

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Studium vlastností ochranného systému transparentní nanolak - klasický lak

Study of Properties Protective System Transparent Nanocoat
- Classical Coat

Student:

Bc. Michal Průša

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michal Průša**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie

Specializace: 20 Strojírenská technologie

Téma: **Studium vlastností ochranného systému transparentní nanolak - klasický lak**
Study of Properties Protective System Transparent Nanocoat - Classical Coat

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte vlastnosti organických povlaků.
2. Prostudujte vlastnosti organických transparentních nanopovlaků.
3. Prostudujte podstatu spojení dvou typů organických povlaků.
4. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
5. Proveďte experimentální práce a zpracujte technickou zprávu.

Seznam doporučené odborné literatury:

MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.

BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P.: *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.

ČSN EN ISO 12 944. *Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy*. Český normalizační institut, 1998, 1999, 2008.

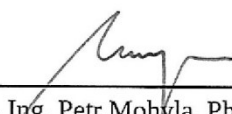
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016





doc. Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry


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

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16.5.2016

Podpis studenta 

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, 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 nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci 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 odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 16.5.2016



Bc. Michal Průša

Nemile 151

789 01 Zábřeh

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

PRŮŠA, M.: *Studium vlastností ochranného systému transparentní nanolak - klasický lak: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2016, 91 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc

Ve své diplomové práci se zabývám studiem vlivu aplikace vrchního nátěrového systému na nátěr konzervační, který vytváří ochranou nano-vrstvu. Toto studium je podloženo třemi základními experimentálními zkouškami. Jedná se o mřížkovou zkoušku, křížový řez a zkoušku odtrhovou. Taktéž se v této práci z počátku zabývám teoretickou částí, kde je velice podrobně popsáno několik kapitol příčin a vzniku koroze, její odstranění a v neposlední řadě charakteristika nátěrových systémů.

ANOTATION OF THESIS

PRŮŠA, M.: *Study of Properties Protective System Transparent Nanocoat - Classical Coat: Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2016, 91 p. Thesis head: doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

The Thesis is aimed at the impact of application of the top finish paint system on the preservative coating forming the protective nano-layer. The study is supported by the three basic experimental tests: the grid test, cross cut test and tear test. The opening sections of the Thesis describe the causes of corrosion, its removal and, not least, the coating system characteristics in detail.

Obsah

Obsah	6
Úvod	10
1. Charakteristika povrchu	11
1.1 Struktura a vlastnosti povrchu	11
1.2 Fyzikální vlastnosti povrchu	13
1.3 Geometrické vlastnosti povrchu	14
1.4 Chemické vlastnosti povrchu	14
1.5 Rozrušování povrchu	15
1.6 Smáčivost povrchu	24
2. Předúpravy a čištění povrchu	24
2.1 Mechanické předúpravy povrchu	25
2.1.1 Čistící mechanické předúpravy	25
2.1.2 Mechanické předúpravy se změnou profilu povrchu	26
2.2 Chemicko – fyzikální předúpravy povrchu	30
2.2.1 Čistící předúpravy povrchu	31
2.2.2 Úpravy se změnou profilu povrchu	31
3. Povlaky	32
3.1 Organické povlaky	33
3.1.1 Základní rozdělení organických povlaků	34
3.1.2 Označování nátěrových hmot	35
3.1.3 Složení nátěrových hmot	37
3.1.4 Mechanismus ochranného účinku	40
3.1.5 Transparentní nátěry	42
3.1.6 Pigmentové nátěry	44
3.1.7 Způsoby nanášení nátěrových hmot	47
4. Nanopovlaky	52
4.1 Historie nanopovlaků	53
4.2 Princip nanopovlaku	54
4.3 Výroba nanoprášku	56
4.3.1 Tvorba částic chemickou metodou	56
4.3.2 Fyzikální metoda	56
4.4 Budoucnost v oblasti nanopovlaků	57
5. Návrh metodiky experimentálních prací	58

6.	Popis experimentálních prací	59
6.1	Příprava vzorku.....	59
6.2	Zaprášení povrchu vzorků dle ČSN ISO 8502-3	61
6.3	Měření drsnosti povrchu vzorků dle ČSN ISO 4287	62
6.4	Nanášení transparentní vrstvy nátěru	63
6.5	Měření suché tloušťky transparentní vrstvy nátěrů.....	65
6.6	Nanášení pigmentové vrstvy nátěru	67
6.7	Měření suché tloušťky všech vrstev nátěru	69
7.	Destruktivní zkoušky přilnavosti nátěru	70
7.1	Mřížková zkouška dle ČSN EN ISO 2409.....	71
7.2	Křížový řez ČSN EN ISO 16276 – 2	74
7.3	Odrhová zkouška ČSN EN ISO 16276 – 1	77
Závěr	81
Seznam použité literatury	83
Seznam obrázku, grafů a tabulek	88

Seznam použitých symbolů, značek a zkratek

Ø	průměr	[μm]
°	stupeň	[-]
°C	stupeň celsia	[-]
μm	mikrometr	[-]
Cl ⁻	Chlór	[-]
Cm	centimetr	[-]
č.	číslo	[-]
ČSN	česká státní norma	[-]
EN	evropská norma	[-]
H ₂ O	Voda	[-]
Hi	nejvyšší naměřená hodnota	[μm]
Hz	hertz	[-]
ISO	mezinárodní norma	[-]
Kčs	koruna československá	[-]
kHz	kilohertz	[-]
kW	kilowatt	[-]
L ₀	minimální hodnota suché vrstvy	[μm]
mils	americká jednotka vzdálenosti	[1 mil = 25,4 μm]
min	minuta	[-]
mm	milimetr	[-]
MPa	megapascal	[-]
n	počet měření tloušťky suché vrstvy	[-]
Na ⁺	sodík	[-]
nm	nanometr	[-]
O ₂	kyslík	[-]
obr.	obrázek	[-]

pH	označuje kyselost nebo zásaditost roztoku	[-]
Ra	průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu	[μm]
Rz	největší výška profilu	[μm]
SO ₄ ²⁻	síran	[-]
tab.	tabulka	[-]
V	volt	[-]
\bar{x}	průměrná hodnota	[μm]

Úvod

Většina prvotřídních materiálů a následně z nich vyrobených produktů se vyrábí z kovu. Tento hojně se vyskytující prvek má krom svých předností taky některá úskalí, která pokud se včas neodvrátí, mohou nenávratně poškodit materiál a tudíž i výrobek. Takovéto jednání má ve vysokém procentu za následek ztráty v podobě lidských životů, které se naše společnost snaží za každou cenu ochraňovat. Proto je velice důležité kov chránit před vnějšími vlivy jako je vlhkost, chlad a další činitele, kvůli němuž kovový materiál začne ztrácet své přední fyzikální vlastnosti, jinými slovy korodovat. Ano, řeč není o ničem jiném, jakožto o správné povrchové ochraně kovových materiálů.

Koroze, což je jeden z hlavních příčin poškození kovových, ale především ocelových výrobků, má na svědomí škodu v řádech několika stovek milionů korun ročně. Proto se ve strojírenském odvětví s rozvíjejícím se průmyslovým používáním oceli, vznikl také obor zabývající se samotnou ochranou těchto kovových součástí. Avšak správně navržená povrchová ochrana materiálu, prodlouží jeho životnost v řádech několika stovek procent. Pro lepší představu mohu vyjmenovat několik důležitých staveb, které by bez řádné povrchové úpravy již v dnešních dobách dávno brázdily smetiště ve sběrnách surovin. Vzácné historické monumenty jako Eiffelova věž v Paříži nebo obří most Golden Gate v San Francisku by bez kvalitních inženýrů navrhujících precizní povrchovou úpravu již dávno ztratily svůj lesk a kouzlo, které ročně navštíví stovky tisíc lidí.

Avšak jak roky ubíhaly a také se zdokonalovaly kovové materiály, bylo také potřeba, aby přišlo na scénu nové, vylepšené odvětví povrchových ochran a právě tehdy se zrodil nový obor zabývající se nano-nátěry. Nanotechnologie a s ním již spojované nanonátěry jsou poměrně nově vznikajícím odvětvím, které v sobě skrývá neomezené možnosti ve světě moderních technologií, jaké známe jen ze sci-fi filmů.

Česká firma Advanced Materials - JTJ s.r.o., již před několika lety vytvořila funkční nanonátěr, který nejen zdobí fasády domů, ale také čistí okolní vzduch od prachových částic a jiných nečistot. Teď však firma zašla ještě dál a vytvořila nátěr, který nejen čistí vzduch, ale dokáže ničit ty nejnebezpečnější bojové látky. Filmové výmysly v podobě materiálu, který se sám při poškození zacelí anebo dokáže změnit svou barvu, již brzy nebude jen hudba budoucnosti, ale běžně používané nátěry, kterými si ozdobíme nejen své automobily.

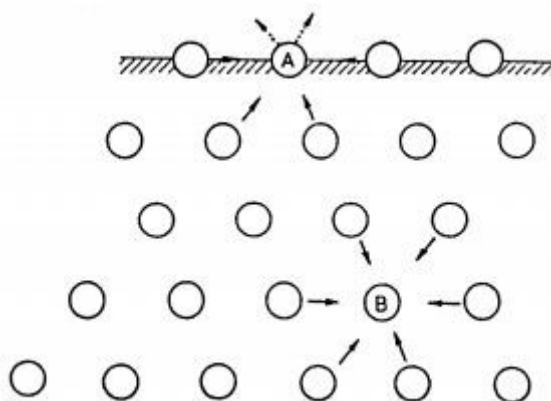
1. Charakteristika povrchu

Abychom mohli navrhnout správný ochranný nátěr, je velice důležité pochopit jak se vůbec povrch jako takový chová. Ze všeho nejdůležitější je znát strukturu materiálu a jak se tato struktura při zasažení okolních vlivů chová. Velmi důležité je taktéž si vysvětlit z čeho je povrch vlastně utvořen. Co tvoří strukturu povrchu a jak lze tyto vlastnosti využít v náš prospěch. Těmito a dalšími otázkami se budu zabývat v níže napsanými odstavci. [1] [2]

1.1 Struktura a vlastnosti povrchu

Povrch jakéhokoliv kovu je souhrn velkého počtu zrn, která tvoří rozhraní mezi pevným stavem a okolím. Takovýto povrch tělesa je vlastně velice složitý systém a to i v případě, že se jedná o chemicky velmi čistý kov. [1] [2]

Pokud budeme povrch zkoumat na atomární úrovni, zjistíme, že žádný povrch není zcela rovný a to ani u monokrystalů jejichž roviny jsou především určeny typem mřížky a její orientací. Obecně je tudíž známo, že atomy umístěny na povrchu tělesa disponují většími silami, než síly které působí mezi atomy uvnitř materiálu. Z tohoto předpokladu lze snadno vyčíst, že atomy na povrchu mají vyšší tendenci reagovat s vnějšími plyny a vázat se s nimi. [2]



obr. č. 1 - Schéma působících atomů uvnitř povrchu a na něm. [2]

Při reakci plynů s povrchem materiálu lze vidět tři různé typy jevů. Všechny tyto jevy je potřeba vysvětlit ke správnému pochopení funkce povrchu. [2]

- Adsorpce
- Inkorporace

- Absorpce

a) Adsorpce

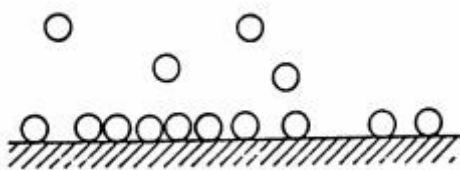
Pod tímto pojmem si lze představit shromažďování plynných částic na povrchu tělesa a to za pomoci mezipovrchových přitažlivých sil. [3]



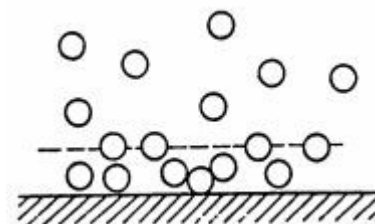
obr. č. 2 - Adsorpce. [2]

Tento jev se dá ještě rozvinout na dvě podkategorie adsorpce.

- Adsorpce fyzikální – Vzniká vlivem Van der Waalsových sil a probíhá za mnohem nižších teplot. [3]
- Chemisorpce – Je tvořena chemickými vazbami mezi atomy a tudíž je mnohem pevnější než adsorpce fyzikální. [3]



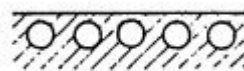
obr. č. 3 – Chemisorbované vrstvy. [2]



obr. č. 4 – Fyzikálně adsorbované vrstvy. [2]

b) Inkorporace

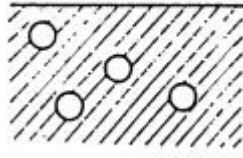
Tímto pojmem nazýváme prostup částic do povrchové vrstvy materiálu.



obr. č. 5 – Náorné vyobrazení inkorporace. [2]

c) Absorpce

Pojmem absorpce se označuje pronikání částic do větších hloubek materiálu a následné rozptýlení, neboli rozpuštění plynů v celé části adsorbentu. [2]



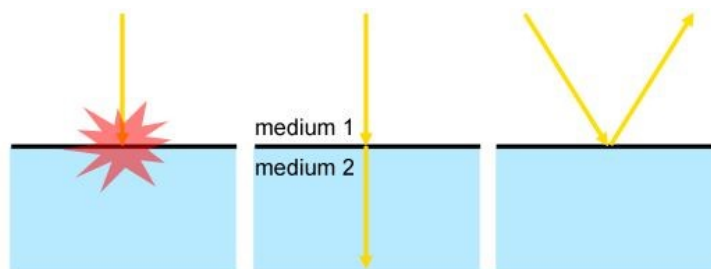
obr. č. 6 – Názorné vyobrazení absorpce. [2]

1.2 Fyzikální vlastnosti povrchu

Primárním zástupcem fyzikálních vlastností povrchu jsou emise. Při ohřevu na vysokou teplotu nebo v případě dopadání elektronů na povrch se mohou začít z povrchu kovového materiálu uvolňovat elektrony. Pokud se tento jen projeví, nazýváme ho tepelná nebo sekundární emise. Na emisní vlastnosti mají mimo jiné i velký vliv nečistoty adsorbované plyny. Pokud je zapotřebí zvýšit emisi, tak se využívá takzvaných adsorpčních vrstev. Elektrické pole, které tyto umělé vrstvy vytváří, podstatně snižuje výstupní práci, která zde probíhá. [1] [2]

V případě, že na materiál dopadá elektromagnetické vlnění, je energie takového vlnění rozdělena na tři základní složky. Jedná se o energii odraženou, pohlcenou nebo propustnou. Podíl prošlého elektromagnetického záření je tak malý, zanedbává se a pracuje se jen se zbylými dvěma vlnami a to odrazivost ρ a pohltivost α . Jejich poměr se mění v závislosti na délce vlny. Taktéž se mění v závislosti na kovu a jeho drsnosti. [1] [2]

Pokud však mluvíme o dokonalém odrazu světla od povrchu kovů, bavíme se o více zmiňovaném jevu odrazu elektromagnetického záření. Tohoto přírodního úkazu využíváme především u solárních panelů nebo u laserové technologie. Pakliže potřebujeme přeměnit onu odrazovou energii na energii tepelnou, potřebujeme, aby se hodnota pohltivosti α pohybovala v oblasti o vlnové délce 200 – 300 nm. Tato oblast je taktéž známa jako oblast infračerveného záření, které již hojně v technice využíváme. [1] [2]

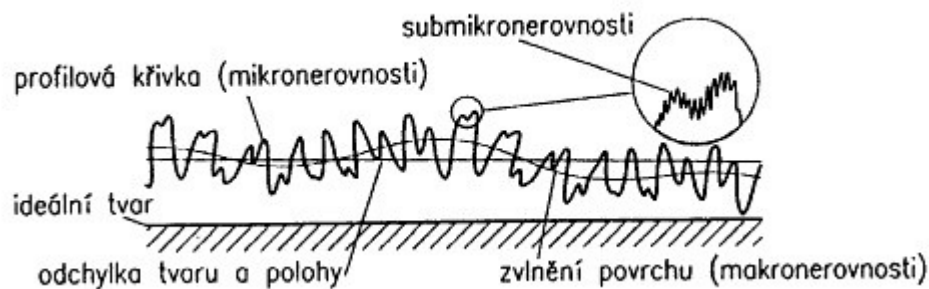


obr. č. 7 – Názorné vyobrazení třech druhů elektromagnetického vlnění – pohlcení, propustnost, odražení. [4]

1.3 Geometrické vlastnosti povrchu

Geometrické vlastnosti povrchu patří dle mého názoru mezi nejdůležitější kategorii povrchových vlastností. Správná geometrie povrchu zlepšuje adhezi povlaku a tím pádem zaručuje jeho delší trvanlivost. Této vlastnosti je hojně využíváno především v optice, kde je zapotřebí, aby byl povrch co nejrovnější. Avšak žádný povrch nelze vytvořit v ideálně rovný. Velmi se této ideálnosti přibližujeme strukturou monokrystalů, ale ani zde nelze hovořit o úplné rovinnosti. [1] [2]

Vyvstává otázka, jak mohou vznikat takovéto nechtěné nerovnosti. Především se tato chyba stává při výrobě součásti nebo její povrchové přípravě. Příkladně při třískovém obrábění se na povrchu objevují nerovnosti, které jsou zapříčiněny vztahem pohybu obrobku a nástroje. Takovéto rýhy způsobené vlivem stroje označujeme jako mikro nerovnosti. Při nechtěném zvlnění povrchu což se stává taktéž u pohybu nástroje – obrobek se jedná o termín zvaný makro geometrie povrchu. [1] [2]



obr. č. 8 – Nerovnosti povrchu a jejich charakteristika. [2]

1.4 Chemické vlastnosti povrchu

Chemická složka povrchu jde ruku v ruce s fyzikálními vlastnostmi povrchu. Pod tímto termínem se skrývá studium chemického složení povrchu a jeho oxidačních stavů. Vše probíhá na úrovni mezifázového rozhraní. Rozdíl mezi chemickou a fyzikální stránkou povrchu spočívá ve vyjádření oxidačních elektro – negativních stavů, čehož hojně využívá právě chemické odvětví rozboru povrchu. Načež fyzikální vlastnosti zkoumají především energetické funkce. [1] [2]

1.5 Rozrušování povrchu

Poruchy povrchu jsou jednou z příčin využívání povrchových ochranných materiálů. Tento znehodnocující proces může být způsoben ne vždy na bázi mechanické. Velké procento materiálu je dlouhodobě vystaveno vlivu okolního agresivního prostředí. Které charakterizuje jak vysoké i nízké teploty, ale také vlhkost či jiná agresivní činidla. Velký vliv na životnost materiálu má také jakost, tloušťka nebo složení materiálu. Rozeznáváme dvě základní příčiny rozrušování povrchu. Jedná se o: [1] [2]

