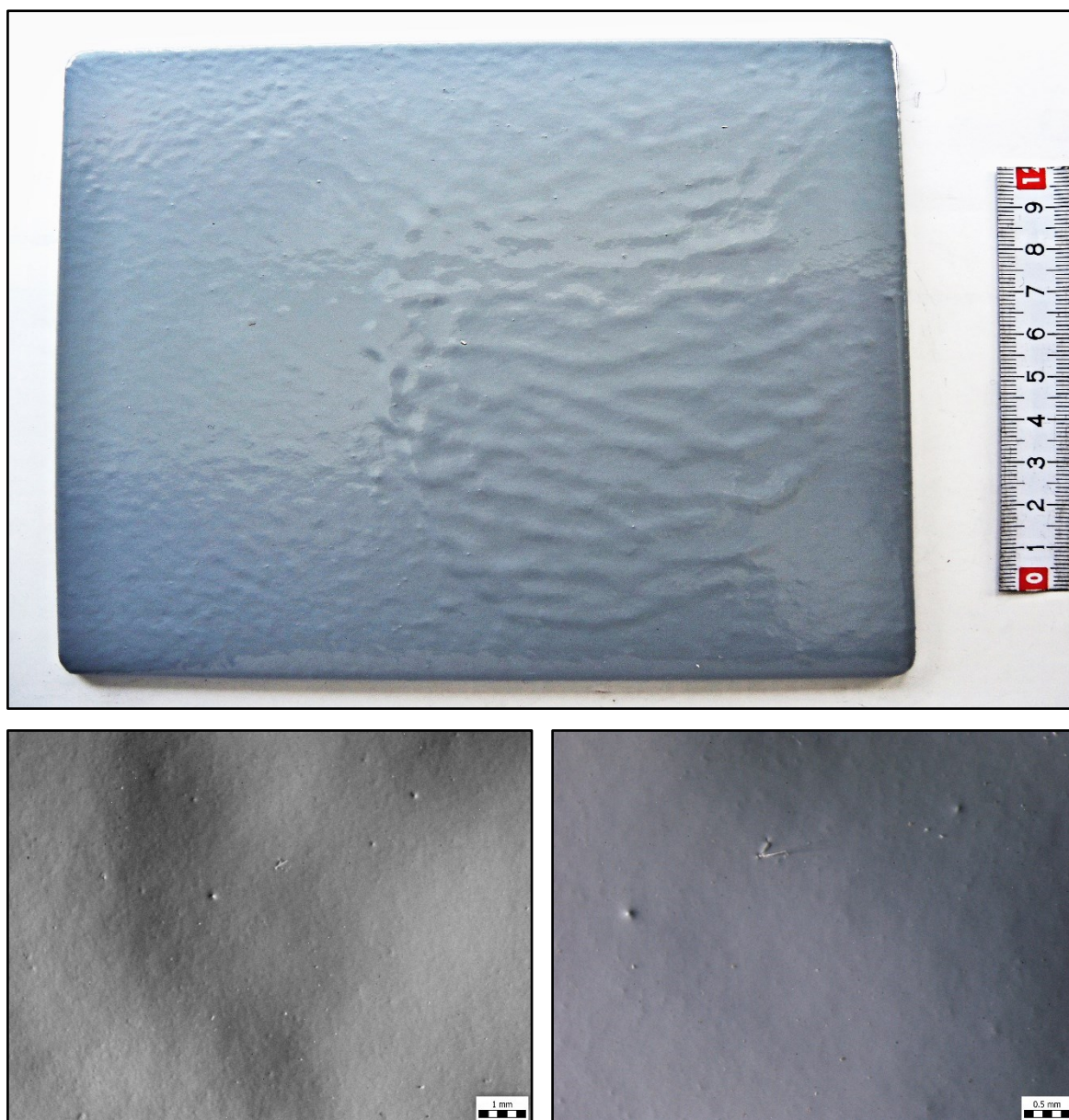


Obrázek 35 – Vzorek č. 7, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail

Na povrchu vzorku jsou patrné nepravidelné nečelistvosti, které mají charakter nahromaděné a ztečené barvy. Jedná se o rozsáhlý výstupek, který svědčí o nahromaděné povrchové vrstvě v dané oblasti. Kromě těchto výstupků se na povrchu vyskytovaly drobné prohlubně charakteru důlků malé velikosti a zároveň ojedinělý výskyt cizorodých nečistot.

9.10 Vzorek č. 8 – nerovnoměrná struktura

Povrch základního materiálu u tohoto vzorku byl tryskaný na stupeň čistoty Sa 3. Metalizování proběhlo pomocí plamenové pistole a následoval povlak složený ze tří vrstev, penetrace, mezivrstva a krycí lak. K simulaci takové struktury připomínající lehce pomerančovou kůru se na stříkací pistoli snížil tlak a přidalo se množství barvy procházející tryskou pistole.