- Koroze
- Opotřeбенí

1.5.1 Koroze

Koroze, jakožto nežádoucí děj lze popsat jako nevratný samovolný proces, který postupně znehodnocuje materiál a narušuje jeho fyzikální a chemické vlastnosti. Koroze je z pravidla způsobena chemickými vlivy okolního prostředí. Korozi rozdělujeme na několik poddruhů: [2]

- Koroze určována podle mechanismu [2]
 - Chemická
 - Elektrochemická
- Koroze určována podle prostředí [2]
 - Koroze v kapalinách
 - Koroze v půdě
 - Koroze v atmosféře
 - Koroze v plynech

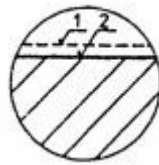
Účinkům koroze nepodléhají jen kovy a slitiny, ale také i materiály nekovového charakteru jako je sklo nebo plast. Škody na materiálu mohou nabírat různého charakteru a podoby. Příkladně koroze na kovu může postupně vyvolat až úplnou degradaci a rozpad materiálu. Avšak koroze na skle zpříčiňuje především ztrátu lesku či barvy výrobku. Existuje celá řada druhů korozního napadení, mezi něž patří: [2]

- Rovnoměrná koroze
- Bodová a důlková koroze
- Štěrbínová koroze

- Mezikrystalová koroze
- Podpovrchová koroze
- Selektivní napadení

d) Rovnoměrná koroze

Jak již název napovídá, tento druh koroze je rovnoměrně rozprostřen po celé ploše povrchu a postupně způsobuje odstraňování materiálu z povrchu kovu. Ačkoli se to může zdát nelogické, tato koroze je nejpříznivější z důvodu stanovení přesného úbytku materiálu příkladně v gramech za rok. Tudíž lze velice přesně odhadnout v závislosti na okolním prostředí, po jakou dobu bude materiál ještě schopen plnit svou funkci a zdali již není pro své okolí nebezpečný. Na obrázku č. 9 je pod číslem 1 ukázán povrch nepoškozeného materiálu korozí a pod číslem 2 je již povrch, který koroze postupně rozrušováním odstranila. [2]



obr. č. 9 – Znázornění úbytku materiálu vlivem rovnoměrné koroze. [2]

e) Bodová a důlková koroze

Tento druh koroze vzniká především u kovů se snadnou pasivitou, mezi něž řadíme železo, nikl, hliník, nebo chrom. Nejčastější vznik tohoto poškození je porušení vrchní pasivní vrstvy a to je zejména v oblasti kde je zvýšený výskyt oxidujících látek jako jsou chromáty nebo kyslík. Na níže vyobrazeném nákresu je ukázána závažnost poškození bodovou a důlkovou korozí. [2]



obr. č. 10 – Znázornění bodové koroze. [2]



obr. č. 11 – Znázornění důlkové koroze. [2]

f) Štěrbínová koroze

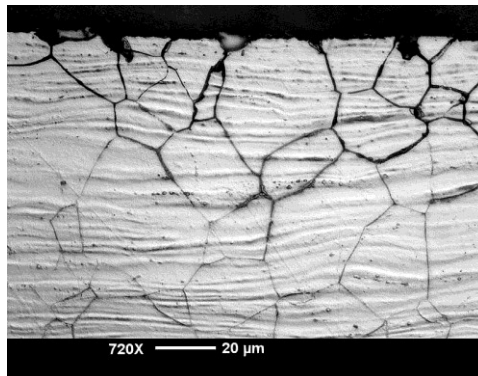
Toto poškození je úzce spjaté s korozí bodovou. Jak již název vypovídá, koroze vzniká nejčastěji ve štěrbinách, kde je špatný oběh korozního prostředí. Jakmile vzniknout větší rozdíl v obsahu kyslíku, začne se tvořit právě ona štěrbinová koroze. [2]



obr. č. 12 – Štěrbínová koroze na korozivzdorné oceli. [5]

g) Mezikrystalová koroze

Nejčastěji je tímto druhem koroze napadena austenická ocel. Jedná se o velmi nebezpečnou korozi, protože při běžném pozorování je takřka neviditelná. Vzniká z pravidla na hranicích zrn než v jejich objemu. [2]



obr. č. 13 – Znárodnění mezikrystalové koroze při velkém přiblížení. [6]

h) Podpvrchová koroze

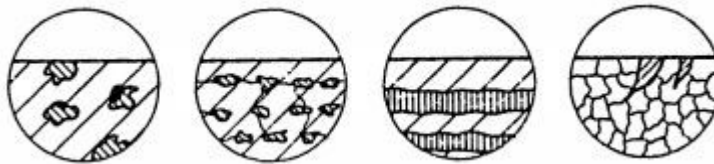
Zatímco je povrch pouze jemně narušen korozi, pod jejím povrchem se však ukrývají velké korozní dutiny. Velikost těchto dutin je přímo úměrná vlastnostem prostředí, ve kterém se nachází. Dutiny taktéž mohou vznikat bez zjevné spojitosti s povrchem. [2]



obr. č. 14 – Podpovrchové korozní napadení. [2]

i) Selektivní napadení

Výskyt tohoto napadení můžeme nejčastěji vidět u slitin kovu, které obsahuje dvě a více struktur. Ve velké procentu případů byla korodující fáze výrazně odlišná od fází, které nebyly napadeny. [2]



obr. č. 15 – Selektivní napadení v názornější podobě. [2]



obr. č. 16 – Selektivní koroze v praxi. [7]

1.5.2 Opotřebení

Avšak nejen koroze dokáže poškodit materiál. Je obecně známo, že jakákoliv věc má svou délku životnosti, to jest doba, po kterou lze materiál efektivně využívat. Při otázce co způsobuje dobu oné životnosti, se dostáváme k právě zde probírané opotřebitelnosti. Definice opotřebení spočívá na základních fyzikálních parametrech. Může k němu docházet jak vlivem třecího styku dvou těles, tak při náhodném porušení povrchu materiálu. Projevy takového poškození jsou ze začátku jen těžko odhalitelné a většinou se odhalí, až když je

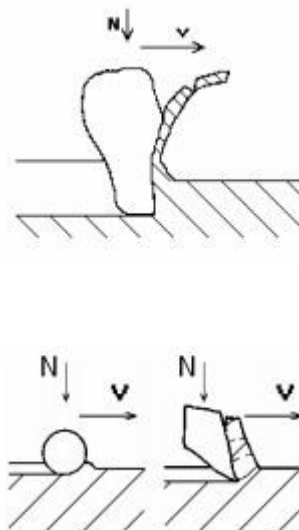
příliš pozdě na jakoukoliv nápravu poškozeného dílu. Mezi nejčastější projevy patří především stále se zvyšující hluk, vibrace nebo nespolehlivost zařízení. [2]

Tak jako většina důležitých částí povrchových úprav, tak i opotřebení se dělí na několik druhů a to: [2]

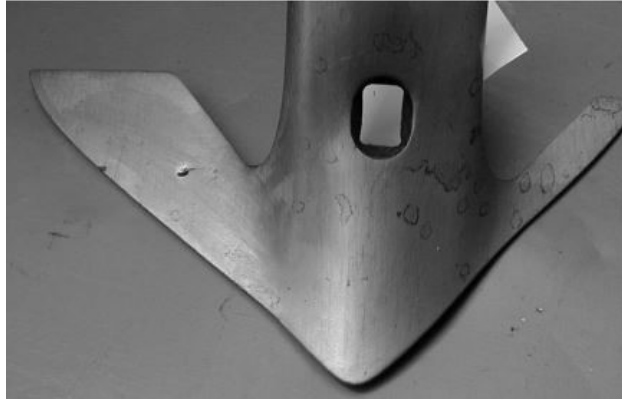
- podle vnějších změn a podmínek
 - Abrazivní opotřebení
 - Erozivní opotřebení
 - Adhezivní opotřebení
 - Kavitační opotřebení
 - Únavové opotřebení
 - Vibrační opotřebení

a) **Abrazivní opotřebení**

Tento způsob opotřebování nastává v případě tření mezi povrchy, kdy jsou nerovnosti materiálu odlupovány právě onou třecí silou. Samotná velikost opotřebení závisí na spoustě faktorů, jedná se především o velikost zatížení nebo třecí délka obou ploch. Ovšem na abrazivní opotřebení má také veliký vliv velikost, tvar a množství abrazivních částic. [2] [8]



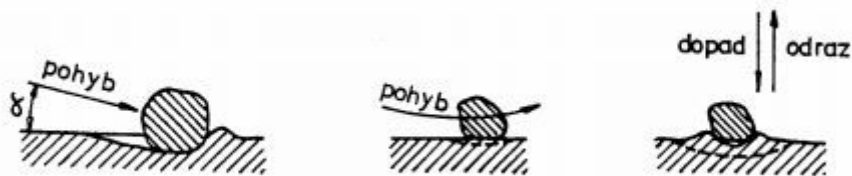
obr. č. 17 – Princip vzniku abrazivního poškození. [8]



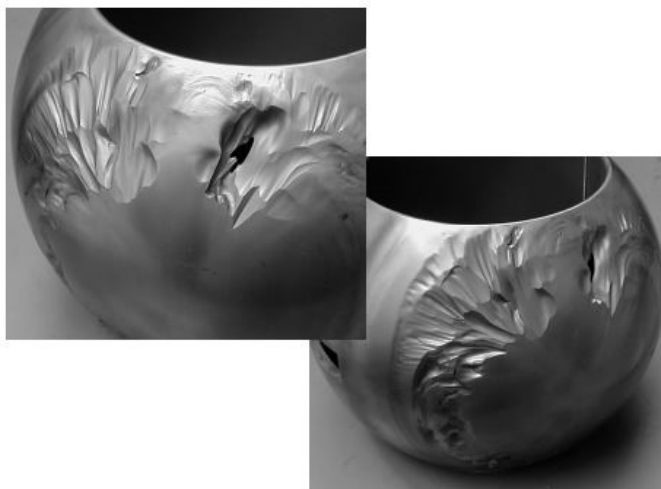
obr. č. 18 – Poškození strojní součásti vlivem abrazivního opotřebení. [8]

b) Erozivní opotřebení

Vzniká porušováním materiálu působením kombinace tuhých částic a media. Tuhé částice se sráží s povrchovými částicemi a při takové srážce se kinetická energie částic mění na deformační práci a dochází k oddělení malého objemu materiálu. Médium bývá nejčastěji v podobě kapaliny, ale také může být i v podobě plynu. Jedná se o velmi složitý proces. Velikost tohoto opotřebení je velmi úzce ovlivněna velikostí částic a vlastnostmi media. Proti tomuto druhu opotřebení se lze bránit použitím odolnějších materiálů. [2] [8]



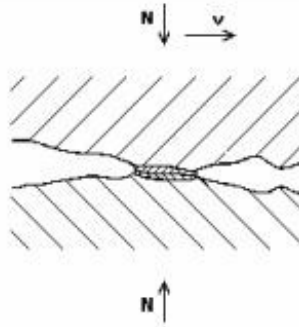
obr. č. 19 – Princip vzniku erozivního opotřebování materiálu. [2]



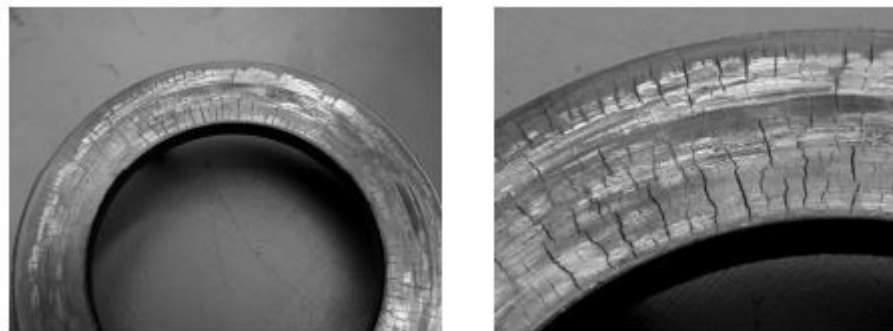
obr. č. 20 – Erozivní opotřebení demonstrováno na ukázce z praxe. [8]

c) Adhezivní opotřebení

Aby byl umožněn vznik adhezivního opotřebení, musí tělesa po sobě klouzat, vytrhávat částičky a přenášet je na druhý materiál. K tomuto procesu dochází vlivem meziatomových sil, které se snaží oba povrchy k sobě spojit v jeden celek. Tento poměrně složitý systém je však nejčastější způsob opotřebování součástí. [2] [8]



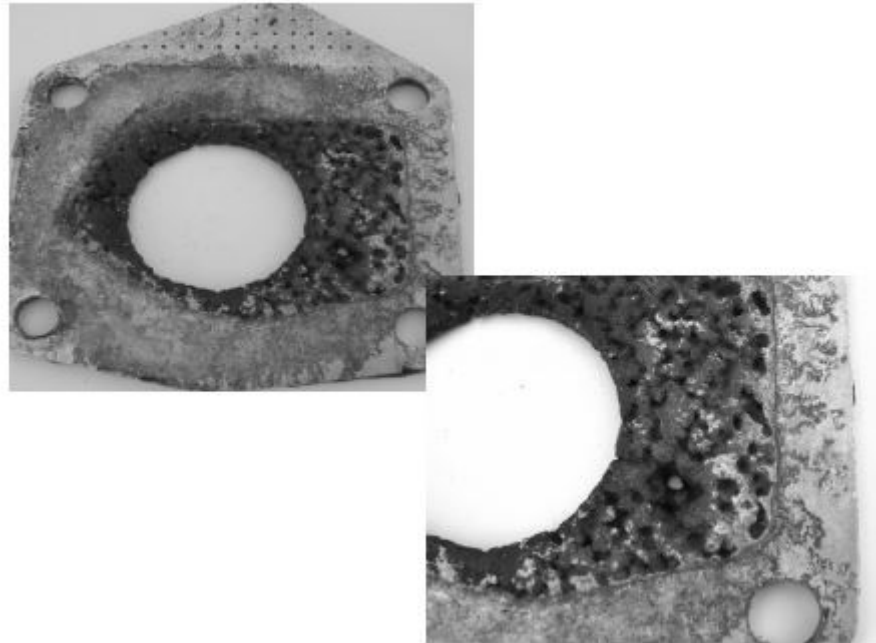
obr. č. 21 – Princip mechanismu adhezivního opotřebování. [8]



obr. č. 22 – Vážnost poškození adhezivním opotřebováním. [8]

d) Kavitační opotřebení

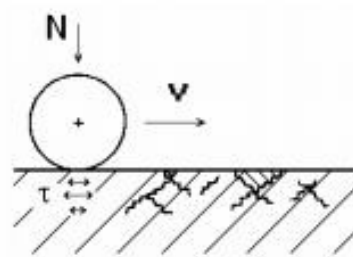
Kavitační opotřebování je způsobeno dynamickými účinky. Tyto účinky jsou způsobené vznikem bublin a jejich následným zánikem. Bublíny jsou vyplněny párou v kapalině a to pouze v místech kde je tlak kapaliny menší než tlak páry. Tlak kapaliny se následně snaží dosáhnout hladiny tlaku páry a tímto způsobem vzniká kavitační opotřebení. [2] [8]



obr. č. 23 – Působení kavitačního opotřebení na součásti. [8]

e) Únavové opotřebení

Tento druh opotřebování materiálu vzniká při opakovaném a dlouhodobém působení tlaku. Výskyt je tudíž nejčastěji zaznamenáván u převodových soukolí nebo u valivých ložisek. Aby se tato možnost opotřebení co nejvíce snížila je v první řadě důležitá pečlivá a přesná výroba, zvláště pak u ozubených kol. Dále je důležité, aby byl při výrobě zvolen správný materiál s vhodnými vlastnostmi a parametry. [2] [8]



obr. č. 24 – Vznik únavového opotřebení. [8]



obr. č. 25 – Únavové opotřebení u strojních součástí. [8]

f) Vibrační opotřebení

Vznik tohoto opotřebení je zapříčiněn kmitavým pohybem o různé frekvenci, avšak frekvence by neměla, přesáhnou amplitudu 0,075 mm, protože pak již se spíše jedná o opotřebení adhezivní. Někdy se pro vibrační opotřebení užívá název jako vibrační koroze nebo třecí únava. Probíhá z pravidla v prostředí se zvýšenou oxidací. [2] [8]



obr. č. 26 – Strojní součásti poničené vibračním opotřebením. [8]

1.6 Smáčivost povrchu

Tahle podkapitola je dle mého uvážení nejdůležitější část povrchu, zejména z pohledu nanotechnologie, protože právě smáčivost povrchu hraje velkou roli v principu nanopovlaků. [9]

Pod pojmem smáčivost si lze představit vlastnost určité kapaliny, přichytit se k povrchu pevných látek. Smáčivost je nejčastěji udávána takzvaným kontaktním úhlem, což je úhel, který lidověji řečeno určuje, do jaké výše se kapalina rozlije po povrchu pevného tělesa. Zdáli si zachová svůj tvar kulaté kapky, anebo zcela přilne k materiálu a vytvoří souvislý povlak. Z hlediska nanopovlaků je špatná smáčivost velice žádaná, protože vize všech vědců pracujících v oblasti nanopovlakování je zajistit aby si kapalina po styku s pevnou hmotou zachovala svůj tvar i objem a pouze po povrchu klouzala, jako když vznášedlo klouže po pevnině. [9]



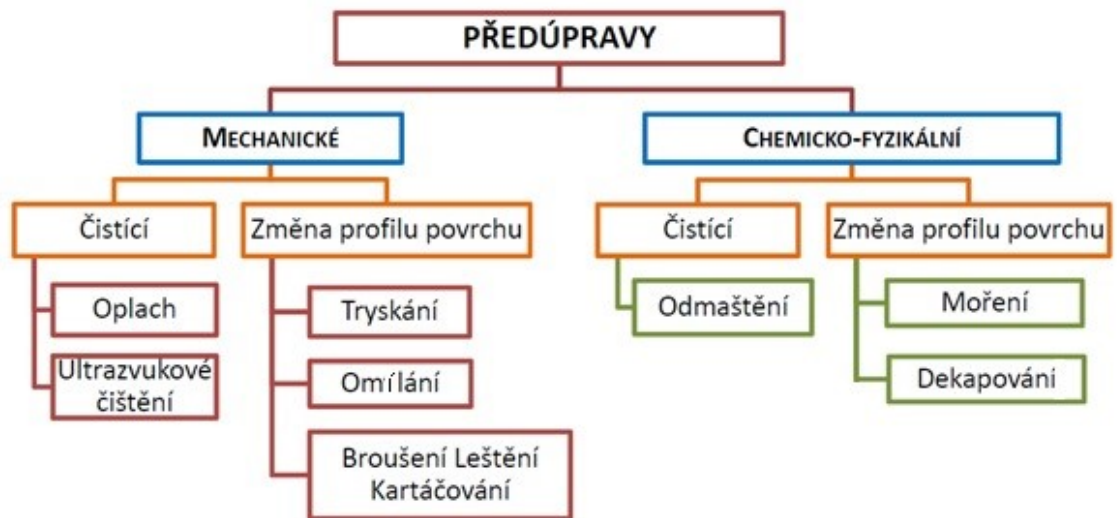
obr. č. 27 – Základní typy smáčivosti povrchu. [9]

2. Předúpravy a čištění povrchu

Předtím než se však dostaneme k nátěrům a pokročilejším nanonátěrům, je zapotřebí si ještě vysvětlit základní přípravy materiálu před aplikací libovolného nátěru. [1] [10]

Tomuto procesu se říká předúpravy nebo také předběžné povrchové úpravy. Jedná se o shluk několik procesů, které nám materiál bezpečně připraví pro následné nanášení povrchové ochrany. [1] [10]

Předúpravy povrchu materiálu se dělí na dvě základní skupiny. Do první skupiny předúprav povrchu řadíme mechanické přípravy povrchu a do druhé skupiny řadíme chemicko-fyzikální přípravy povrchu. Obě skupiny mají za úkol zbavit materiál především rzi, okují popřípadě jiných nečistot. [1] [10]



obr. č. 28 – Rozdělení předběžných úprav povrchu. [10]

2.1 Mechanické předúpravy povrchu

Použitím mechanického způsobu očištění povrchu dosáhneme především odstranění hrubých nečistot, jako jsou zbytky past nebo rzi. Tento způsob očištění povrchu má však ještě jeden skrytý účel a to, že vlivem mechanického ovlivňování materiálu vznikají na povrchu miniaturní nerovnosti, které napomáhají k lepšímu ukotvení nátěru na materiál. Dále se však mechanické předúpravy dělí na dvě odvětví a to: [1] [10]

- Čistící mechanické předúpravy
- Mechanické předúpravy se změnou profilu povrchu

2.1.1 Čistící mechanické předúpravy

Tento způsob povrchových předúprav má za úkol, očistit materiál aniž by vzniklo jak viditelné tak neviditelné poškození povrchu materiálu. Využívá se především těchto dvou způsobů: [1] [10]

- Čištění pomocí oplachu
- Čištění pomocí ultrazvuku

a) Čištění za pomoci oplachu

Při tomto způsobu odstraňování nečistot se z pravidla využívají vodní trysky, které především očistí povrch od snadno umyvateľných nečistot. Velkou výhodou tohoto čištění je jednoduchá záměna trysek a také velmi malá údržba. [1] [10]

b) Čištění za pomoci ultrazvuku

Princip této technologie čištění kovu spočívá na metodě zvané kavitace. Jedná se vlastně o velice prudké především mechanické srážky kovu s kapalinou a to má za následek očištění povrchu materiálu. [1] [10]

V případě odstranění větších nečistot se využívá frekvence 20 až 40 kHz. Pokud však chceme povrch očistit jemně, použijeme kmitočty 40 až 70 kHz a v případě velmi jemného očištění, aby se nepoškodil povrch základního materiálu, se z pravidla užívá 70 až 200 kHz. [1] [11]

2.1.2 Mechanické předúpravy se změnou profilu povrchu

Tato mechanická předúprava se od své předešlé kapitoly liší nejen v metodě, která je při procesu využívána, ale také tím, že kromě řádného očištění, zanechává na povrchu krátery, jimiž se může nátěr lépe zakotvit do struktury materiálu tím pádem prodloužit jeho životnost. Do této podskupiny patří tyto technologie: [1] [10]

- Tryskání
- Omílání
- Broušení
- Leštění
- Kartáčování

a) Otryskávání

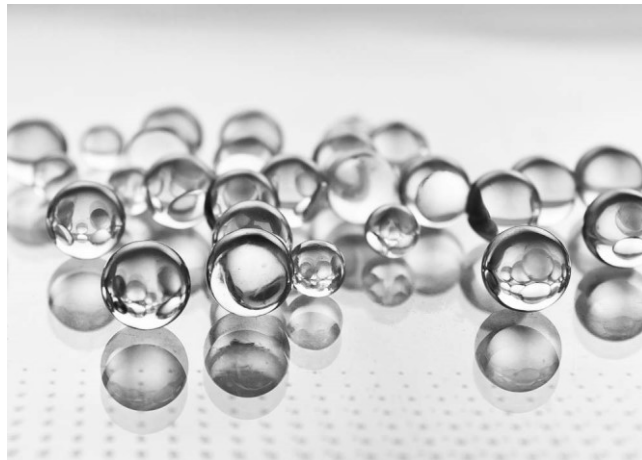
Technologie otryskávání je první zástupce mechanických předúprav povrchu. Povrch materiálu je bombardován vysokou rychlostí tryskacím médiem, které může být ve formě kuliček, sekaného drátu nebo písku, případně dalších materiálů. Tímto způsobem se z povrchu tryskaného materiálu odlupují kusy rzi, past nebo okují a zachovávají čistý povrch připraven pro nátěr. Mezi výhody tohoto procesu patří také velká mobilita a fyzická

nenáročnost celého procesu oproti kartáčování nebo podobných procesů. Za výhodu je také považováno opakované použití tryskacího média. Avšak tak jako všechny technologie mají svoje výhody, tak také mají i svoje nevýhody. Mezi ně patří především náročný proces dopravy média, zejména pokud se práce provádí přímo v terénu na rekonstruovaném objektu. Taková stavební práce čítá až několik nákladních aut s tryskacím médiem, které se musí do objektu jednak dopravit, ale také následně odvézt. [1] [10]

Využívají se nejčastěji tato tryskací media:

- Balotina

Pod pojmem balotina si můžeme představit skleněné kuličky, vyráběné za pomoci granulací skla. Tohoto tryskacího média se využívá především pro leštění nebo vyhlazování povrchu materiálu. Balotina je vhodná zejména ke snížení drsnosti povrchu a to až o neuvěřitelných 50 %. Povrch tryskaný tímto abrazivem je důlkového charakteru a tudíž i více odolný vůči korozi nebo poškození. Snímek balotiny je vyobrazen na obrázku č. 1 níže. [1] [10]



obr. č. 29 – Balotina. [12]

- Křemičitý písek

Tohoto média se zejména využívá při pneumatickém tryskání. Zrna křemičitého písku jsou ostrého tvaru a právě proto je kladen důraz na tlak, jakým je abrazivum stříleno na substrát. Užívání tohoto media se již v dnešní době nedoporučuje a to především z hygienických důvodů. Vyobrazení média je znázorněno na obrázku č. 3. [1] [10]



obr. č. 30 – Křemičitý písek. [13]

- Sekaný drát

Tento materiál se především využívá při potřebě zdrsnění povrchu. Jako média se zde využívá nasekaného patentovaného drátu, který je nakrájen na drobné válečky. Toto abrazivum se již více nedělí, a tudíž je využití sekaného drátu mnohem hospodárnější, ale o to asi 5x dražší než je tomu u litinových drtí. Jelikož se drát, jíž více neštěpí, tak se dá používat až 8000 cyklů. V porovnání je to asi o 1000 krát více než tomu je u balotiny. Materiálem ze kterého se drát vyrábí je nejčastěji nerezová ocel. [1] [10]



obr. č. 31 – Sekaný drát. [14]

- Litinová drť

Litinová drť se vyrábí drcením litinových granulí. Drť se využívá především k odstranění rzi nebo starých nátěrů, ale také při odstranění zbytku prachu nebo past. Toto abrazivum má až 60x vyšší životnost než sklářský písek a také je mnohem

hygieničtější. Bohužel je však mnohem dražší než již zmiňovaný sklářský písek. [1]
[10]



obr. č. 32 – Litinová drť. [15]

b) Omílání

Jedná se o mechanický proces, který je především vhodný pro menší předměty. Hlavní myšlenka této metody tkví v omílání brusných těles a také polotovaru v omílacím přístroji. Bohužel tento proces není vhodný v případě zachování ostrých hran, protože veškeré omílací procesy způsobují právě zakulacování hran a mohou taktéž poškodit obrobek. Omílací stroje máme vibrační, odstředivé, vlečné anebo proudové. [1] [10]



obr. č. 33 – Omílací tělíska. [16]



obr. č. 34 – Stroj pro vibrační omílání. [17]

c) Broušení

Této operace se nevyužívá jen pro odstranění nečistot, ale také v případě zdrsnění povrchu. Pokud chceme takového cíle dosáhnout, musíme využít kotouče s mnohem větší zrnitostí a také zvýšit obvodové rychlosti. Pokud však chceme povrch materiálu pouze očistit od rzi, okují a jiných nečistot, použijeme kotouče malou zrnitostí a také menšími obvodovými rychlostmi. Pokud je potřeba můžeme také využít k broušení speciální pasty

nebo oleje, avšak takovýto postup je velice nehygienický a proto se od něho často upouští a jako náhrada se využívá speciálních automatických strojů. [1] [10]

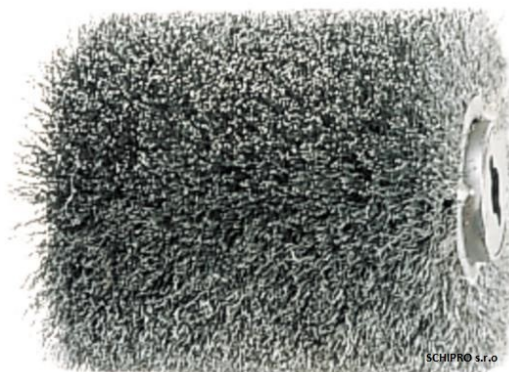
Broušení nejčastěji dělíme podle cíle, kterého chceme dosáhnout. V praxi se z pravidla využívá broušení, které, hrubuje, vyhlazuje, jemně vyhlazuje, předlešťuje nebo jemně předlešťuje. [1] [10]

d) Leštění

Leštění je obvykle považováno za pokračující operaci po broušení. Povrch, který je zbaven veškerých hrubých nečistot je potřeba vyleštit na požadovanou jakost a drsnost. K leštění se nejčastěji využívá leštících past a bavlněného kotouče. [1] [10]

e) Kartáčování

Čištění kartáčováním se velmi často využívá především k odstranění odlupující se rzi nebo odlupujícího se nátěru. K tomuto procesu se používají kartáče s štětinami vyrobenými nejčastěji z mosazných nebo ocelových drátků. Kartáčování má mimo čistící schopnosti taky schopnost zbavení materiálu menších nerovností a prohlubní. [1] [10]



obr. č. 35 – Ocelový kartáč určený ke kartáčování. [18]

2.2 Chemicko – fyzikální předúpravy povrchu

Jak již název napovídá, jedná se o čištění povrchu za pomoci chemikálií, nejčastěji však různých druhů kyselin. Kyseliny reagují s horní vrstvou materiálu a zbavují ji všech nežádoucích nečistot. Tyto úpravy dělíme na : [1] [10]

- Čistící předúpravy povrchu
- Úpravy se změnou profilu povrchu

2.2.1 Čistící předúpravy povrchu

Do této podkategorie je zařazena pouze: [1] [10]

- Odmašťování

a) Odmašťování

Jak již je patrné z názvu operace jedná se o zbavení povrchu mastnoty. Tato úprava je jedna z velmi důležitých, protože v případě neprovedení této předúpravy by nátěr nemusel správně přilnout k povrchu materiálu a tím by se zkrátila životnost jak nátěru, tak i samotného chráněného materiálu. Ke správnému zbavení povrchu mastnot musíme využít zásaditého činidla, které by mělo obsahovat alkálie anebo tenzidy. Po této technologii se doporučuje oplach materiálu pod horkou vodou a to z důvodu odstranění silných zásaditých činidel, které mohou zůstat na povrchu. Na odmašťování nejčastěji používáme tyto čistící přípravky. [1] [10]

- Vysokotlaké kapalinné odmašťování
- Emulzní odmašťování
- Neutrální roztoky
- Elektrolytické odmašťování
- Organická rozpouštědla
- Alkalické roztoky

2.2.2 Úpravy se změnou profilu povrchu

Zde je jako prostředek využito kyseliny, která zbaví povrch jednak okují a rzi, ale také částečně materiál opatří pasivací. Tato pasivace chrání materiál proti dalšímu korodování. Využíváme především dvou metod k docílení takto chráněného povrchu. [1] [10]

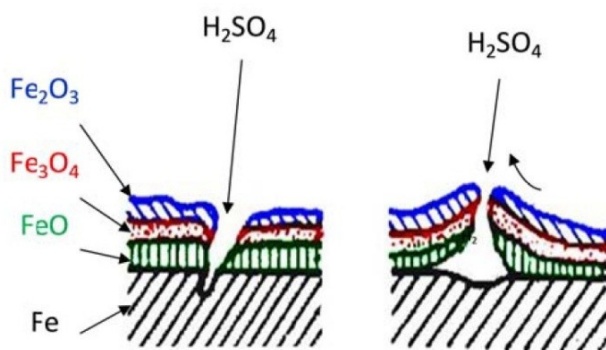
- Moření

- Dekapování

a) Moření

Technologie moření se používá k odstranění okují, rzi nebo jiných povrchových nečistot. Proces probíhá za pomoci různých druhů kyselin jako je kyselina solná, kyselina sírová nebo kyselina fosforečná. [1] [10]

Kyseliny se v první fázi musí nanést na povrch materiálu a to příkladně smáčením v kyselinových lázních. Kyseliny mají tendenci nečistoty odlupovat a odleptávat. V druhé fázi je nutné očistit materiál oplachem vody, aby se zabránilo následné reakci kovu s okolní atmosférou. Abychom takovému jevu předešli, využívá se též pasivace. [1] [10]



obr. č. 36 – Odlupování nečistot mořením v kyselinách. [10]

b) Dekapování

Dekapování je metoda kdy se z povrchu vlivem namáčení v kyselině chlorovodíkové nebo kyselině sírové, odlupují nečistoty, jako jsou oxidy, které jsou často pouhým okem nepostřehnutelné. [10]

3. Povlaky

Povlaky jako takové sami o sobě neznamenají nic, avšak v kombinaci s chráněným materiálem se jedná o naprosto nejdůležitější část veškeré konstrukce. Díky nátěrům nebo jiným ochranným prostředkům, lze životnost kovového materiálu prodloužit až v řádech tisíců procent. Existuje celá řada povlaků, od organických nátěrů po anorganické, přes různé

speciální nátěry typu ohnivzdorné nebo voděvzdorné. Všechny tyto povlaky však mají jedno společné a to vylepšit vlastnosti materiálů a to ne jen z hlediska korozivzdornosti. [1] [19]

Literatura uvádí, že podle statistik v roce 1985, v české a slovenské republice ročně vlivem koroze vznikly škody za více než 15 miliard Kčs. Z tohoto důvodu nejraději uvádím příklad amerického Golden Gate Bridge. Jedná se o most ve městě San Francisco, který vznikl v polovině 20. století a je nepřetržitě natírán a to z důvodu jeho velikosti. Týmu natěračů totiž trvá celý rok, než tento slavný most natrou do zářivé cihlové a proto sotva skončí s nátěrem, mohou opět začít celý proces od začátku. Bez této ochrany by již tento most byl dávno v rozpadu. Zde je tudíž jasně vidět jak povrchová ochrana dokáže téměř napořád při pravidelné údržbě zachránit miliony tun oceli ročně. [1] [19]

Postupně si v celé kapitole projdeme nejen základní parametry ochranných povlaků, ale i celou řadu zajímavých a z mého hlediska důležitých předpokladů pro lepší pochopení principu jejich funkce. [1] [19]

Povlakové systémy se dělí na dvě nejzákladnější složky: [1]

- Organické povlaky
- Anorganické povlaky

Povlak lze také rozdělit podle účelu, který má plnit a to na: [1]

- Ochranný
- Dekorativní
- Signální
- Maskovací
- Speciální

3.2 Organické povlaky

Pod pojmem organický nátěr si lze představit „živý“ povlak, který je zpravidla tvořen kovem, sklem anebo keramikou. Nanáší se na předem očištěný povrch nejčastěji v plazmatické podobě a to za pomoci několika různých druhů nanášení. Nejčastěji se však využívá natírání štětcem anebo stříkání. Zpravidla se natírá několika vrstvami a to z důvodu

delší životnosti. Každá vrstva totiž může obsahovat různé složení a tím i jiné vlastnosti. [1] [19]

Jelikož se v dnešní době čím dál více mluví o ekologii naší planety, jde vědcům, kteří stále navrhuji nové a lepší nátěry, především o nahrazení toxických látek, které obsahují některý nátěrové systémy. Především se jedná o druhy rozpouštědel a pigmentů. Taktéž se velice často stává, že z důvodu stále se snižujícímu množství surovin, jsou někteří výrobci nuceni nahrazovat určité složky nátěru za levnější a často i méně kvalitnější suroviny. Výsledkem se pak stává nefunkční nátěr, který může spíše ohrozit jak ekologii, tak svoje okolí. Tudíž je velice důležité znát funkční složky povlakových systémů a využít jejich výhod tam, kde jsou nutně zapotřebí. [1] [19]

Jako první krok do světa povlaků bych chtěl uvést jejich základní rozdělení. [1] [19]

3.2.2 Základní rozdělení organických povlaků

a) Nátěry dělíme na dvě základní skupiny: [1] [19]

- Transparentní – Tyto hmoty vytváří průhledný film a mohou obsahovat jen složku filmotvornou, ale i složku těkavou. Existují však ještě nátěrové hmoty, které jsou sice průhledné, avšak mají různé zabarvení. Toto barevné vylepšení je způsobeno doplněním organického barviva. [1] [19]
- Pigmentovaný – Zpravidla se jedná o neprůhledný nátěr a to za předpokladu nízkého obsahu pigmentu. V případě velkého zastoupení pigmentu v objemu nátěru se jedná o tmel. [1] [19]

b) Nátěry dělíme podle funkce užití: [1] [19]

- Venkovní nátěr
- Vnitřní nátěr

c) Nátěry dělíme podle ochranného účinku: [1] [20]

- Bariérový
- Elektrochemické
- Inhibiční

d) Nátěry dělíme podle způsobu nanášení: [1] [19]

- Stříkací
- Natírací štětcem
- Nanášení stěrkou
- Ponořováním
- Poléváním

3.2.3 Označování nátěrových hmot

Při výběru jakéhokoliv nátěru a nejen jeho se setkáváme s přesně daným označením. V níže uvedených odstavcích uvedu rozbor každé číslice v onom označování. [1] [19]

Nátěrové hmoty se označují písmenem a čtyřmístným číselným kódem. Písmeno udává typ filmotvorné složky: [1] [19]

- A – asfaltové nátěrové hmoty
- B – polyesterové nátěrové hmoty
- C – celulózové nátěrové hmoty
- E – práškové nátěrové hmoty
- H – chlórorkaučukové nátěrové hmoty
- K – silikonové nátěrové hmoty
- L – lihové nátěrové hmoty
- O – olejové nátěrové hmoty
- S – syntetické nátěrové hmoty
- U – polyuretanové nátěrové hmoty
- V – vodové a emulzní nátěrové hmoty
- P – pomocné přípravky