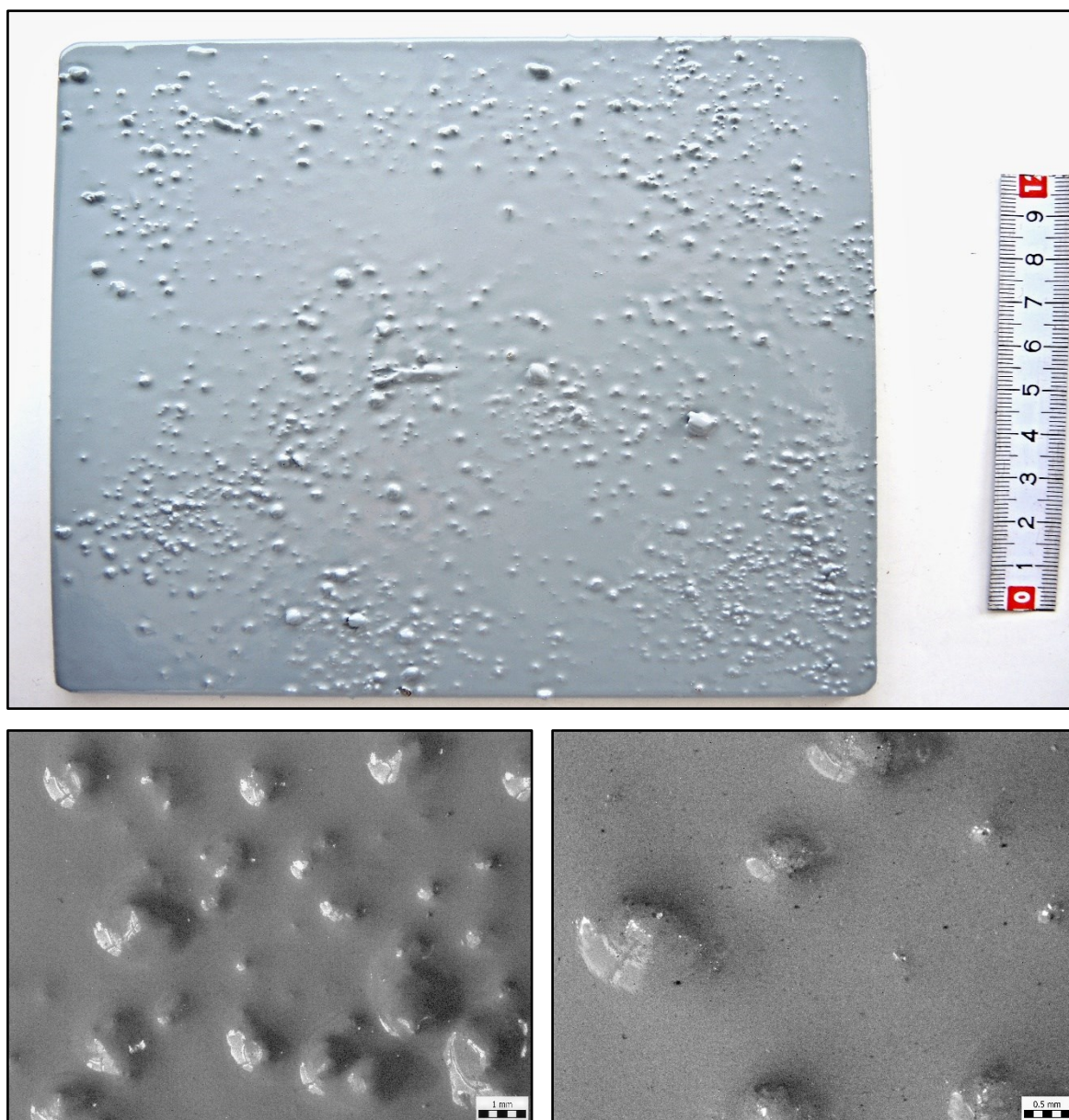


Obrázek 36 – Vzorek č. 8, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail

Na ploše vzorku došlo k nepravidelnému stékání povlaku směřující k dolní straně vzorku, toto stékání má vzhled elipsy. Povlak obsahuje výstupky a velké množství cizorodých nečistot. Při nanášení povlaku došlo i k ulpění textilní nitky, která je dobře vidět v detailu vzorku.

9.11 Vzorek č. 9 – znečištěný povrch mechanickými částicemi

Pro vzorek č. 9 byl zvolen stupeň čistoty Sa 3. Metalizace povrchu byla provedena pomocí plamene. Po metalizaci byl vzorek záměrně znečištěn jemnějšími i hrubšími nečistotami, které se můžou v provozních podmínkách nacházet, nebo může dojít k jejich ulpění na povrchu např. při převážení konstrukce. Aplikace penetrace, mezivrstvy a krycího laku byla provedena vysokotlakou pistolí.

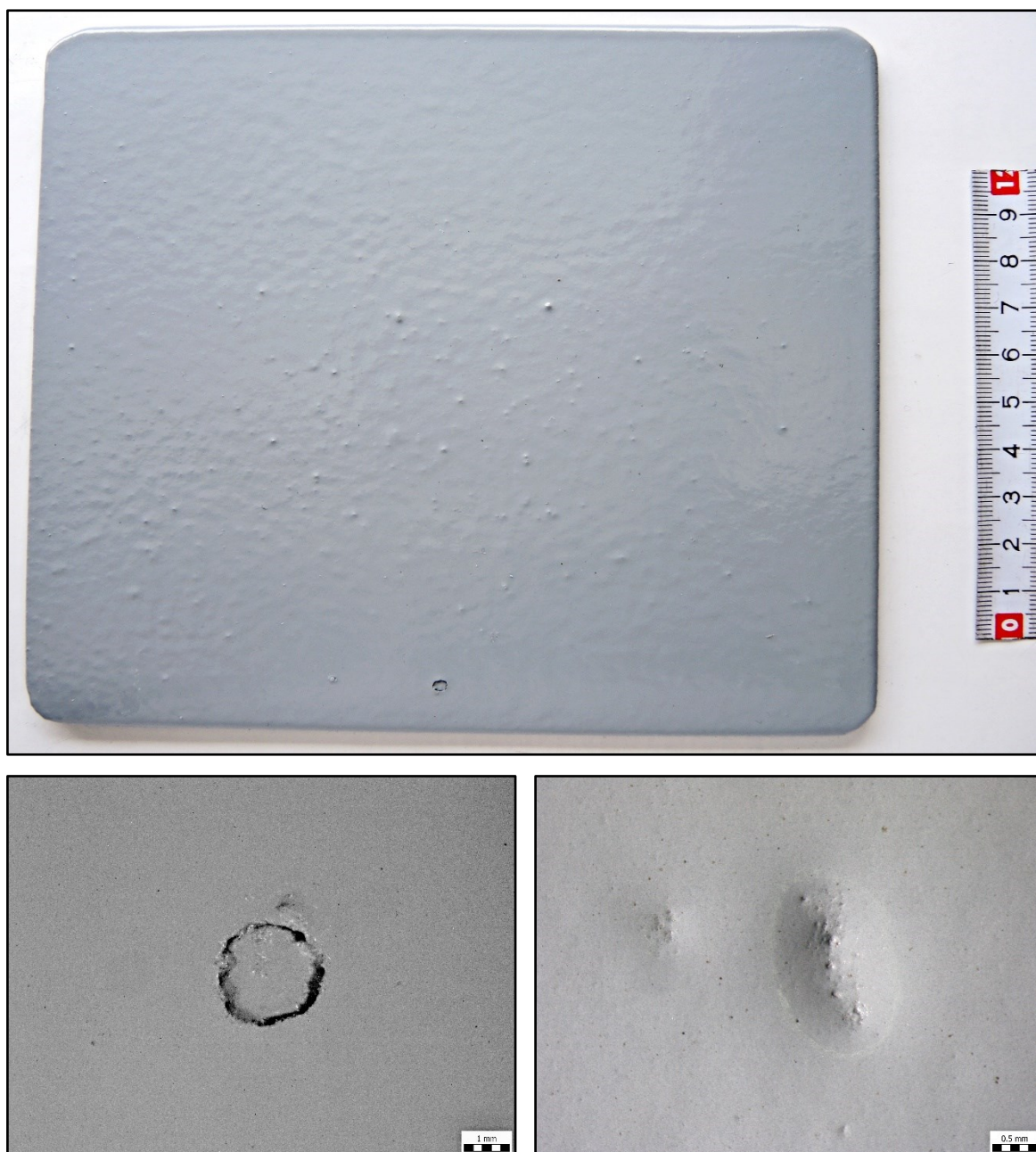


Obrázek 37 – Vzorek č. 9, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail

Na povrchu vzorku jsou viditelné četné výstupky, které jsou nepravidelně uspořádané. Tyto výstupky jsou místy až ostrohranné a jsou charakteristické pro přítomnost pevných cizorodých částic v dané vrstvě, většinou se pohybují ve velikosti 0,5 mm až 10 mm. S největší pravděpodobností se jedná o tuhé prachové částice, které povlak obalil.

9.12 Vzorek č. 10 – znečištěný povrch provozními mastnotami

Vzorek č. 10 byl tryskán na stupeň čistoty Sa 3. Před samotným metalizováním byl povrch znečištěn provozními mastnotami. V provozních podmínkách může snadno dojít k mastnému povrchu např. při převážení konstrukce pomocí vysokozdvizného vozíku, kde je kluzná část vidlí velmi mastná. Metalizace byla provedena pomocí plamenového zařízení a povlak byl uzavřen penetrací, mezivrstvou a krycím nátěrem.

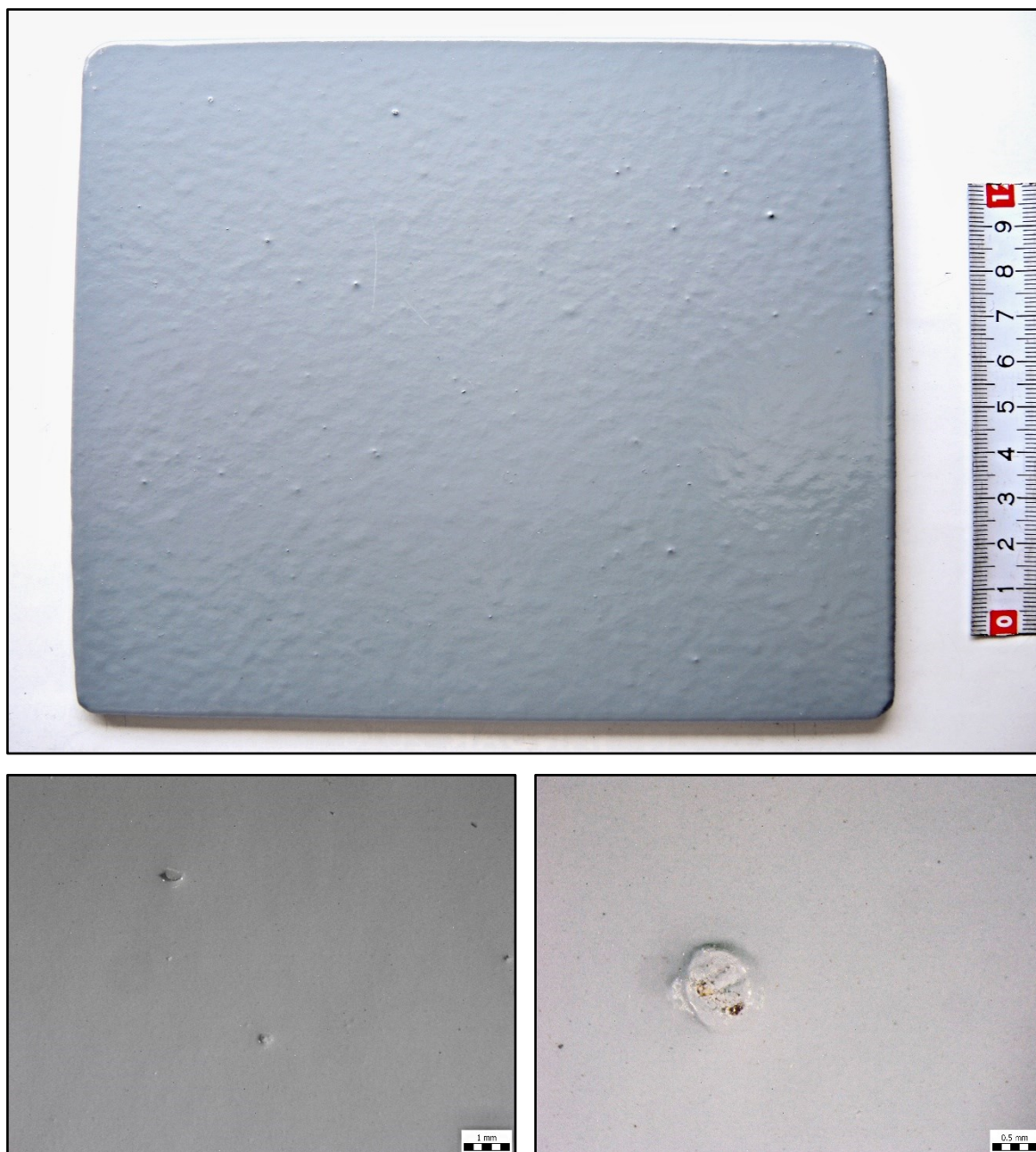


Obrázek 38 – Vzorek č. 10, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail

V povlaku vzorku se vyskytují drobné nedokonalosti a v dolní části vzorku se nachází „porušený puchýř“. Drobné nedokonalosti nemají celiství charakter a většinou jsou složeny z četných drobných mechanických částic.

9.13 Vzorek č. 11

Stupeň čistoty u vzorku č. 11 byl rovněž zvolen Sa 3. Před metalizováním plamenovým zařízením byl povrch vzorku ovlhčen. Tento jev může nastat při převážení ocelové konstrukce nebo pokud rosný bod je příliš vysoký. Po plamenové metalizaci bylo provedeno uzavření nátěru penetrací, mezivrstvou a krycím nátěrem.