Vodové a lihové nátěry se neoznačují podle filmotvorné složky, ale podle složky těkavé. [1] [19]

Za písmenovým označením následuje označení číselné, které je zpravidla čtyřmístné. První číslice značí druh nátěrové hmoty. [1] [19]

- **1** – bezbarvé, transparentní laky, fermeže, transparentně obarvené laky
- **2** – jedná se o nátěry pigmentované, mezi které se řadí barvy nebo emaily
- **3** – pasty tónovací
- **4** – hmoty nástřikové a vyrovnávací
- **5** – tmely
- **6** – ředidla
- **7** – sušidla, katalyzátory nebo tvrdidla
- **8** – pomocné prostředky a ostatní látky
- **9** – pryskyřice

Dle normy ČSN 67 3067, další číslice v pořadí udává barevný odstín nátěru. [1] [19]

- **0000 až 0999** – bezbarvé nátěry
- **1000 až 1999** – šedé odstíny
- **2000 až 2999** – hnědé odstíny
- **3000 až 3999** – fialové odstíny
- **4000 až 4999** – modré odstíny
- **5000 až 5999** – zelené odstíny
- **6000 až 6999** – žluté odstíny
- **7000 až 7999** – oranžové odstíny
- **8000 až 8999** – červené odstíny
- **9000 až 9999** – ostatní barvy



obr. č. 37 – Využití číselného označení v praxi. [21]

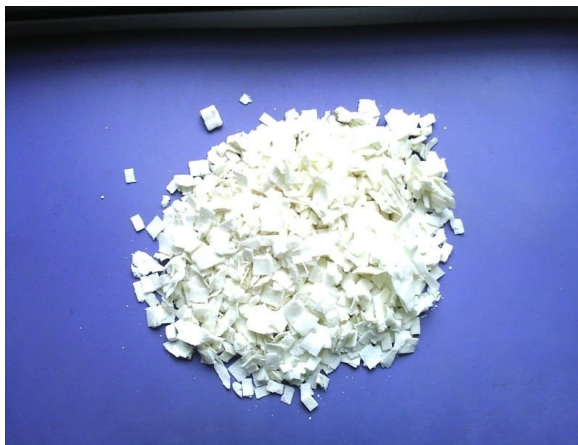
Na výše uvedeném obrázku je vyobrazena nátěrová hmota s názvem HOSTAGRUND. Tento povlak má číselné označení S 2177 a z výše vysvětleného číslování vyplývá, že se jedná o syntetickou nátěrovou hmotu pigmentovanou s odstínem šedé barvy. [19] [21]

3.2.4 Složení nátěrových hmot

Nátěrové hmoty se skládají z pojiv, rozpouštědel, pigmentů, plnidel a aditiv. Tyto čtyři složky tvoří ve většině případů právě onu chránící směs. Postupně si všechny čtyři složky podrobněji rozebereme. [1] [19]

a) Pojiva

Pod pojmem pojiva se ukrývají filmtvorné složky nátěrových povlaků. Jedná se o netěkavé látky, které vytváří poměrně tenkou vrstvu na povrchu materiálu. Každý druh pojiva se od sebe odlišuje jak po stránce fyzikální tak i chemické. Mezi nejvýznamnější pojiva patří bezpochyby vysychavé oleje, deriváty nebo asfalty. [1] [19] [22]



obr. č. 38 – Derivát celulózy nazývaný jako nitrocelulóza. [23]

b) Rozpouštědla

Rozpouštědla neboli těkavé složky nátěrové hmoty se využívají zejména k rozpuštění pojiv. Mezi nejznámější určitě patří benzíny, alkoholy, ketony, estery nebo benzeny. [1] [19] [22]



obr. č. 39 – Benzenové rozpouštědlo toluen. [24]

c) Pigmenty

Termín pigment označuje organické nebo anorganické části obsažené v nátěrové hmotě. Jejich primární funkce je krycí schopnost, barevnost nátěru, zvyšují teplotní odolnost a další protikoroziční ochrany. Pigmenty nejčastěji rozdělujeme na tři druhy: [1] [19] [22]

- Inhibitorové pigmenty (zinková žluť, suřík)
- Neutrální pigmenty (titanová běloba, zinková běloba)

- Stimulující pigmenty (saze, grafit)

V případě vrchních nátěru se využívají pigmenty, jako jsou titanová běloba nebo železité slídy. [19]



obr. č. 40 – Práškový pigment suříku. [25]

d) Plnidla

Plnidly se rozumí minerální sloučeniny, které zpravidla upravují vlastnosti nátěrové hmoty. Jedna z jejich primárních vlastností je zabránit smrštění filmu po zaschnutí nátěru. [1] [19] [22]



obr. č. 41 – Práškový mastek jako plnidlo. [26]

e) Aditiva

Jedná se o příměsi do nátěru, jako jsou stabilizátory, sušidla a podobné přísady. Základním úkolem takových aditiv je především vylepšit, upravit nebo prodloužit žádoucí vlastnosti nátěrového systému. [1] [19] [22]



obr. č. 42 – Aditivum v podobě přísady pro lepší přilnavost k povrchům. [27]

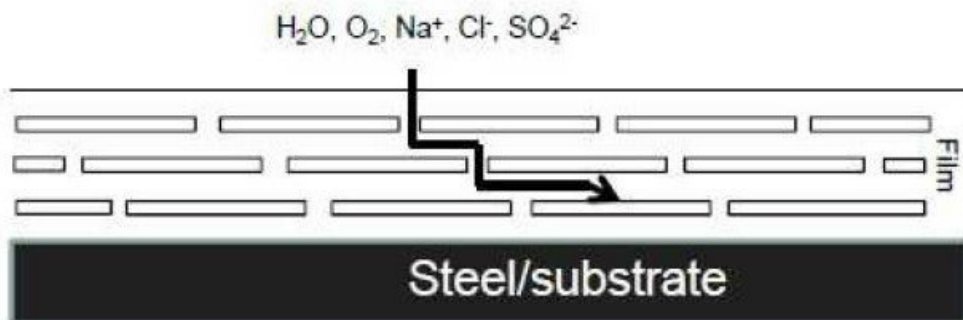
3.2.5 Mechanismus ochranného účinku

Rozeznáváme tři základní typy mechanismu, jakým chrání nátěr základní materiál. [20]
[28]

- Bariérová ochrana
- Inhibiční ochrana
- Elektrochemická ochrana

a) Bariérová ochrana

Jak již název napovídá, jedná se o způsob ochrany, který zpomaluje nebo znemožňuje pronikání korozního prostředí skrz nátěr až k povrchu. Princip přesného účinku je popsán na obrázku níže, avšak bariérovou ochranu v povlaku určují převážně pigmenty. Pigment zde působí jako částičky, které vytváří v povrchové vrstvě především zpomalovací efekt. Ochrana materiálu je zajištěna po celou dobu správné přilnavosti nátěru k základnímu materiálu. Taktéž životnost ovlivňuje prostředí, kterému je materiál vystaven. Mnohem menší životnost bude mít materiál v prašném nebo podobně zatíženém prostředí. [20] [28]



obr. č. 43 – Princip bariérové ochrany v povlaku. [29]

b) Inhibiční ochrana

Po celých dvou set let byla tato ochrana nejvýznamnější v oblasti ochrany nátěrových hmot. Mechanismus inhibiční ochrany materiálu zajišťovaly jak jinak než pigmenty, které byly obsaženy v nátěrech. Především se jednalo o velice toxické olovené sloučeniny. Princip inhibiční ochrany spočívá ve správném určení materiálu pro zhotovení anodového a katodového inhibitoru. [20] [28] [30]



obr. č. 44 – Rozdíl mezi ocelí neopatřenou inhibitory koroze a ocelí opatřenou inhibitory koroze v korozním prostředí vody. [31]

c) Elektrochemická ochrana

Touto ochranou se rozumí vysoký obsah zinkového prášku v nátěrové hmotě, obvyklé množství zinku je nad 90 %. Takto obohacená hmota chrání materiál i po poškození nátěru, avšak pouze po krátkou dobu. Ochrana je zabezpečena díky galvanickému působení zinku

v nátěru, který vlivem oxidace dokonale utěsní povrch. Materiál je tak dokonale chráněn před povětrnostními vlivy následně bariérovou ochranou. Je důležité poznamenat, že podle Mezinárodní organizace zaměřenou na ochranu životního prostředí je zinek oficiálně zařazen mezi látky, které škodí životnímu prostředí. [20] [28]



obr. č. 45 – Zinkový prášek. [32]

3.2.6 Transparentní nátěry

Do této kategorie nátěrů se řadí povlaky, kterým určuje vlastnosti filmotvorná složka. Jsou to právě nátěry s filmotvornými látkami, které udávají životnost nátěrům. Avšak dříve se předpokládalo, že vlastnosti, kterými nátěr oplývá, jsou stejné jak na povrchu, tak i na dotykové ploše nátěru s kovem. Později se ovšem zjistilo, že tato domněnka je poněkud mylná. Nátěrový film jaký je obsažen v povlaku, má jiné rozmístění molekul a tudíž je jiný jak na jeho povrchu, tak i vně povrchu. [1] [19]

Do této kategorie se řadí nejznámější nátěry jako: [19]

- Olejové nátěry
- Alkydové nátěry
- Celulosové nátěry
- Chlorkaučukové nátěry
- Asfaltové nátěry
- Epoxidové nátěry
- Polyuretanové nátěry
- Akrylátové nátěry

d) Olejové nátěry

Zhruba před 70 lety se jednalo o velice důležitou povrchovou ochranu, která zaujímala první příčky v oboru povrchových úprav. Oleje byly na bázi přírodních rostlinných. U nás to byl především olej tungový nebo lněný. Dnes však v době chemicky vyspělé mají své zastoupení přibližně z 5 %. Tento typ nátěru po nanesení na povlakovaný povrch začne reagovat s kyslíkem obsaženým ve vzduchu. Touto chemickou reakcí začne docházet k zasychání a povlak tak nabyde přibližně o 10 %. Postupným vysycháním se přemění olejová hmota na nátěrový film. [19]

e) Alkydové nátěry

Olejové nátěry měli však řadu nevýhod a to především dlouhá zasychající doba, ale také velký nedostatek rostlinných olejů, které byly klíčovým prvkem v oněch nátěrech. Tudíž se začalo postupně přecházet na používání alkydových pryskyřic. Tento druh pryskyřice se získává reakcí polyfunkčních alkoholů, mezi které patří nejznámější glycerol anebo kyselina ftalová. Velmi důležitou složkou při výrobě alkydových pryskyřic jsou rostlinné oleje, tedy přesněji řečeno mastné kyseliny v nich obsažené. Zastoupení mastných kyselin se interpretuje v procentech. Alkydy obsahující menší poměr mastných kyselin čili olejů než 40 % jsou krátké alkydy, pokud se však pohybují v rozmezí 40 – 60 %, bavíme se o středních. Při poměru více než 60 % se jedná o takzvané dlouhé alkydy. [19]

f) Celulosové nátěry

Vznik tohoto nátěrového povlaku je proces, který započne při odpařování ředidel a rozpouštědel z nátěru. Již během několika málo minut se povlak zdá být již zaschlý, avšak zdání klame, dokonalé vytvrzení nátěru je v rozmezí 6 – 12 hodin po vytvoření nátěru. Mezi výhody tohoto povlakování patří bezpochyby rychleschnoucí vlastnost a možnost nanášení hmoty nástřikem. Využití těchto nátěrů bylo již od roku 1990 v automobilovém průmyslu. [19]

g) Chlorkaučukové nátěry

Chlorovaný kaučuk se ve velkém objemu využívá k výrobě nátěrových hmot. Tato hmota vzniká při chloraci přírodního kaučuku. Tímto procesem vznikne bílý prášek, který je velmi dobře rozpustný v organických rozpouštědlech. Vzniklý roztok však neposkytuje nátěr disponující správnými vlastnostmi. Přílnavost k oceli je poměrně nedostačující a taktéž i pórovitost. Pro zkvalitnění nátěru je potřebné přidat do směsi změkčovač v podobě

chlorovaného difenylu nebo chlorovaného parafínu. Následně nám vznikne funkční nátěrová hmota, která má velice krátkou vysychající dobu. [19]

h) Asfaltové nátěry

Výhodou těchto nátěrových systémů je velice dobrá odolnost vůči vodě, kyselině a roztokům soli. Naproti tomu nevýhodou pro asfaltové nátěry je sluneční záření, které dělá nátěr křehčím a rozpraskaným. Vlastnosti těchto hmot lze výrazně zlepšit pigmentací hliníkovým práškem. [19]

i) Epoxidové nátěry

Hlavní složkou ve výrobě epoxidových hmot je pryskyřice. Epoxidová pryskyřice je nažloutlá avšak někdy spíše bezbarvá kapalina, která se pro zlepšení požadovaných vlastností kombinuje s tvrdidly. Životnost takovéto směsi je však jen několik hodin, proto je vhodné připravit směs obou složek až těsně před aplikací. Tento nátěr se hodí zejména pro základní nátěry, jelikož při povětrnostních podmínkách časem křídovatí a ztrácí funkci. [19]

j) Polyuretanové nátěry

Polyuretanové nátěry máme jednosložkové, ale i dvousložkové. Zatímco jednosložkové se vytvrzují vzdušnou vlhkostí, tak dvousložkové se vytvrzují reakcí vodíku v jedné ze dvou složek. Tento typ nátěrů velmi dobře odolává slunečnímu záření, takže se využívá jako vrchní nátěr. Taktéž oplývá i velmi dobrou adhezí ke kovu. [19]

k) Akrylátové nátěry

Jak jsem již výše uvedl, tento typ nátěrů je stále používanější především však v automobilovém průmyslu. Akrylátové nátěrové systémy se vyznačují především svou odolností vůči povětrnostním podmínkám ale také svou dlouho trvající barvou a leskem. [19]

3.2.7 Pigmentové nátěry

Pigmenty v nátěru mají velký vliv na jeho životnost, ale také na ochrannou složku nátěru. Ve většině případů se vyskytují společně s pojivem. Pigmentů je celá řada, avšak jen menší část z nich našla využití v ochranných nátěrech. Nejúčinnějšími pigmenty jsou většinou toxické sloučeniny. Snahou vědců je postupně nahrazování škodlivých pigmentů méně toxickými a více šetrnými k životnímu prostředí. Při využití pigmentů na vrchní vrstvy

nátěru se používají především bezpečnější sloučeniny, jako jsou oxid titaničitý oxid zinečnatý nebo oxid železitý. [1] [19]

Mezi nátěry řídicí se pigmenty, které určují jeho vlastnosti, se řadí: [19]

- Suřík
- Olovičitan divápenatý
- Kyanamid olovnatý
- Benzoan olovnatý
- Práškové olovo
- Zinková žlut'
- Kovový zinek
- Kovový mangan
- Fosforečnan zinečnatý
- Pigmenty pro vrchní nátěry

a) **Suřík**

Suřík je jeden z nejstarších antikoročních pigmentů. Byl již objeven na počátku našeho letopočtu v jednom spáleném skladu na uchování běloby olovnaté. Suřík zde byl nalezen v podobě oranžového prášku. Existuje několik druhů suříku. Především se dělí podle množství doplňujících látek jako je oxid olova, který má vliv mimo jiné na houstnutí nátěru vlivem skladování. Suřík se v dnešní době používá do nátěrů již jen ve velmi malém množství a to především z důvodu obsahu olova, které je toxické. [19]

b) **Olovičitan divápenatý**

Nátěry obsahující tento druh pigmentu se využívají především k ochraně pozinkovaného povrchu, oceli nebo hliníku. Adheze takového nátěru je velmi příznivá, zejména u pozinkovaného povrchu. Pokud aplikujeme nátěr v rozmezí 70 až 150 μm , a pozinkovaná vrstva bude obsahovat aspoň tloušťku 30 μm , pak je zaručena životnost nátěru až 25 let! [19]

Velmi špatný vliv má na nátěrovou hmotu voda, také proto je využití olovičitanu divápenatého hlavně u základní vrstvy nátěru. [19]

c) Kyanamid olovnatý

Při druhé světové válce, kdy byl především nedostatek olova, se začal hojně využívat kyanamid olovnatý, který se využíval především jako pigment do základních nátěrů. Oblíbenost si našel nejen kvůli svému antikoroznímu účinku, ale také z důvodu dobré krycí vlastnosti nátěru. Tento typ pigmentu je velmi podobný suříku, ale v porovnání s ním má mnohem větší spotřebu oleje. [19]

d) Benzoan olovnatý

Jedná se o kyprý prášek bílé barvy. Taktéž se tento druh pigmentu začal využívat v období druhé světové války. Dodnes je benzoan olova nebo zinku doporučován jako antikorozní pigment. Vyznačuje se velmi malou rozpustností, a tudíž funguje na principu inhibitorů koroze. Využití si taky mimo jiné našel na bezbarvé laky a vypalované bezbarvé laky kde mnohonásobně zvyšuje korozní odolnost povrchu materiálu. [19]

e) Práškové olovo

Pod pojmem práškové olovo si lze představit částice o velikosti 1 μm . Využití tohoto pigmentu jako protikorozní ochrany je vhodné využít při styku s mořskou vodou. Olovo ve formě prášku na sebe váže v poměrně velké míře kyslík. Tímto procesem dochází ke snížení katodové a anodové korozní reakce. Jinými slovy olověný prášek působí elektrochemickou ochranou na povrchu materiálu. [19]

f) Zinková žlut'

Dříve byla využívána především jako pigment do základních nátěrů pouze na hliník a zinek. Postupem času se však zjistilo, že její vlastnosti jsou stejně dobré taky na ocelovém povrchu. Začala se tedy hojně využívat téměř do všech základních barev určených na ocel. Mechanismus jakým zinková žlut' chrání základní materiál je zpomalit anodový korozní děj. [19]

g) Kovový zinek

První zmínka o použití zinkového prachu při výrobě nátěru se datuje kolem roku 1840. Předností tohoto pigmentu v časech minulých byla především velká krycí schopnost povlaku, avšak později se přišlo na to, že prach zinku má taktéž antikorozní účinky. Velký vliv na kvalitu nátěru se zinkovým práškem má také poměr pigment – pojivo a procentuální obsah zinku. Při 96 % zinku v nátěru a poměr pigment – pojivo v poměru 1:19 dílů, se

dostáváme na dobu dvou let. Tato doba je potřebná ke vzniku počáteční koroze. Zatímco při obsahu zinku okolo 86 % a poměru pigment – pojivo při poměru 1:6, je doba potřebná ke vzniku rzi pouhé dva dny! [19]

h) Kovový mangan

Mangan je hojně používaný při pigmentaci základních kontaktních antikoročních nátěrů. Anoda vyrobená z manganu udává oceli protikorozi ochranu jak v mořské vodě, tak ve vodě říční. Procento manganového prachu v nátěrové hmotě musí být velice vysoké, obdobně jak tomu bylo u zinkového prachu. Mangan ve formě prášku je také mnohem dražší, než prášek zinkový a jeho tmavě hnědé zbarvení je často zaměňováno s korozí. [19]

i) Fosforečnan zinečnatý

Poměrně novým pigmentem chránící proti korozi bez toxicity je fosforečnan zinečnatý. Nejvhodnějšími pojivy v kombinaci s fosforečnanem se zdají být alkydy a oleje. Takto vzniklá nátěrová hmota se velmi dobře hodí do prostředí s mořskou vodou nebo do průmyslových oblastí. [19]

j) Pigmenty pro vrchní nátěry

Na vrchní nátěry se často používají stimulační anebo neutrální pigmenty. Mezi nejvýznamnější a nejnámější patří červený oxid železitý nebo zinková běloba. Právě již zmiňovaný oxid železitý se nejvíce hodí do agresivního prostředí a to především kvůli své malé reaktivitě s okolím. Oxid železitý se ve velkém počtu případů doporučuje kombinovat s oxidem zinečnatým. [19]