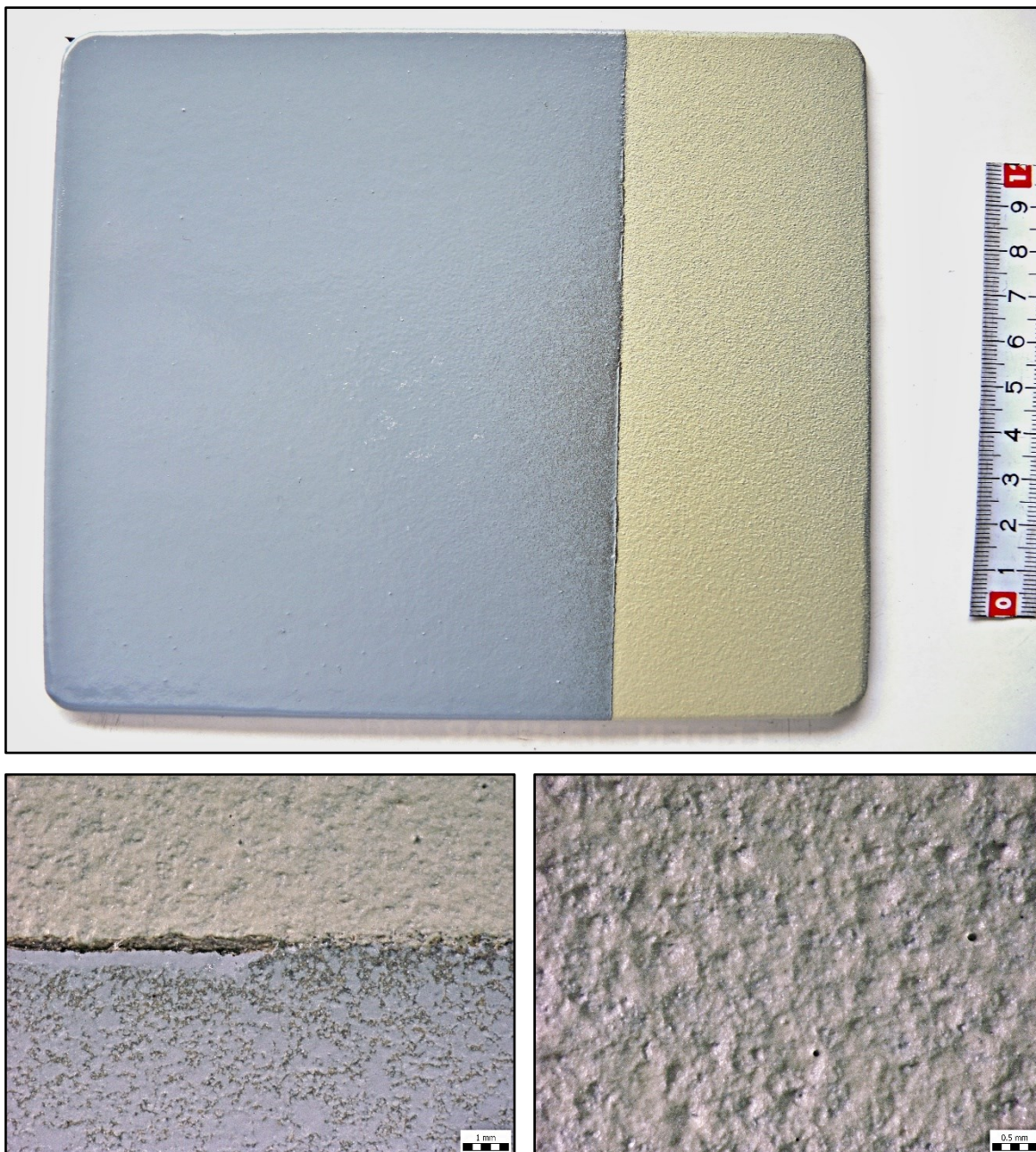


Obrázek 39 – Vzorek č. 11, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail

Na povrchu se vyskytují drobné a plytké nedokonalosti charakteru puchýřků a mechanických částic. Detailnější kontrolou bylo zjištěno porušení celistvosti jednoho puchýře, kde na povrch daného vzorku vystupovali stopy korozního napadení základního materiálu.

9.14 Vzorek č. 12 – nerovnoměrný nástřik nátěru

Vzorek č. 12 byl tryskán na stupeň čistoty Sa 3 a bylo zvoleno plamenové metalizační zařízení. Na povrch vzorku se nejdříve aplikovala penetrace a mezivrstva. Po vytvrdnutí mezivrstvy se přelepil pás pomocí lepicí pásky o šířce 5 cm pro lepší znázornění tzv. „nedostřiků“ ve dvou vrstvách. Větší oblast nástřiku je krycí nátěr.

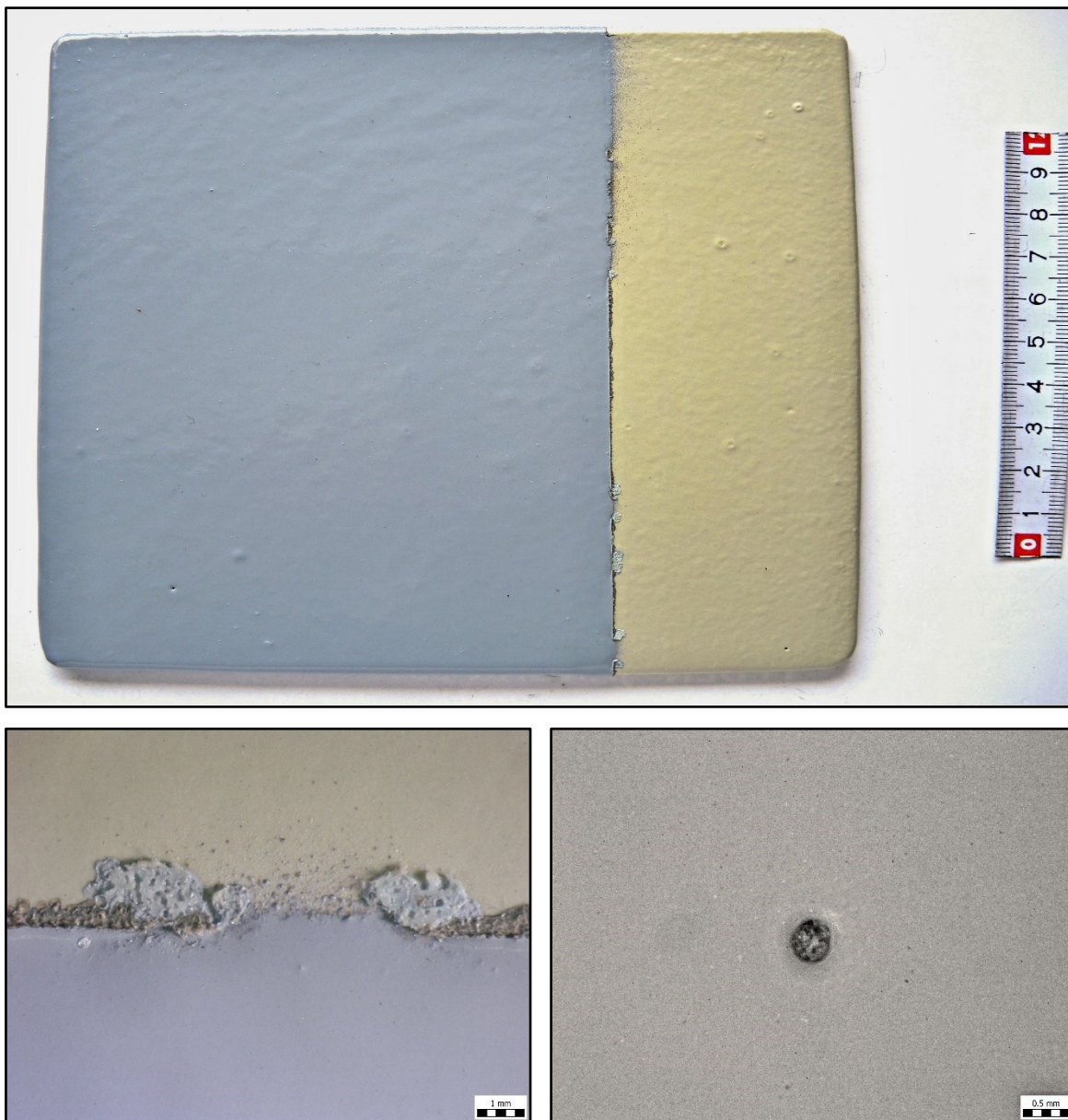


Obrázek 40 – Vzorek č. 12, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail

V podkladové vrstvě byly patrné prohlubně neboli důlky s propojením až na penetraci. Na hranici vrstev je jednoznačné, že krycí nátěr byl nanesen v nedostatečné tloušťce a nedošlo k překrytí mezivrstvy. V krycím nátěru se nacházely defekty charakteru mechanických částic a vady, které vznikly obalením a uzavřením nečistot.

9.15 Vzorek č. 13 – nadměrná tloušťka nátěru

Vzorek č. 13 byl taktéž tryskán na stupeň čistoty Sa 3. K pokovování bylo použito plamenové metalizační zařízení. Po uzavření zinkového povlaku penetrací byla nanесena nadměrná tloušťka mezivrstvy. Pro lepší znázornění vad byl znovu přelepen pás o šířce 5 cm před aplikací krycího nátěru.

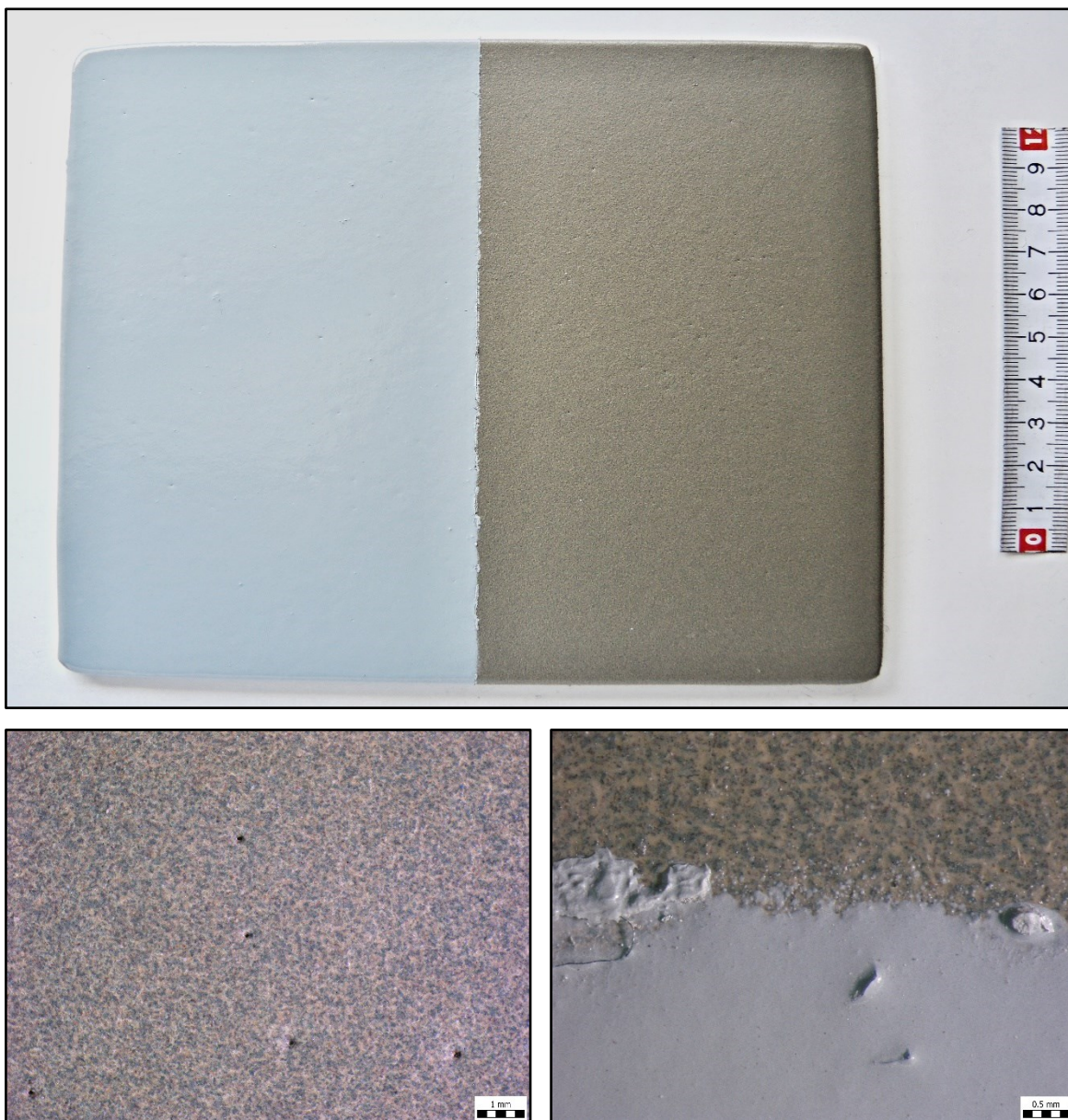


Obrázek 41 – Vzorek č. 13, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail

V mezivrstvě jsou viditelné vady charakteru puchýřů, kde dokonce jeden z těchto puchýřů prasknul. O mezivrstvě Intergard 475 HS je známo, že pokud je nanесena v příliš nadměrné tloušťce vzniknou nedokonalosti typu puchýřů. Na hranici přechodu mezi mezivrstvou a krycí vrstvou došlo k zatečení krycího nátěru pod lepicí pásku. Dále v krycím nátěru vznikla vada charakteru kráteru, která prochází až na zinkový povlak.

9.16 Vzorek č. 14

Základní materiál vzorku byl tryskán na stupeň čistoty Sa 3 a metalizován plamenovým zařízením. Po metalizaci se zinkový povlak nechal zvlhčit a následně proběhlo nanášení penetrace. Před aplikací krycího nátěru se polovina vzorku zalepila páskou. U tohoto jediného vzorku byla vynechána mezivrstva pro dokonalejší vystoupení degradačních projevů v krycím nátěru.

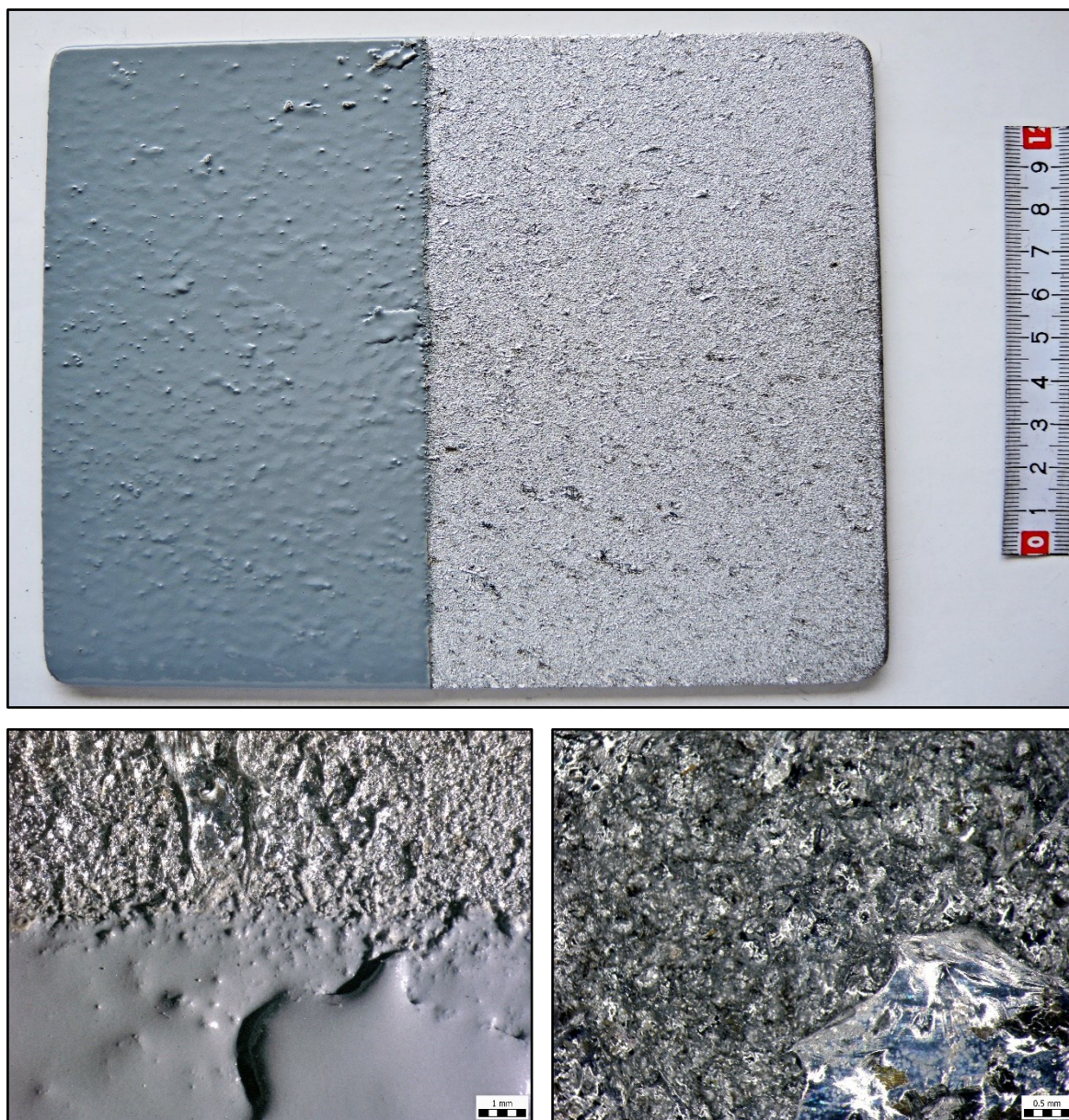


Obrázek 42 – Vzorek č. 14, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail

V povlaku se nachází četné výstupky charakteru mechanických částic. Dále se vytvořily vady typu malých kráterů procházející až na samotný zinkový povlak. Místy tyto drobné povrchové nedokonalosti měly charakter propadlých povrchových bublin nebo zatečených kráterů. Při aplikaci krycího povlaku došlo i k ulpění textilního vlákna.

9.17 Vzorek č. 15

Vzorek č. 15 byl tryskán na stupeň čistoty Sa 3 a byl metalizovaný pomocí elektro – obloukového zařízení. Při nanášení roztavených slitin zinku byl snížen tlak vzduchu, aby docházelo k rozstříku velkých částic. Po metalizaci byl vzorek ošetřen jen krycím nátěrem.