Pokud však hovoříme především o venkovním prostředí, je velmi dobré nezapomenout na železitou slídu. Využití takového nátěru je například na Eiffelově věži v Paříži nebo na rozlehlých mostních ocelových konstrukcích. Funkční mechanismus, který chrání materiál je bariérový. [19]

3.2.8 Způsoby nanášení nátěrových hmot

Vhodný výběr nanášecí technologie má velký vliv především při délce životnosti povlaku a tím pádem i základního materiálu. Obecně je známo, že ocelové konstrukce, převážně ty rozměrově objemné, je vhodné nanášet stříkáním. Ovšem v určitých případech je

zapotřebí využít štětce. Naopak nejméně používaným prostředkem pro nátěr konstrukcí je váleček. [1] [33] [34]

Jednu z hlavních rolí taktéž hraje ekonomická stránka aplikace nátěru. V určitých případech je z ekonomických důvodů zkrátka vhodnější zvolit nátěrovou aplikaci složitější avšak za to mnohem úspornější. Tyto dva parametry však nejsou ani z daleka jediné, podle kterých se projektoví inženýři rozhodují při volbě technologie nanášení. Velmi prioritní je taktéž správně zhodnotit tvar konstrukce a následně vyhodnotit nejúčinnější způsob nanesení. [1] [33] [34]

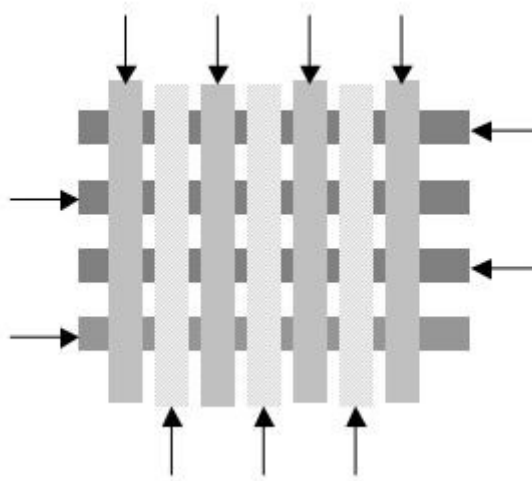
Rozlišujeme tyto základní formy nanášení nátěrové hmoty: [1] [33] [34]

- Ruční nanášení štětcem
- Nanášení pneumatickým stříkáním
- Nanášení tlakovým stříkáním
- Nanášení máčením

a) **Ruční nanášení štětcem**

Štětců je celá řada druhů, tvarů a velikostí. Rozeznáváme štětce zejména podle materiálu štětín. Nejčastěji se používají přírodní vepřové štětiny nebo upravovaná syntetická vlákna. Jednou z hlavních výhod nanášení štětcem je zajištění perfektní adheze nátěru k základnímu materiálu. Tato schopnost je zajištěna tlakem, kterým působíme na štětec je nátěrová hmota vtlačována do skulin a pórů a tudíž se omezují riziková místa, kde by mohla vznikat počínající koroze. Další výhodou je téměř nulová investice do této technologie povlakování. Avšak ze strany druhé má aplikace štětcem i své nevýhody. Jednou a řekl bych i hlavním negativním parametrem je velký podíl lidské práce a malá produktivita. Pokud se bavíme o ztrátách při aplikaci, tak se dá s určitostí konstatovat, že jsou tak malé až se zanedbávají. [1] [33] [34]

Důležité je taktéž zmínit směr a princip nanášení. Obvykle se hmota natírá do kříže, nejdříve jedním směrem se nátěr nanese štětcem na povrch a následně se kolmo na předešlé tahy hmota již bez namočení roztírá. Na níže vyobrazeném snímku je zakresleno tmavými tahy nanesení hmoty na povrch a tahy světlými je již pouze roztíráno. [1] [33] [34]



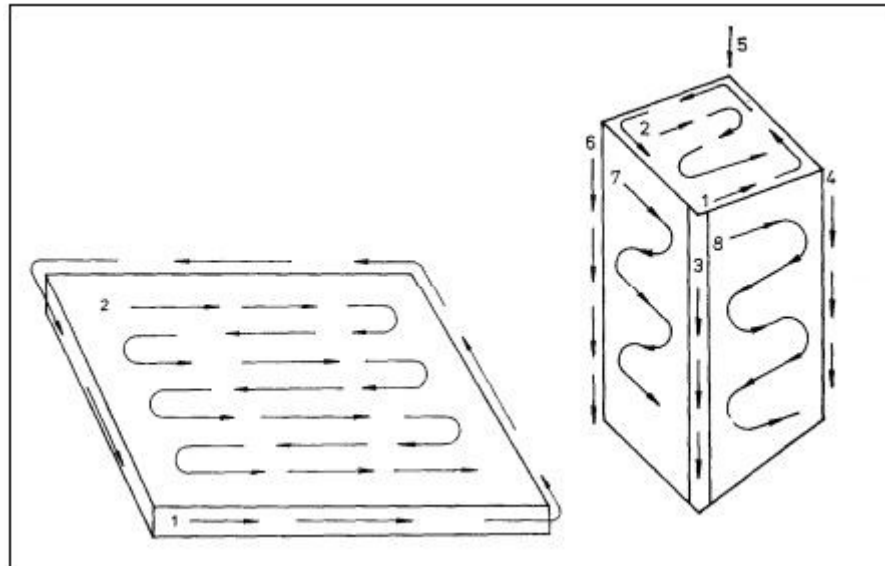
obr. č. 46 – Směr nanášení nátěru. [33]

b) Nanášení pneumatickým stříkáním

Stříkání pneumatické je taktéž někdy označováno pod názvem vzduchové stříkání. Princip této technologie spočívá ve vysokém tlaku vzduchu, který žene kapičky nátěrové hmoty velkou rychlostí směrem ven z tryskací pistole. Tlak, který zajišťuje pohyb kapičkám nátěru, se liší v závislosti na typu stříkací pistole, konzistenci nátěrové hmoty anebo velikost trysky. Ve většině případů se využívá optimálního tlaku, který se pohybuje od 0,3 do 0,35 MPa. Mezi hlavní nevýhody bývá zařazován obrovský prostřík nátěrových hmot a ředidel. [1] [33] [34]

Nanášení stříkáním probíhá stejným způsobem jako výše popsané nanášení štětcem. Vzdálenost stříkací pistole od povrchu povlakovaného materiálu se pohybuje ve vzdálenosti 35 – 45 cm. Velká chyba, které se často dělníci dopouští, je natáčení zápěstí při nanášení velkých ploch. Takovýmto způsobem se totiž mění jedna dopadající rychlost kapiček barvy, ale taktéž úhel, pod kterým nátěr dopadá a to může mít neblahý vliv na kvalitu nátěru. [1] [33] [34]

Stříkání musí probíhat směrem dopředu pod úhlem přibližně 77° k ploše materiálu. Pokud stříkáme objemnější tělesa, jako mohou být obráběcí stroje nebo různé skříně, je důležitá nanášet povlak vždy od vrchu směrem dolů. Na obrázku níže je znázorněn příklad objemného tělesa a přesný návod k jeho nástřiku. [1] [33] [34]

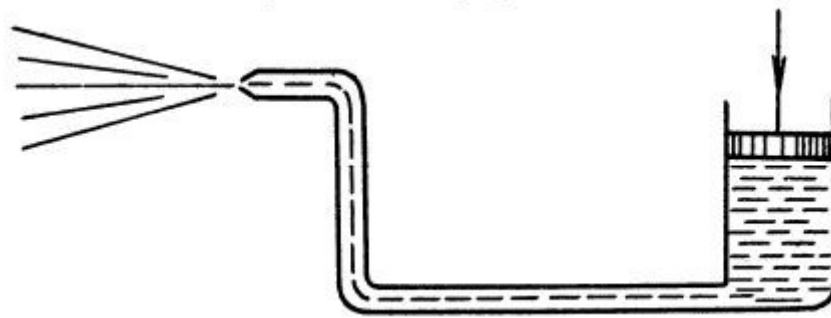


obr. č. 47 – Technika nanášení pneumatickým stříkáním. [33]

c) Nanášení tlakovým stříkáním

Nátěr je rozprašován tryskou, do které je hnána právě nátěrová hmota pod velkým tlakem. Tlak tlačící nátěr ven je obvykle v rozmezí 8 – 15 MPa. Výhodou tohoto bez vzduchového stříkání je eliminace ztrát, které vznikají při vzduchovém stříkání ve formě víření vzduchu a následným odrážením vystříkované nátěrové hmoty do okolního prostředí. Avšak další velmi cennou výhodou je průnik nátěrové hmoty do skulin a spár. Této poslední výhody je u vzduchového stříkání nevyužito a to z důvodu vytvoření vzduchových polštářů a následnému zabraňování průstupu hmoty do spár. Jako další plusová výhoda je menší potřeba ředidel do nátěrů a tím je zajištěna vyšší hospodárnost. Co se životního prostředí týče, tak vlivem menšího objemu ředidel se nedostává tolik škodlivin do ovzduší a okolí a taktéž není potřeba zajistit tak velkou klimatizační kapacitu jako tomu je u vzduchového stříkání. [1] [33] [34]

Tlakové stříkání se hodí jak pro nanášení základní vrstvy nátěrové hmoty, tak i pro podkladové vrstvy. Taktéž se zde vyskytuje určitá výhoda oproti vzduchovému stříkání a to, že trysky pro airless stříkání jsou o dost menší a zajišťují mnohem vyšší výkon. [1] [33] [34]

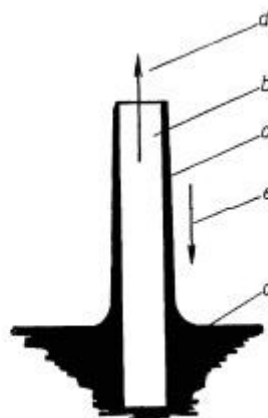


obr. č. 48 – Názorné vyobrazení tlakového stříkání. [33]

d) Nanášení máčením

Jak je již patrné z názvu, nanášení nátěrové hmoty probíhá ponořením materiálu do nádržky s nátěrovou hmotou a následným konstantním vynořením z nádrže. Při odjímání tělesa z nádržky veškerý přebytečný povlak steče a materiál zůstane pokrytý pouze rovnoměrnou vrstvou. Rychlost vynořování materiálu z nádrže se z pravidla pohybuje v rozmezí 8 – 25 cm/min. Tloušťku nátěru ovlivňuje především konzistence nátěrové hmoty. [1] [33] [34]

Při logickém uvážení každého napadne, že se jedná o poměrně velké plýtvání s nátěrovou hmotou, respektive s ředidly, která uchovávají nátěr v kádi stále funkční. Aby byla tato technologie považována za hospodárnou a přínosnou, musí se za jednu směnu spotřebovat více než 10 % nátěrové hmoty obsažené v lázni. [1] [33] [34]

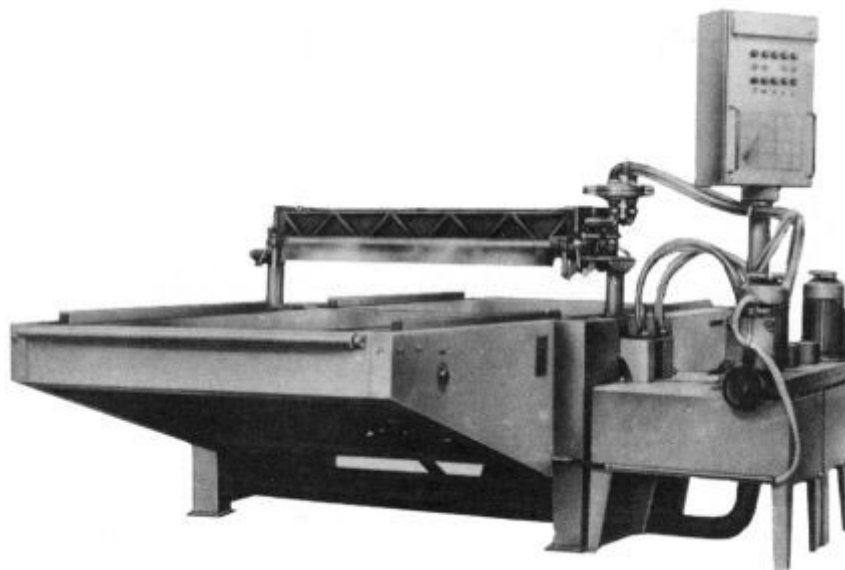


a-lázeň, b-výrobek, c-nátěr, d-směr vynořování, e-stékání nátěrové hmoty

obr. č. 49 – Princip vynořování materiálu z lázně s nátěrovou hmotou. [33]

e) Nanášení poléváním

Tato technologie je poměrně málo odlišná od technologie máčení, avšak má několik odlišností. Na rozdíl od nanášení máčením tak při poléváním můžeme povlakovat i rozměrnější materiály a nejsme již omezovali velikostí lázně. Taktéž při polévání je mnohem menší spotřeba nátěrových hmot. K polévání se využívá takzvaný clonovací přístroj. [1] [33] [34]



obr. č. 50 – Clonovací přístroj pro technologii polévání. [33]

4. Nanopovlaky

Konečně se dostávám k hlavní kapitole celé teoretické části diplomové práce. Při otázce co si lze pod pojmem nanopovlak představit mě napadá zcela jednoduchá odpověď. Zkrátka se jedná o vylepšený povlak na bázi nanočástic, které dokáží nejen zlepšit vlastnosti zmiňovaného povlaku, ale taktéž dokáží posunout vědu povrchových úprav na zcela novou úroveň! [35]

Budoucnost v oblasti nanopovlaků je doslova , růžová '. Vědci totiž v tomto novém rozměru spatřují zcela neprozkoumané možnosti. Již dnes existuje celá řada nano produktů, které dokáží utvořit z obyčejného povrchu naprosto dokonalý. Jak po stránce odolnosti vůči obrovským teplotám tak po stránce životnosti. Proto jistě nepřeháním, když toto nové odvětví označím za naprosto jedinečné a v budoucnu revoluční. [35]

4.2 Historie nanopovlaků

Většina lidí se domnívá, že vědní obor nanotechnologie a s ním spojené nanopovlakování je zcela nový obor který vznikl až začátkem 21. století. Tento fakt však není tak úplně pravdivý. Již první záznamy o nanopovlaku se datují již na počátek 4. století našeho letopočtu a to na území Egypta a staré Číny. Nejznámějšími předměty nalezené v tomto období jsou Lykurgovy poháry. Objeveny byly na území dnešní Dalmácie a byly pojmenované po bájném králi Lykurgosovi. Tyto nádoby jsou především významné tím, že obsahují speciální barvu, která dokáže při různém úhlu prostupu světla měnit barvu poháru. Přesněji řečeno, pokud pozorovatel sleduje pohár v klasickém odraženém denním světle, má jasně zelenou barvu. Avšak zdali je světlo vysláno z vnitřní strany poháru, jeví se pozorovateli jako jasně červenou rubínovou barvou. Dnešní moderní výzkumy se touto anomálií zabývaly a bylo zjištěno, že sklo, ze kterého jsou poháry vyrobeny, je zcela totožné s dnešním moderním sklem. Otázka tedy byla, co způsobuje onu barevnou odlišnost. Při velmi detailním zkoumání objevili vědci ve struktuře skla velice nepatrné částičky zlata a stříbra. Jednalo se o částičky o velikostech 70 nm, takže se dalo hovořit o nanočásticích. Pro lepší představu, velikost viru se pohybuje okolo 100 nm, takže je zcela patrné, že na tak starou dobu se jednalo o poměrně malé kousky. [36] [37]



obr. č. 51 – Lykurgovy poháry při rozdílném dopadu denního světla. [38]

Avšak nejednalo se pouze o poháry, kde byla využita síla nanotechnologie. Již v období renesance zdobili malíři zlatavou barvou talíře a to za pomoci glazury obsahující nanočástice stříbra a mědi. [36] [37]

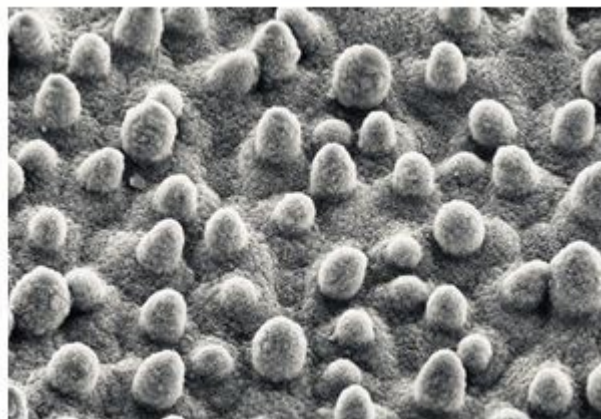


obr. č. 52 – Zlatý taliř z roku 1530. [39]

4.3 Princip nanopovlaku

Tak jak to již u všech pokročilejších technologií bývá, tak i zde čerpali vědci své znalosti z přírody. Přesněji řečeno vědci byli udiveni samočisticím a vodu odpuzujícím efektem lotosového listu. Později byla tato schopnost nazvána jako efekt lotosového listu a motýlích křídel. Při detailnějším zkoumání bylo však zjištěno, že princip, na kterém je založen čistící efekt listů, je velice důmyslný. Celý povrch listu je pokryt velice, ale zdůrazňuji velice malými hrbolky ve tvaru spíše jehliček, které dosahují rozměru asi dvě setiny milimetru. Na samém konci těchto takzvaných jehliček se nachází drobné šupiny vosku a právě toto opatření dělá jehličky voděodolnými. Zde se pro takto dokonalý povrch užívá spojení superhydrofobní, což v překladu znamená silně odpuzující vodu. [40] [41] [42]