Obrázek 43 – Vzorek č. 15, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail

Vzorek vykazuje velmi drsný povrch s četnými poměrně velkými a rozloženými částicemi nástřiku. Tyto částice dosahují velikostí až 10 mm a vypadají jako odlupující se šupiny. Částice zbarvené do modra měly teplotu cca 250 – 300 °C. Při této teplotě tavení a velikosti šupin došlo k příliš velkému smrštění a proto tyto částice vypadají jako kdyby se odlupovaly. Krycí vrstvou dochází ke zjemnění ostrohranných částic.

ZÁVĚR

Teoretická část práce byla zaměřena na popis technologií povrchových úprav provozovaných firmou IZOSTAV Industry s. r. o. Tato část uvádí, na co se firma specializuje, jaké nátěrové hmoty firma využívá a kde provádí antikorozní ochranu ocelových konstrukcí. V další kapitole byla rozebrána problematika korozních jevů a druhy degradačních projevů, které mohou vzniknout.

Třetí kapitola byla věnována povrchovým úpravám kovů a zásadám, které jsou důležité pro volbu povrchových úprav. Čtvrtá kapitola se zabývala úpravou povrchu před aplikací povlaku. Nejvíce byla zaměřena na technologii tryskání, protože tato technologie je nejčastěji využívána v povrchových úpravách kovů. V této části byly rozebrány stupně přípravy povrchu a volba vhodného tryskacího média. Dále bylo řešeno korozní prostředí, jelikož určení korozní agresivity má zásadní vliv na volbu povlaku. Následuje popis anorganických a organických povlaků, tahle část byla zaměřena na metalizaci, složení, nanášení a životnost nátěrových hmot.

V poslední kapitole teoretické části práce byla popsána hodnocení kvality anorganických a organických povlaků s následným měřením tloušťky povlakové vrstvy.

Experimentální část práce byla rozdělena do dvou kapitol. Nejprve byly popsány ocelové vzorky. Příprava vzorků probíhala v simulovaném režimu degradační zátěže povlakového systému. Nanášení bylo prováděno v provozních podmínkách, při kterých snadno docházelo k ulpívání mechanických částic na povrchu a tyto cizorodé částice negativně ovlivnily výslednou kvalitu povlaku. Na vzorky byly aplikované povlaky, které se standardně využívají na mostové dilatační závěry po celé České republice.

Poslední kapitola byla zaměřena na vizuální hodnocení vzniklých vad na základě makroskopické dokumentace. Z dosažených výsledků experimentální části byly zjištěny následující závěry a opatření, která snižují vznik degradačních projevů.

K eliminaci vzniklých degradačních jevů byly velmi důležité důkladné mechanické předúpravy povrchu, zobrazeny na obrázcích č. 27 a č. 28. Zajištění čistoty povrchu, dokonalé očištění koroze nebo případně starých nátěrů, a v neposlední řadě snížení prašnosti prostředí v provozních podmínkách firmy a důsledné ofoukání konstrukce před aplikací povlaku. Když tyto podmínky nebyly splněny, docházelo k vadě na obrázku č. 36. Před aplikováním metalizace museli být řádně nastaveny parametry procesu jako rychlost posuvu přídavného materiálu, tlak vzduchu a vzdálenost nanášení.

Pokud by tyto parametry byly vyhovující, nedocházelo by k vadě na obrázku č. 42, která charakterizuje odlupující se šupiny zinku. V případě, že povrch byl znečištěn provozními mastnotami nebo ovlhčený, pak vznikly vady zobrazeny na obrázcích č. 37 a č. 38. Dále když metalizace byla provedena na zkorodovaný povrch, vznikly defekty zobrazené na obrázku č. 32.

Před aplikováním organických povlaků, penetrace, mezivrstvy a krycího nátěru se muselo dbát na to, aby vzorky byly rovněž bez známek mastnoty, prachu a nedocházelo k orosení povrchu. Vzorky museli být dokonale suché. Další vlivy, které ovlivnily výslednou kvalitu povlaku byly parametry, jako nastavení stříkací pistole, velikost trysky stříkací pistole a tlak, kterým byl povlak nanášen na vzorky. Pokud tyto parametry byly nevyhovující, snadno docházelo k vadám na obrázcích č. 34, č.35 a č.39, kde povlak není rovnoměrný, obsahuje kapky a podtekliny. K degradaci nátěru docházelo i vlivem nadměrné tloušťky povlaku, zobrazené na obrázku č. 40 nebo vlivem orosení povrchu před aplikací organického nátěru, tento defekt je zdokumentován na obrázku č. 41.

Závěrem lze říci, že cílem bakalářské práce bylo vytvoření katalogu vad pro firmu, který by jednoznačně dokládal a následně identifikoval druh vady a její příčiny vzniku.

Poděkování

Závěrem své bakalářské práce bych chtěl poděkovat Ing. Tomovi Vaňourkovi za zpřístupnění firemních informací, za možnost a zkušenost si udělat zkušební vzorky v areálu firmy IZOSTAV Industry s. r. o.

Dále bych chtěl poděkovat Ing. Xenii Ševčíkové, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce a za cenné rady.

V poslední řadě bych chtěl poděkovat Ing. Zdeňku Štorkánovi za pomoc při makroskopické dokumentaci. Poděkování patří i mé rodině, která mě v době studia podporovala.

SEZNAM PRAMENŮ A POUŽITÉ LITERATURY

1. VAŇOUREK, Tom. *IZOSTAV Industry s. r. o., protipožární a antikorozi ochrana* [online]. [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: <http://izostav.eu/protipozarni-ochrana>
2. MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 3. vyd. Ostrava: VŠB –Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-1217-7.
3. VODĚROVÁ, Milena a kolektiv autorů SVÚOM a ATG. *Koroze a protikorozi ochrana*. Praha, 2015.
4. ČSN EN ISO 12944-3. *Nátěrové hmoty – Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Část 3: Navrhování*. Praha: SVÚOM Praha, 1998.
5. S. A. F. Praha: *Mobilní tryskací jednotky* [online]. [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <http://www.saf.cz/cs/sortiment/mobilni-tryskaci-jednotky/typy-a-technicke-parametry/>
6. ČSN EN ISO 12944-4. *Nátěrové hmoty – Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Část 4: Typy povrchů podkladů a jejich příprava*. Praha: SVÚOM Praha, 1998.
7. Abrazivo ocelový granulát. *WISTA* [online]. [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <http://www.abraziva.cz/ocelovy-granulat/>
8. Abrazivo litinová drť. *PKIT Praha s. r. o.* [online]. [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <http://www.pkit.cz/cs/litinova-drt-1/>
9. Abrazivo sekáný drát. *Tryskací-materiál.cz* [online]. [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: http://www.tryskaci-material.cz/sekany_drat.html
10. Balotina. *Abranova-eshop* [online]. [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <http://www.abranova-eshop.cz/sklenena-balotina/63859>
11. Balotina. *Allbiz* [online]. [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <https://cz.all.biz/mikrokulicky-balotina-g59058>

12. Korund hnědý. *WISTA* [online]. [cit. 2018-03-03].
Dostupné z: <https://www.tryskani-lakovani-metalizace.cz/abrazivo-korund-hnedý-f-100-pytel-25-kg>
13. PODJUKLOVÁ, Jitka. *Speciální technologie povrchových úprav I*. Dot. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 1997. ISBN 80-7078-235-8.
14. ČSN EN ISO 12944-2. *Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Část 2: Klasifikace vnějšího prostředí*. Praha: SVÚOM Praha, 1998.
15. KOUDELKA, Tomáš. APLIKACE ŽÁROVÉHO NÁSTRÍKU NA SPALOVACÍ MOTOR AUTOMOBILU. *Docplayer* [online]. [cit. 2018-03-03].
Dostupné z: <http://docplayer.cz/47464281-Aplikace-zaroveho-nastriku-na-spalovaci-motor-automobilu.html>
16. ČSN EN ISO 12944-5. *Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Část 5: Ochranné nátěrové systémy*. 1. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2008.
17. MOHYLA, Miroslav. *Fyzikální metalurgie a mezní stavy materiálů*. 1. Ostrava: ostravské tiskárny, 1992. ISBN 80-7078-138-6.
18. LAUFGANG, Sergio G. Aceros Inoxidables. In: *Sacome* [online]. 2017 [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: <https://www.sacome.com/en/avoid-intergranular-corrosion/>
19. POŠVÁŘOVÁ, Miloslava. *Silnice – železnice* [online]. 2008 [cit. 2018-04-27].
Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/myty-a-realita-chovani-patinujici-oceli-pri-jejim-pouziti-na-mostnich-konstrukcich-v-ceske-republice/>
20. Odmašťovací linka. In: *KOVOFINIŠ* [online]. [cit. 2018-04-27].
Dostupné z: <http://kovofinis.cz/predupravy-gal>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Ocelová konstrukce zhotovená firmou IZOSTAV, hl. nádraží v Plzni ¹	10
Obrázek 2 – Povrchově upravená protihluková stěna, společností IZOSTAV ¹	10
Obrázek 3 – Zkorodovaný přípravek s nerezovým šroubem	11
Obrázek 4 – Příklad praktické koroze na dilatačních závěrech	11
Obrázek 5 – Schéma galvanického článku ³	12
Obrázek 6 – Rovnoměrné korozní napadení (d – korozní úbytek) ³	13
Obrázek 7 – Skvrnitá koroze ³	13
Obrázek 8 – Nerovnoměrná koroze ³	13
Obrázek 9 – Štěrbínová koroze ³	14
Obrázek 10 – Mezikrystalová koroze ¹⁸	14
Obrázek 11 – Detail důlkové koroze ¹⁹	15
Obrázek 12 – Důlková koroze (a), Bodová koroze (b) ³	15
Obrázek 13 – Mobilní injektorové tryskací zařízení ⁵	17
Obrázek 14 – Rugotest No 3 (vzorkovnice drsnosti).....	18
Obrázek 15 – Ocelový granulát ⁷	19
Obrázek 16 – Ocelová drť ⁷	19
Obrázek 17 – Litinová drť ⁸	20
Obrázek 18 – Sekaný ocelový drát ⁹	20
Obrázek 19 – Balotina (skleněné kuličky) ¹¹	20
Obrázek 20 – Hnědý korund ¹²	21
Obrázek 21 – Odmašťovací linka ²⁰	21
Obrázek 22 – Schéma trysky plamenového hořáku ¹⁵	24
Obrázek 23 – Plamenová metalizace v praxi a měření tloušťky povlaku.....	24
Obrázek 24 – Měrka k měření tloušťky mokrého povlaku.....	31
Obrázek 25 – Digitální vlhkoměr (typ G319).....	33
Obrázek 26 – Dokumentování degradačních projevů pomocí stereomikroskopu	34
Obrázek 27 – Stereomikroskop Olympus SZX7	34
Obrázek 28 – Vzorek č. 0, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail	36
Obrázek 29 – Vzorek č. 1, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail	37
Obrázek 30 – Vzorek č. 2, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail	38
Obrázek 31 – Vzorek č. 3, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail	39
Obrázek 32 – Vzorek č. 4, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail	40
Obrázek 33 – Vzorek č. 5, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail	41

Obrázek 34 – Vzorek č. 6, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail	42
Obrázek 35 – Vzorek č. 7, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail	43
Obrázek 36 – Vzorek č. 8, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail	44
Obrázek 37 – Vzorek č. 9, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail	45
Obrázek 38 – Vzorek č. 10, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail	46
Obrázek 39 – Vzorek č. 11, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail	47
Obrázek 40 – Vzorek č. 12, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail	48
Obrázek 41 – Vzorek č. 13, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail	49
Obrázek 42 – Vzorek č. 14, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail	50
Obrázek 43 – Vzorek č. 15, nahoře makroskopická dokumentace, dole detail	51

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Rozdělení typů koroze ²	12
Tabulka 2 – Rozdělení povrchových úprav ²	16
Tabulka 3 – Stupně přípravy povrchu dle normy ČSN EN ISO 12944-4 ⁶	18
Tabulka 4 – Rozdělení korozní agresivity dle normy ČSN EN ISO 12944-2 ¹⁴	22
Tabulka 5 – Stupně korozní agresivity ¹⁴	22
Tabulka 6 – Základní rozdělení povlaků podle materiálů ³	23
Tabulka 7 – Písemné značení nátěrových hmot ²	27
Tabulka 8 – Číselné značení nátěrových hmot ²	27
Tabulka 9 – Barevné odstíny nátěrových hmot ²	28
Tabulka 10 – Dělení životnosti nátěrových systémů dle normy ČSN EN ISO 12944-5 ¹⁶ ..	29
Tabulka 11 – Popis vzorků a příčiny vzniku vad.....	35