Dlouhou dobu měla vědecká komunita za to, že samočisticí efekt listů je způsoben nabalování nečistot při dešti a tím pádem jeho smývání. Jednalo se o přijatelné řešení, avšak v nedávných studiích bylo dokázáno, že se listy lotosu čistí i v případě nedeštivých dní. Tímto bylo zahájeno nové zkoumání, které přineslo velice zajímavé výsledky. Při brzkých ranních hodinách se mezi hrbolky listů usazují maličké kapky rosy. Tyto kapky se nadále zvětšují, a jakmile se dotknou hrbolků potaženými voskem, jejich povrchové napětí se natolik zvýší, že doslova vystřelí z povrchu listu i se všema nečistotami obsažené na onom listě. [40] [41] [42]



obr. č. 53 – Povrch lotosového listu v mnohonásobném zvětšení. [40]

Dnešní speciální nátěry, které jsou vytvořeny na bázi nano částic dosahují velice podobného efektu jako lotosový list v přírodě. Základní princip je téměř podobný avšak některé detaily se poměrně liší. Přesněji řečeno řeč je o velice úspěšném nátěru nazvaném ULTRA EVER DRY. Jedná se o americkou společnost ULTRATECH International sídlící na Floridě, která pro vytvoření svého produktu čerpala mnoho důležitých poznatků právě z lotosového květu. [40] [41] [42]

Princip tak jako u přírodního lotosu tkví v miniaturních výstupcích s tím rozdílem, že konečky nejsou zakončeny voskem, ale velikost mezi výstupky je tak malá, že dokáže pochytit molekuly vzduchu a tak vytváří nad výstupky vzduchový deštník. Tento mechanismus zajistí impregnovanému materiálu dokonalou odpudivost jak kapaliny, tak tuhých znečišťujících látek. [40] [41] [42]



obr. č. 54 – Využití přípravku ULTRA EVER DRY v praxi. [43]

4.4 Výroba nanoprášku

Existují některé nátěry, které vznikli na zcela odlišné bázi jako dříve zmiňované nanonátěry, avšak taktéž se tak označují nanopovlak. Rozdíl spočívá takřka ve všech ohledech. Nejdůležitějším však je fakt, že se jedná o téměř klasickou nátěrovou hmotu, která je však obohacena o nanoprášek, který zlepšuje fyzikální a chemické vlastnosti nátěru. Může se jednat o zvýšenou odolnost opotřebením nebo lepší korozivzdornost, zkrátka možností využití takovéto technologie je velice rozsáhlé. Mezi základní dělení tvorby nanoprášku se řadí: [37] [44] [45]

- Vytvoření metodou chemickou
- Vytvoření metodou fyzikální

4.4.2 Tvorba částic chemickou metodou

Tato kategorie je nejpoužívanější při tvorbě částic nano velikostí. Pokud správně využijeme možností chemické metody, lze vytvořit nanočástice různých velikostí a tvarů. [37] [44] [45]

Podstata této metody záleží na nukleaci, což je vznik krystalů a právě tento proces je nejčastěji spuštěn redukováním solí kovů. Proces redukce solí je zejména nejvíce rozšířená při tvorbě koloidních částic kovů. Touto metodou lze vyrobit nanočástice poměrně přesně jak do velikosti či tvaru. Avšak velmi důležité je také využití redukčních činidel, kterými mohou být hydridy nebo citrát sodný. [37] [44] [45]

Jedna z nejmladších objevených metod je elektrochemický proces. Díky tomuto procesu lze vytvořit částice nano rozměrů ve velmi velkém rozsahu. Princip celé metody spočívá především na oxidaci iontu kovu, pod čímž si lze představit částice, které se redukují a následně připojují ke svým kovovým jádrům, přičemž se vysráží právě koloidní částice. [37] [44] [45]

4.4.3 Fyzikální metoda

Touto metodou se tvoří částice, které nejsou příliš žádoucí a to především z důvodu větších rozměrů, z pravidla více než 10 nm. Princip tohoto procesu spočívá v mechanickém mletí materiálu, kdy se zrna jednak melou, ale taktéž vlivem vzájemných srážek dělí na stále menší částice. [37] [44] [45]

Obdobná metoda mechanického dělení je takzvaný proces mikrovlnného záření. Podstata spočívá v zahřívání a štěpení materiálu. Takovýmto procesem se vytváří nanočásti platiny, zlata nebo stříbra. [37] [44] [45]

4.5 Budoucnost v oblasti nanopovlaků

Nanopovlakování a obecně věda nanotechnologie je jedna z nejrychleji se rozvíjejících věd dnešní doby a to především z důvodu možností, které právě tento směr nabízí. To co již dnes vidíme pouze ve sci-fi filmech se již brzy může stát skutečností. Řeč tudíž není jen o nanotechnologii jako takové, ale taktéž o nanopovlakování, které patří neodmyslitelně k velice důležitému odvětví. Představte si auta měnící svoji barvu nebo laky, které se samy opraví. Takovéto a další možnosti časem jistě nanopovlakování přinese. Již teď je tento směr velmi rozvinutý. Tak jak jsem již v minulé podkapitole nastínil, tak již dnes trh nabízí speciální povlakový systém, který nejen dokáže základní materiál bránit vůči otěru nebo podřetí, ale taktéž dokáže zachovat materiál nedotčený. Řeč je o produktu ULTRA EVER DRY, který je převratnou novinkou na světovém trhu. [40] [41] [42] [46]

Nedávno vědci objevili super kluzký materiál, na jehož povrchu se neudrží žádný téměř nic. Ať už je řeč o živém mravenci, smítko prášku nebo kapka vody, všechno z povrchu ihned steče. Tento materiál získal označení SLIPS, jako zkratka anglických slov Slippery Liquid-Infused Porous Surfaces. Využití takového materiálu se především určuje pro vnitřní povrchy přepravních a vodovodních trubek a to především kvůli výraznému snížení tření. Je velice důležité si však připomenout, že tak jako u většiny průlomových objevů tak i zde vědci čerpali z přírody, konkrétně z masožravých rostlin, které při deštivých dní mají velice kluzký povrch a tak veškerá potrava jim sklouzne přímo do hrdla. [40] [41] [42] [46] [47]

Těmito příklady však nejsou ani zdaleka vyčerpané veškeré možnosti, které představují nanonátěry. Již dnes se pracuje na speciálních dioptrických sklech, které mají za úkol odolávat vůči orosení a zamlžení. Taktéž se ve vojenském průmyslu pracuje na speciálních odrazových nátěrech, které mají za primární úkol skrýt pro oči viditelný předmět.

Pro shrnutí, využití v tomto směru je takřka nepředstavitelné a časem se z poměrně nedocenené vědy stane věda 21. století. [40] [41] [42] [46]

5. Návrh metodiky experimentálních prací

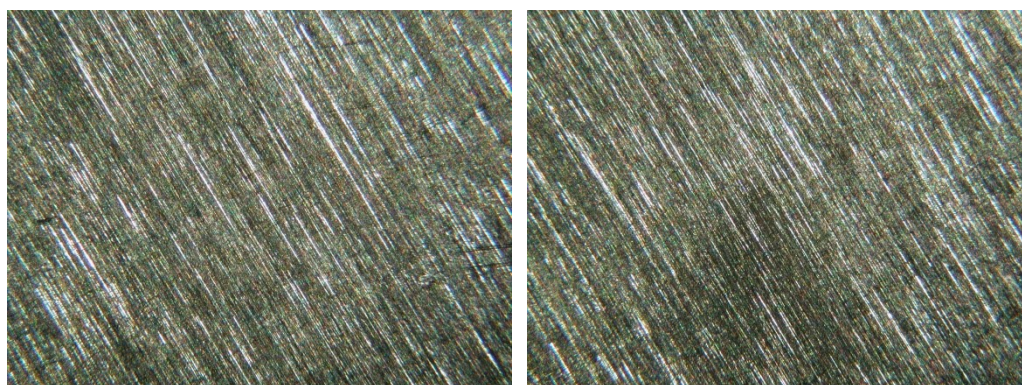
Experimentální materiál	<ul style="list-style-type: none">- ocelový plech- aluminiový plech
Úprava vzorků	<ul style="list-style-type: none">- otryskáno litinovou drtí- odmaštěno odmašťovacím prostředkem SIMPLE GREEN
Povrch materiálu	<ul style="list-style-type: none">- hodnocení prašnosti povrchu dle ČSN ISO 8502-3- měření drsnosti zkoumaného povrchu dle ČSN EN ISO 4287 (přístrojem na měření drsnosti Mitutoyo Surf-test – SJ 301)
Nátěr	<ul style="list-style-type: none">- 1. Vrstva transportní transparentní nano nátěr vodou ředitelný- 2. vrstva pigmentovým nátěrem- 2. vrstva epoxidovým nátěrem
Aplikace nátěru	<ul style="list-style-type: none">- štětec
Zkouška nátěru	<ul style="list-style-type: none">- mřížková zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 2409- křížový řez dle ČSN EN ISO 16276 – 2- odtrhová zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276 - 1

6. Popis experimentálních prací

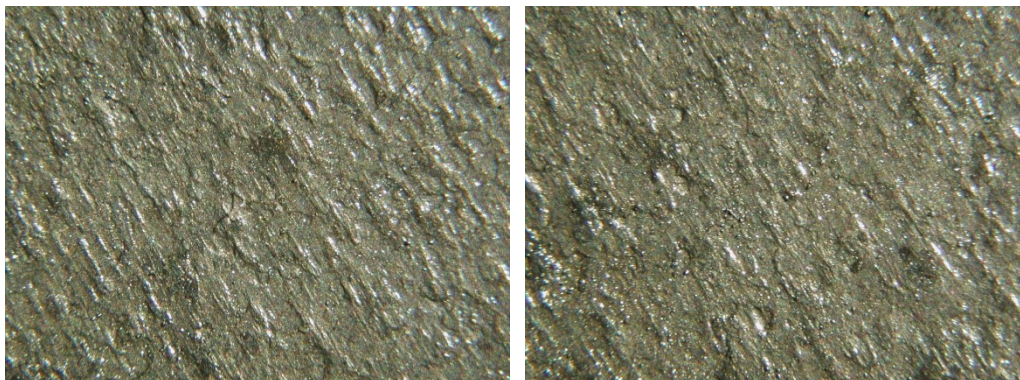
Pro experiment byly použity předem otryskané plechy o rozměrech 150 x 100 x 2 mm. Při práci bylo použito osm vzorků, z nichž čtyři byly hliníkové a zbylé čtyři ocelové. Tyto materiály jsou poměrně často používanými, a jelikož jsou každý úplně jiného složení, bude poměrně zajímavé při porovnání jejich výsledků. Následně byla za pomoci drsnoměru stanovena drsnost zkoumaných vzorků. Jako další krok byly plechy odmaštěny speciálním odmašťovadlem Simple Green. Vzorky byly následně řádně vysušeny v peci a poté se mohlo začít se základním nátěrem. Po řádném vyschnutí několik dní přišla na řadu další fáze nátěru. Taktéž se čekalo několik dní na úplné vytvrzení. Když byl povrch materiálu dostatečně vytvrzený, mohlo se započít se zkouškami. Jako první v pořadí byla zkouška mřížková a následoval křížový řez. Tyto metody měly odhalit přilnavost povlaku na materiál při narušení struktury. Jako poslední metoda v pořadí, byla zkouška odtrhová. Ta byla prováděna na předem zdrsňeném povrchu, na který se za pomoci lepidla připevnili panenky a po úplném vyschnutí se s využitím odtrhoměru zkoumala dosažená přilnavost na jednotlivých materiálech.

6.2 Příprava vzorku

Po otryskání abrazivem litinové drti byly vzorky detailně foceny pod mikroskopem, který byl 20x přiblížen na každém ze dvou vzorků.



obr. č. 55 – Základní hliníkové vzorky č. 1, 2 při 20x zvětšení.



obr. č. 56 – Základní ocelové vzorky č. 1, 2 při 20x zvětšení.

Po vyfotografování detailních částí pod mikroskopem proběhlo řádné odmaštění. Odmaštění probíhalo s využitím přípravku SIMPLE GREEN, který se naředil s vlažnou vodou o teplotě 23°C z vodovodního kohoutku a to v poměru 1:10. Takto vytvořená směs se nalila speciální skleněné kádě. Roztok obsahoval pH 10,2. Odmašťování bylo provedeno ponořením a směsí bylo občasně vířeno. Celý proces takového odmaštění trval 10 minut. Po této době byly vzorky z lázně výjmuty a dokonale opláchnuty opět pod vlažnou vodou z vodovodního kohoutku. Tok vody dopadal na destičku volně a to pod úhlem cca 40°. Takto ošetřený materiál byl ihned vložen na cca 10 minut do pece o teplotě 100°C.



obr. č. 57 - Označení pece.

Označení pece:

Typ – SN 30/4

Výrobní číslo – 823001

Rok – 1973

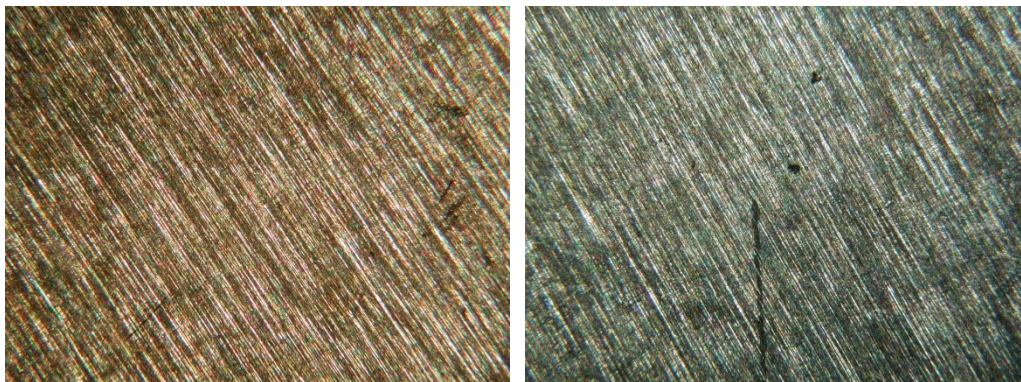
Jmenovité napětí – 380/220 V

c/s – 50 Hz

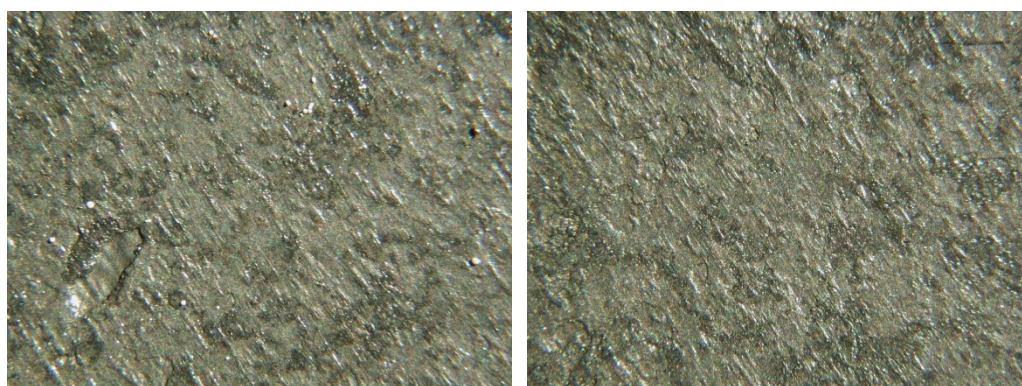
Jmenovitý topný příkon – 3 kW

Jmenovitá provozní teplota – 200 °C

Po řádném vyschnutí v peci bylo znovu provedeno detailní fotografování pod mikroskopem a to opět pod dvacetinásobným zvětšením.



obr. č. 58 – Odmaštěné hliníkové vzorky č. 1, 2 při 20x zvětšení.



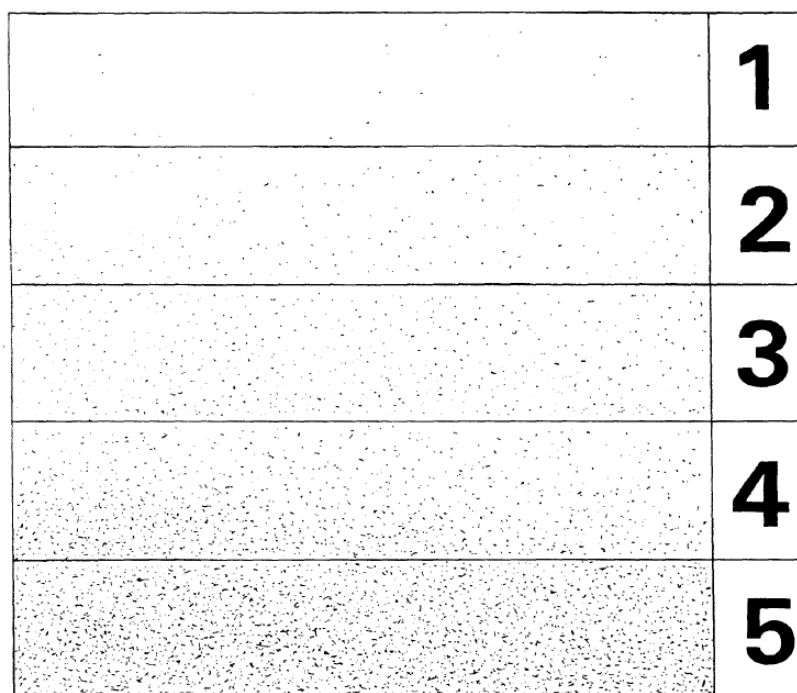
obr. č. 59 – Odmaštěné ocelové vzorky č. 1, 2 při 20x zvětšení.

6.3 Zaprášení povrchu vzorků dle ČSN ISO 8502-3

Podle normy ČSN ISO 8502-3 byla po odmaštění zhodnocena zkouška prašnosti povrchu vzorků. Tato metoda byla zjištěna s využitím speciální průhledné lepicí pásky, která byla zlehka přilepena na povrch plechu. Následné sundání bylo pozvolna odtrženo a to pod úhlem 180°. Aby bylo možno porovnat výsledky, byla tudíž speciální lepicí páska nalepena na čistě bílý papír, kde již mohla být zkoumána a porovnávána s obrazovou stupnicí. Vyhodnocení množství prachu bylo provedeno pomocí vizuálního přirovnání a takto zkoumané výsledky byly následně přiřazovány k různým třídám podle velikosti a množství prachových částic. Ke všem osmi vzorkům byla přiřazena prachová třída částic 0, což odpovídá zanedbatelnému množství, a tudíž byly vzorky přiřazeny podle množství prachu do stupnice č. 1.

tab. č. 1 – Velikosti prachových částic rozděleny do tříd. [49]

Třída	Popis prachových částic
0	částice neviditelné při zvětšení 10 x
1	částice viditelné při zvětšení 10 x, ale ne prostým okem (obvykle částice menší než 50 μm v průměru)
2	částice již viditelné prostým okem (obvykle částice mezi 50 μm a 100 μm v průměru)
3	částice jasně viditelné prostým okem (částice od 0,5 mm v průměru)
4	částice mezi 0,5 a 2,5 mm v průměru
5	částice větší než 2,5 mm v průměru



obr. č. 60 – Vzorová stupnice obsažení množství prachu. [49]

6.4 Měření drsnosti povrchu vzorků dle ČSN ISO 4287

Před nanášením nátěru bylo zapotřebí změřit drsnost všech vzorků a tu následně zprůměrovat a určit střední hodnotu. Každý vzorek byl měřen šestkrát a to třikrát podélně a třikrát příčně. Drsnost byla měřena drsnoměrem Mitutoyo Surf-test – SJ 301. Zjišťovala se drsnost jak hliníkového vzorku, tak vzorku ocelového. Taktéž byla drsnost zkoumána před odmašťováním a následně po odmaštění vzorků.



obr. č. 61 - Drsnoměr Mitutoyo SurfTest – SJ 301.

tab. č. 2 - Naměřené hodnoty drsnosti.

		Výchozí hliník	Výchozí ocel	Odmaštěný hliník	Odmaštěná ocel
Příčné měření	Ra ₁	0,13 μm	1,72 μm	0,12 μm	1,45 μm
	Rz ₁	0,95 μm	9,81 μm	0,82 μm	8,52 μm
	Ra ₂	0,12 μm	2,42 μm	0,14 μm	2,85 μm
	Rz ₂	0,8 μm	12,42 μm	0,89 μm	12,16 μm
	Ra ₃	0,15 μm	1,75 μm	0,13 μm	1,42 μm
	Rz ₃	1,2 μm	11,24 μm	1,38 μm	8,96 μm
Podélné měření	Ra ₄	0,18 μm	1,48 μm	0,28 μm	2,83 μm
	Rz ₄	1,42 μm	11,84 μm	1,95 μm	14,25 μm
	Ra ₅	0,15 μm	1,95 μm	0,18 μm	1,47 μm
	Rz ₅	1,3 μm	11,12 μm	1,98 μm	10,81 μm
	Ra ₆	0,17 μm	2,21 μm	0,15 μm	1,21 μm
	Rz ₆	1,32 μm	12,41 μm	1,85 μm	10,25 μm

6.5 Nanášení transparentní vrstvy nátěru

Po všech měření a čišťení byly plechy připraveny pro nanášení první vrstvy nátěrového systému. Jednalo se o speciální nano-inhibitorový vodou ředitelný lak na bázi akrylátu. Tento nátěr měl zaručit dokonalou přilnavost a zvýšit tak ochranné vlastnosti materiálu.

Nanášení probíhalo ve dvou směrech, nejdříve ve vodorovném směru a následně ve směru svislém. Tento postup měl zaručit stejnou tloušťku nátěru na všech částech vzorku.



obr. č. 62 – První vrstva nano nátěru na aluminiové plechy.



obr. č. 63 – První vrstva nano nátěru na ocelové plechy.

K nátěru bylo využito štětce o šířce 40 mm. Tloušťka první nátěrové vrstvy byla 210 μm mokré tloušťky na všech osmi vzorcích. K přeměření správné mokré tloušťky bylo využito speciální hliníkové měrky.



obr. č. 64 – Ilustrační fotografie zubové měrky. [48]

6.6 Měření suché tloušťky transparentní vrstvy nátěrů

Po úplném vyschnutí laku byla provedena měření s využitím tloušťkoměru ELCOMETER. Tímto přístrojem ovšem nešlo měřit hliníkové vzorky, tudíž byly přeměřeny pouze vzorky ocelové.



obr. č. 65 – Měřidlo ELCOMETER na měření suché tloušťky nátěru.

Celkově bylo provedeno deset měření na každém z ocelových vzorků. Tato měření byla následně zprůměrována a z nich byly vytvořeny střední hodnoty všech naměřených veličin.

tab. č. 3 – Zprůměrované výsledky měření první vrstvy suché tloušťky nátěru za pomoci přístroje ELCOMETER.

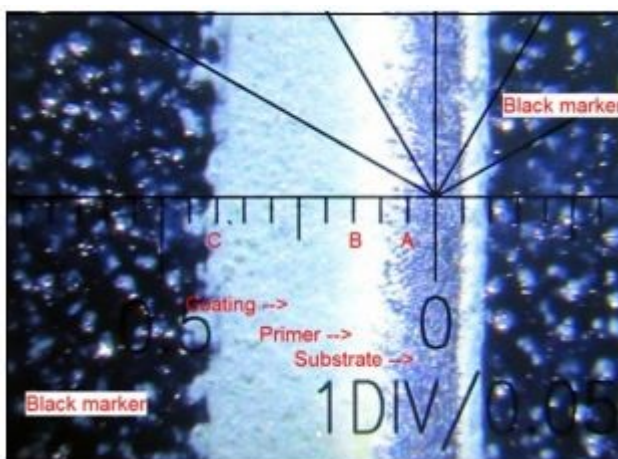
Označení vzorku	Popis vzorku	n [μm]	$\bar{\text{O}} \text{ } \bar{x}$ [μm]	L_0 [μm]	H_i [μm]
1 Fe E	ocelový vzorek č. 1 natřen epoxidovým dvousložkovým nátěrem šedé barvy	10	28,53	17,6	41,4
2 Fe E	ocelový vzorek č. 2 natřen epoxidovým dvousložkovým nátěrem šedé barvy	10	27,37	13,4	49,8
1 Fe P	ocelový vzorek č. 1 natřen polyuretanovým dvousložkovým nátěrem modré barvy	10	19,31	11,5	27,9
2 Fe P	ocelový vzorek č. 2 natřen polyuretanovým dvousložkovým nátěrem modré barvy	10	25,7	15,2	36,9

U aluminiových vzorků nemohla být použita stejná magnetická metoda jako u vzorků ocelových, a to z důvodu že hliník nereaguje na magnetickou přitažlivost. Tato skutečnost se při měření tloušťkoměrem ELCOMETER projevila vyobrazením záporných hodnot na displeji přístroje. Tudíž zde musela být provedena zkouška V – řezem. Jednalo se o zkoušku destruktivní, tudíž byla zhotovena až po dokončení zkoušky odtrhové, aby se neovlivnily zkoušky předcházející. Pro zhotovení tohoto experimentu bylo nejdříve nutné stanovit si přibližnou suchou tloušťku celkové vrstvy nátěru. Toto byl další z důvodů, proč byl tento typ zkoušky zhotoven jako poslední. Na základě získání celkové tloušťky se stanovila velikost nože, která se při této zkoušce následně využila.

tab. č. 4 – Určení správného nože pro zhotovení V – řezu. [51]

Cutting tip	Max coating thickness	Precision of thickness determinations	1 division on reticle scale represents
1X	50 mils	± 0,25 mils	1,0 mil = 25,4 μm
2X	20 mils	± 0,13 mils	0,5 mil = 12,7 μm
10X	3 mils	± 0,025 mils	0,1 mil = 2,54 μm

Jak ukazuje výše uvedená tabulka, pro všechny čtyři hliníkové vzorky byl použit nůž s označením 2X, protože vzorky vyhovovaly průměrné tloušťce nátěru do 20 mils, což odpovídá cca 508 μm. Jednalo se o nůž s řezným úhlem 26,6°. Úhel byl zjištěn pomocí složitého propočtu a následně byl i potvrzen výrobcem. Tento fakt však nebyl nijak důležitý k určení tloušťky nátěru. Jednalo se pouze o informativní charakter.



obr. č. 66 – Vyřízlá drážka. [51]

Na obrázku č. 66 znázorněna drážka vytvořena V – řezem a následně zkoumána pod mikroskopem.

Všechna zjišťovaná velikost se určuje od počáteční nuly. Pod prvním písmenem A se označuje velikost mezi substrátem a základním nátěrem. V pořadí následující písmeno B určuje vzdálenost mezi základním nátěrem a další vrstvou nátěru. Posledním písmenem C je označena vzdálenost mezi další vrstvou nátěru a horní vrstvou nátěru.

Na vzorku se již vybraným nožem vytvořil cca 40 mm dlouhý řez. Na přístroji se taktéž nacházel malý mikroskop, který se přiložil na vytvořený řez a s využitím stupnice se určil počet dílků základního nátěru. Každý dílek se po přepočtu k využitému noži, rovnal tloušťce 12,7 μm .

U všech čtyř hliníkových vzorků byla zjištěna stejná tloušťka základního nátěru a to čtyři dílky. Po jednoduchém přepočtu ($4 \cdot 12,7 = 50,8 \mu\text{m}$), byla stanovena tloušťka základního nátěru na cca 51 μm u hliníkových vzorků.

6.7 Nanášení pigmentové vrstvy nátěru

Při nanášení druhé finální vrstvy bylo využito dvou rozdílných nátěrů. Jeden z nátěrů, který byl nanesen na plechy, byl nátěr polyuretanový. Byl to nátěr dvousložkový, modré barvy a byla jím pokryta polovina všech zkušebních vzorků.

Zbylé vzorky byly natřeny dvousložkovým epoxidovým nátěrem. Jednalo se o nátěr šedé barvy.

a) Polyuretanový nátěr modré barvy:

Jelikož se jednalo o dvousložkový nátěr, bylo za potřebí správné naředění. Směs obou složek byla v poměru 7:1. Kombinace obou složek probíhala za pomoci injekčních stříkaček, aby byl poměr dodržen co nejpřesněji.

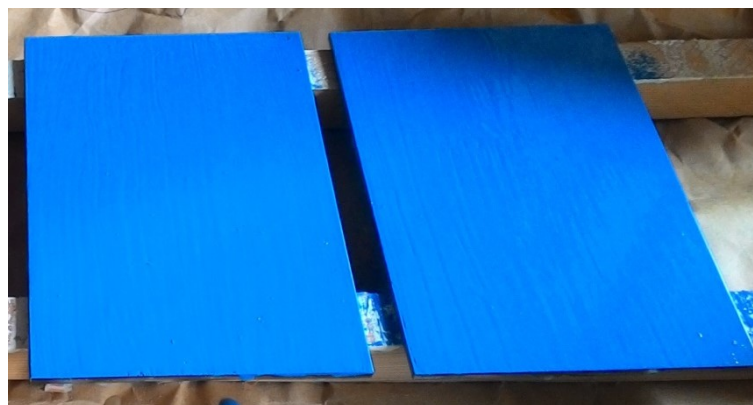
Tento nátěr byl nanesen na čtyři z osmi vzorků. Dva vzorky byly hliníkové a dva vzorky byly ocelové. Důvod využití od dvou vzorků z každého materiálu byl velice jednoduchý, a to aby se v později aplikovaných zkouškách eliminovala náhodná poškození nátěru a tudíž byly zkoušky pevnosti a celistvosti nátěru co možná nejpřesnější.



obr. č. 67 – Aluminiové vzorky s kódovým označením 1 Al P a 2 Al P.

Po celou dobu nátěru byla dodržena mokrá tloušťka 127 μm , která byla opět přeměřena hliníkovým měřidlem. Postup nátěru probíhal jako v předešlé kapitole a to nejprve vodorovnými tahy a následně tahy svislými. K aplikaci bylo využito štětce o šířce cca 40 mm.

Stejným způsobem byly natřeny i zbylé dva ocelové vzorky.



obr. č. 68 – Ocelové vzorky s kódovým označením 1 Fe P a 2 Fe P.

b) Epoxidový nátěr šedé barvy

Tento dvousložkový nátěr byl smíchán v poměru 4:1. Opět byla k přesnému odměření obou hmot využita injekční stříkačka. K aplikaci bylo využito štětce o šířce cca 40 mm a byla vytvořena tloušťka cca 127 μm .

Prvně byly natřeny aluminiové vzorky a následně vzorky hliníkové.



obr. č. 69 – Aluminiové vzorky s kódovým označením 1 Al E a 2 Al E.



obr. č. 70 – Ocelové vzorky s kódovým označením 1 Fe E a 2 Fe E.

6.8 Měření suché tloušťky všech vrstev nátěru

Po dokonalém vytvrzení nátěru, bylo zapotřebí přeměřit suchou tloušťku nátěru a to zejména kvůli následujícím zkouškám. Měření suché tloušťky opět probíhalo za pomoci tloušťkoměru ELCOMETER avšak tentokrát bylo možné bez problémů přeměřit všechny vzorky.

Na každém vzorku se provedlo 10 měření, která se následně opět zprůměrovala, a vytvořila se z nich poté střední hodnota.

tab. č. 5 – Zprůměrované výsledky měření druhé vrstvy suché tloušťky nátěru za pomoci přístroje ELCOMETER.

Označení vzorku	Popis vzorku	n [μm]	$\bar{\text{O}} \text{ } [\mu\text{m}]$	L_0 [μm]	Hi [μm]
1 Al E	hliníkový vzorek č. 1 natřen epoxidovým dvousložkovým nátěrem šedé barvy	10	163	107	248
2 Al E	hliníkový vzorek č. 2 natřen epoxidovým dvousložkovým nátěrem šedé barvy	10	101,7	49,5	144
1 Al P	hliníkový vzorek č. 1 natřen polyuretanovým dvousložkovým nátěrem modré barvy	10	52,51	24,5	84,6
2 Al P	hliníkový vzorek č. 2 natřen polyuretanovým dvousložkovým nátěrem modré barvy	10	41,1	9,4	57,9
1 Fe E	ocelový vzorek č. 1 natřen epoxidovým dvousložkovým nátěrem šedé barvy	10	208	140	188
2 Fe E	ocelový vzorek č. 2 natřen epoxidovým dvousložkovým nátěrem šedé barvy	10	86,14	69,5	103
1 Fe P	ocelový vzorek č. 1 natřen polyuretanovým dvousložkovým nátěrem modré barvy	10	91,97	70,9	104
2 Fe P	ocelový vzorek č. 2 natřen polyuretanovým dvousložkovým nátěrem modré barvy	10	105,2	77,8	119

7. Destruktivní zkoušky přilnavosti nátěru

V této práci byly zhotoveny tři základní zkoušky pro určení správné přilnavosti nátěru na jednotlivé materiály. Jako první byla provedena zkouška mřížková, následoval křížový řez a na závěr byla uskutečněna zkouška odtrhová.

7.1 Mřížková zkouška dle ČSN EN ISO 2409

Principem této zkoušky je pomocí speciální řezné destičky vyřezat do nátěru pravouhlou mřížku. Řez musí projít všemi vrstvami barvy až na základní materiál. Následně se zbylé nečistoty ofoukly. Na takto připravenou plošku byla nalepena speciální lepicí páska o šířce 50 mm a po uplynutí 5 min, byla plynulým pohybem od povlaku odtržena a následně se nalepena na čistě bílý papír, aby bylo možné zkoumat velikost poškození nátěru a tím pádem i výslednou přilnavost povlaku.

Bylo velice důležité vycházet ze předem změřené suché tloušťky nátěru, aby bylo možné stanovit správnou velikost břitové destičky. K dispozici byly tři typy řezných destiček. Lišily se podle velikosti rozpětí řezných zubů. Nejmenší měla velikost jeden milimetr, následuje destička se dvěma milimetry a poslední byla označena třemi milimetry. V této práci bylo využito všech tří řezných destiček.

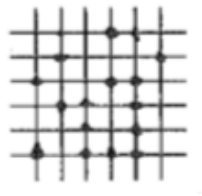
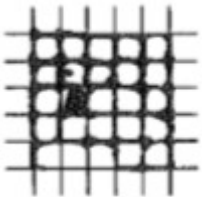
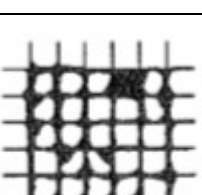
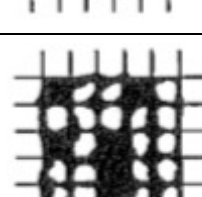


obr. č. 71 – Nůž na vytvoření pravouhlé mřížky.





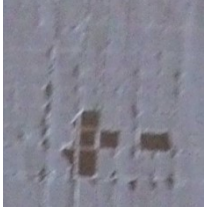
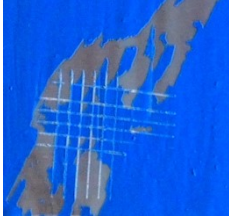
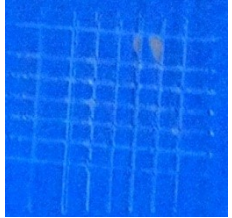
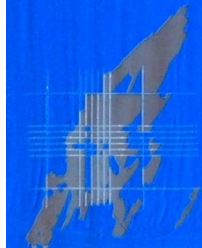
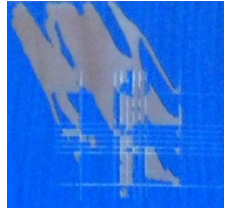
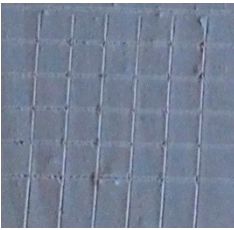

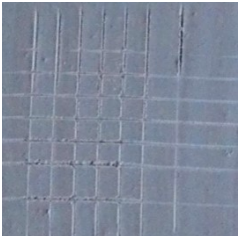
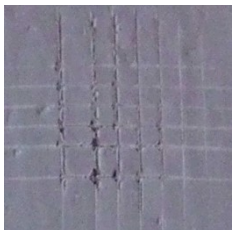

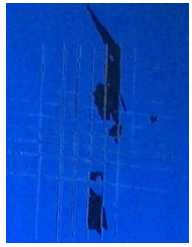
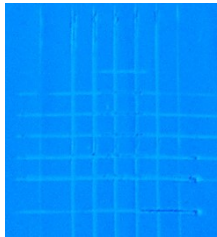
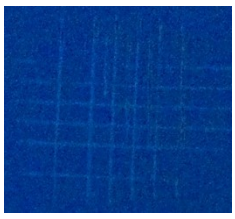
obr. č. 72 – Řezné destičky.

tab. č. 6 – Klasifikace výsledků mřížkové zkoušky. [52]

Klasifikace	Popis	Vzhled povrchu plochy s mřížkovým řezem, na které se vyskytlo odlupování
0	Hrany řezů jsou zcela hladké; žádný čtverec mřížky není poškozen	-
1	Malé kousky povlaku odloupnuty v místech křížení řezů. Poškozená plocha je menší než 5 %	
2	Povlak se odlupuje podél řezů a/nebo v místech křížení řezů. Poškozená plocha je větší než 5 % a menší než 15 %	
3	Povlak se odlupuje podél řezů ve velkých pásech částečně nebo zcela na různých místech čtverců. Poškozená plocha je větší než 15 %, ale menší než 35 %	
4	Povlak se odlupuje podél řezů ve velkých pásech zcela a/nebo některé čtverce jsou odloupnuty částečně nebo zcela. Poškozená plocha je větší než 35 %, ale menší než 65 %	
5	Jakýkoliv stupeň odlupování, který nemůže být klasifikován ani stupněm	-

tab. č. 7 – Vyhodnocení mřížkové zkoušky.

Označení vzorku	Velikost řezné destičky	Klasifikace poškození	Mřížka levá spodní na vzorku	Mřížka pravá horní na vzorku
1 Al E	3 mm	Obě mřížky mají klasifikaci 0		

2 Al E	3 mm	Levá spodní mřížka má klasifikaci 1, pravá horní mřížka má však klasifikaci 2		
1 Al P	2 mm	Levá spodní mřížka má klasifikaci 2, pravá horní mřížka má však klasifikaci 1		
2 Al P	1 mm	Levá spodní mřížka je poškozena z více než 65% tudíž odpovídá stupni 5, pravá horní mřížka má však klasifikaci 4		
1 Fe E	3 mm	Levá spodní mřížka má klasifikaci 1, pravá horní mřížka má však klasifikaci 0		
2 Fe E	2 mm	Obě mřížky mají klasifikaci 1		
1 Fe P	2 mm	Levá spodní mřížka má klasifikaci 4, pravá horní mřížka má klasifikaci 2		
2 Fe P	2 mm	Obě mřížky mají klasifikaci 0		

7.2 Křížový řez ČSN EN ISO 16276 – 2



V pořadí druhá zkouška přilnavosti nátěru byla zkouška nazývaná jako křížový řez. Za pomoci speciální šablony a nože byl do středu každé destičky vyryt řez ve tvaru písmena X. Tak jako u předešlé zkoušky bylo po vyrytí potřeba ofouknout vydrolenou barvu. Na takto očištěný řez byla nalepena speciální průhledná lepicí páska o šířce 50 mm a po pěti minutách byla plynulým pohybem strhnuta. Páska byla poté nalepena na čistě bílý list papíru, aby bylo možné vidět veškerá poškození nátěru.







obr. č. 73 – Šablona na vytvoření křížového řezu.



Po vyzkoušení všech osmi vzorcích, byla provedena přirovnávání podle níže vytvořené tabulky.

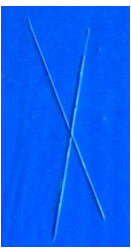

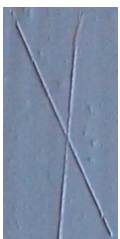

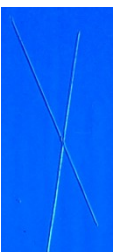

tab. č. 8 – Vzorové hodnocení výsledků křížového řezu. [53]

Stupeň	Popis	Vzhled povrchu plochy s křížovým řezem, na které se vyskytlo odlupování
0	Žádné odlupování nebo odpadající nátěr	
1	Velmi malé odlupování podél řezů nebo jejich průsečíku	

2	Roztřepené odlupy podél řezů, v rozsahu maximálně 1,5 mm na každé straně	
3	Roztřepené odlupy podél téměř celé délky řezů, v rozsahu maximálně 3,0 mm na obou stranách	
4	Odpadávající nátěr z většiny plochy křížového řezu pod lepicí páskou	
5	Odpadávající nátěr v celé ploše mimo křížový řez	

tab. č. 9 – Vyhodnocení křížové zkoušky.

Označení vzorku	Klasifikace poškození	Křížový řez
1 AI E	0	
2 AI E	0	

1 Al P	0	
2 Al P	0	
1 Fe E	0	
2 Fe E	0	
1 Fe P	0	
2 Fe P	0	

7.3 Odtrhová zkouška ČSN EN ISO 16276 – 1

V této poslední zkoušce bylo v první řadě důležité zlehka brusným papírem obrousit dotykové plochy jak panenek, tak nátěru. K přilepení bylo použito speciální dvousložkové lepidlo, které bylo nanášeno na panenky a následně zlehka přitlačeno na již zbroušené místo na vzorku. Na každém vzorku byly nalepeny takto dvě panenky.



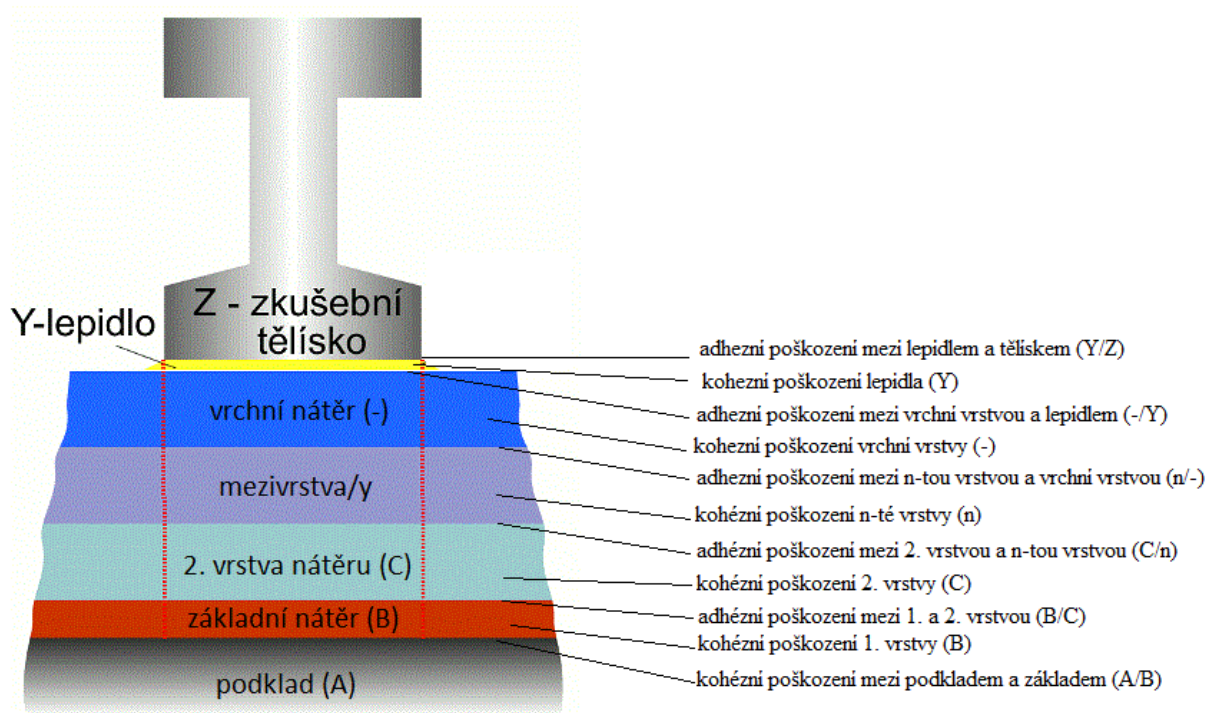
obr. č. 74 – Lepení panenek na vzorek s kódovým označením 2 Fe P.

Po několika denním vysychání a vytvrzení lepidla byla na řadě samotná odtrhová zkouška. Jako první úkon bylo zapotřebí odstranit nátěr kolem panenek a to až na samotný základní materiál. Tímto byly hotové veškeré přípravy pro tento experiment. V této chvíli již bylo možno připevnit odtrhoměr a započít se zkouškou.



obr. č. 75 – Odtrhoměr ELCOMETER s příslušenstvím.

Po zhotovení odtrhů, však bylo ještě zapotřebí udělat vyhodnocení jednotlivých odtrhových zkoušek. V zásadě se vycházelo podle níže uvedených standartů. Jako první věcí bylo důležité stanovit bod lomu. K tomu sloužilo následující schéma:



obr. č. 76 – Popis charakteru poškození. [54]



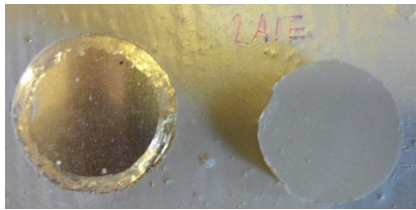

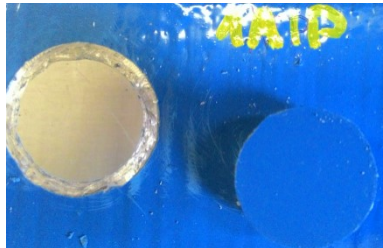
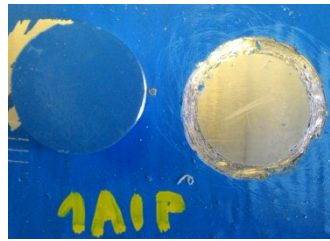
Podle charakteru poškození bylo následně nutné přiřadit správnou definici lomu.: [54]



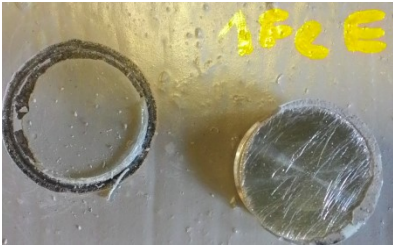

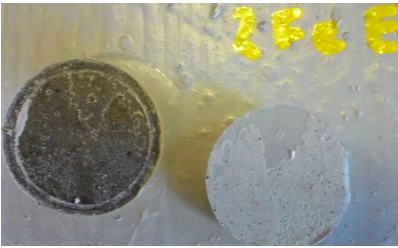



- A – kohezní poškození podkladu
- A/B – adhezní poškození mezi podkladem a první vrstvou (základem)
- B – kohezní poškození první vrstvy
- B/C – adhezní poškození mezi první a druhou vrstvou
- C – kohezní poškození druhé vrstvy
- C/m – adhezní poškození mezi druhou vrstvou a m-tou vrstvou vícevrstvého systému
- m – kohezní poškození m-té vrstvy vícevrstvého systému
- m/n – adhezní poškození mezi m-tou vrstvou a n-tou vrstvou vícevrstvého systému
- n/- – adhezní poškození mezi n-tou vrstvou a vrchní vrstvou vícevrstvého systému
- - – kohezní poškození vrchní vrstvy
- -/Y – adhezní poškození mezi vrchní vrstvou a lepidlem

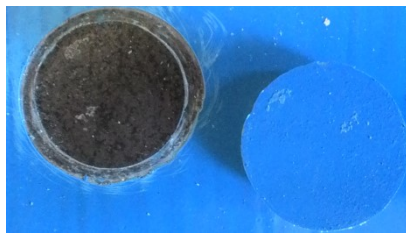
- Y – kohezní poškození lepidla
- Y/Z – adhezní poškození mezi lepidlem a zkušebním tělískem

V níže uvedené tabulce jsou zobrazeny veškeré naměřené hodnoty z odtrhové zkoušky.

tab. č. 10 – Výsledky odtrhové zkoušky.

Označení vzorku	Levý horní odtrh <i>a) Tlak odtrhu</i> <i>b) Typ lomu</i> <i>c) Poměr lomu</i>	Pravý spodní odtrh <i>a) Tlak odtrhu</i> <i>b) Typ lomu</i> <i>c) Poměr lomu</i>
<p style="text-align: center;">1 AI E</p>	 <p style="text-align: center;">a) 1,9 MPa b) A/B c) 60 % - základní materiál; 40 % - transparentní nátěr</p>	 <p style="text-align: center;">a) 1 MPa b) A/B c) 80 % - základní materiál; 20 % - transparentní nátěr</p>
<p style="text-align: center;">2 AI E</p>	 <p style="text-align: center;">a) 0,8 MPa b) A/B c) 95 % - základní materiál; 5 % - transparentní nátěr</p>	 <p style="text-align: center;">a) 0,5 MPa b) A/B c) 100 % - základní materiál; 0 % - transparentní nátěr</p>
<p style="text-align: center;">1 AI P</p>	 <p style="text-align: center;">a) 1,3 MPa b) B/C c) 100 % - transparentní nátěr; 0 % - pigmentový nátěr</p>	 <p style="text-align: center;">a) 2,3 MPa b) A/B c) 50 % - základní materiál; 50 % - transparentní nátěr</p>

<p>2 Al P</p>	 <p>a) 2 MPa b) A/B c) 90 % - transparentní nátěr; 10 % - základní materiál</p>	 <p>a) 2 MPa b) C/B c) 100 % - transparentní nátěr; 0 % - pigmentový nátěr</p>
<p>1 Fe E</p>	 <p>a) 1,9 MPa b) Y/Z c) 90 % - lepidlo; 10 % - základní materiál</p>	 <p>a) 2,1 MPa b) Y/Z c) 90 % - lepidlo; 10 % - základní materiál</p>
<p>2 Fe E</p>	 <p>a) 2,1 MPa b) A/B c) 80 % - základní materiál; 20 % - transparentní nátěr</p>	 <p>a) 1,8 MPa b) A/B c) 100 % - základní materiál; 0 % - transparentní nátěr</p>
<p>1 Fe P</p>	 <p>a) 2,8 MPa b) B/C c) 100 % - transparentní nátěr; 0 % - pigmentový nátěr</p>	 <p>a) 4,6 MPa b) B/C c) 100 % - transparentní nátěr; 0 % - pigmentový nátěr</p>

2 Fe P

a) 2,5 MPa

b) B/C

c) 100 % - transparentní nátěr;
0 % - pigmentový nátěr

a) 4,9 MPa

b) A/B

c) 80 % - transparentní nátěr;
20 % - základní materiál

Závěr

Jak je patrné z výše uvedených zkoušek, nelze úplně jednoznačně říci, který z nátěrů odolává všem zkouškám. U každé zkoušky, krom křížového řezu, se totiž pokaždé ukázal odolný jak jiný typ nátěru, tak jiný podklad. Jedno je ovšem u všech zkoušek totožné a to, že na první vrstvu konzervačního transparentního nátěru není vhodné aplikovat další nátěr.

Při mřížkových zkouškách se ukázal jako nejhodnější nátěr pigmentový epoxidový. Jednalo se o dvousložkový nátěr šedé barvy. Při tomto pokusu se nejvíce osvědčil jako podklad ocel. Naopak nejhůře dopadl nátěr pigmentový polyuretanový. Opět se jednalo o dvousložkový nátěr avšak barvy modré. Tento typ nátěru měl nejhorší výsledky především na aluminiových vzorcích, ale vzorky ocelové na tom s tímto nátěrem nebyli o moc lépe.

Co se týče křížového řezu, tak u této zkoušky nelze vyvodit žádný závěr a to především z důvodu, že všechny vzorky dopadli úplně stejně a to s označením 0, což znamená žádné poškození.

V pořadí poslední zkouškou byla metoda odtrhu. U většiny vzorků se při odtrhnutí panenek obnažil až základní materiál. Z této skutečnosti lze tedy usuzovat, že první vrstva nátěru není vhodná jako základní nátěr, na který se později nanese další nátěrový systém. Při shrnutí však lze konstatovat, že největší odtrhová síla, která musela být vyvolaná, byla u polyuretanového nátěru v kombinaci s ocelovými vzorky. U těchto vzorkových plechů se lze bavit o odtrhové síle od 2,5 až do 4,9 MPa, což je v poměru s epoxidovým nátěrem na aluminiových vzorcích, kde dosahovala síla okolo 1 MPa, velice rozdílné.

Všechny zkoušky byly řádně zhotoveny podle všech příslušných norem.

Seznam použité literatury

- [1] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 3. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-1217-7.
- [2] *Povrchy a jejich úpravy*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://tzs.kmm.zcu.cz/POUcelk.pdf>
- [3] *Adsorpce*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Adsorpce>
- [4] *Elektromagnetické vlnění*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.scratchapixel.com/old/lessons/3d-basic-lessons/lesson-14-interaction-light-matter/optics-reflection-and-refraction/>
- [5] *Štěrbínová koroze*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/d_sterb.htm#obr4
- [6] *Mezikrystalová koroze*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Koroze#/media/File:Intergranular_corrosion.JPG
- [7] *Selektivní koroze*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/d_selekt.htm#obr3
- [8] *Poškození strojních součástí*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: http://tf.czu.cz/~pexa/Budejovice/Prednasky/P-Poskozeni_stroju.pdf
- [9] *Smáčivost povrchu*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://old.vscht.cz/kot/resources/studijni-materialy/labchcht-001/n150013-b6.pdf>
- [10] KREIBICH, Viktor: *Teorie a technologie povrchových úprav*. Praha: ČVUT Praha, 1999. 89 s.
- [11] *Ultrazvuk*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Ultrazvuk>
- [12] *Balotina*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.cz.all.biz/mikrokulicky-balotina-g59058#.VohfqMR3BJs>

- [13] *Křemičitý písek*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.zeleneudoli.cz/kremicity-pisek-jemny-x15673?gclid=CI-m15epjMoCFeTnwgodRMsATA>
- [14] *Sekany drát*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: http://www.tryskaci-material.cz/sekany_drat.html
- [15] *Litinová drť*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: http://www.tryskaci-material.cz/litina_drt.html
- [16] *Omílací tělíska*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.sofiko.cz/grafika/omylani/big/01.JPG>
- [17] *Stroj pro vibrační omílání*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.bsv.zlin.cz/24833-omilani-odhrotovani-lesteni>
- [18] *Ocelový kartáč*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.schipro.cz/596-makita-p-04400-ocelovy-kartac.html>
- [19] SVOBODA, Miroslav. *Protikorozní ochrana kovů organickými povlaky*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1985. 240 s.
- [20] *Ochranné účinky povlaku*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/o_povlak.htm
- [21] *Využití číselného označení v praxi*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://barvy-kov.heureka.cz/hostagrund-prim-3v1-s2177-0131-9-l-seda/>
- [22] *Organické povlaky*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://martin.feld.cvut.cz/~kudlacek/ETP/opovlaky.pdf>
- [23] *Nitrocelulóza*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/nitrocellulose-chips-332468109.html>
- [24] *Toluen*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.drostra.cz/?ctrl=polozka&pid=21458>
- [25] *Práškový pigment suříku*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.argusmetals.com/page/redlead>

- [26] *Práškový mastek*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: http://www.alibaba.com/product-detail/Talc-Powder-for-Cosmetics-Super-Soft_60341626915.html?spm=a2700.7724857.29.123.Q6oTTn
- [27] *Aditivum*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.clou.cz/pomocne-prostredky/Antisilikon-prisada-pro-zlepseni-prilnavosti-1-1?tab=description>
- [28] *Ochrana kovů proti korozi*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/ochrana-kovu-proti-korozi.html>
- [29] *Bariérový mechanismus ochrany povlaku*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://en.inpralatina.com/201403052992/articulos/proteccion-de-superficies-y-control-de-corrosion/oxidos-de-hierro-en-pinturas-anticorrosivas.html>
- [30] *Inhibitor koroze*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Inhibitor_koroze
- [31] *Ilustrace inhibitoru koroze*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://dockerspb.ru/udalenie-rzhavchiny/ingibitory-korrozii-metallov>
- [32] *Zinkový prach*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://arsenal.all.biz/cs/zinkovy-prach-g3895811>
- [33] KALEDOVÁ, Andrea. *Aplikace povrchových úprav*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: http://www.primat.cz/moje-materialy/detail/205584?seoId=upce-fcht&_fid=y27j#notify
- [34] VINTER, Bohuslav. *Způsoby nanášení nátěrových hmot*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: ftp://15-68-80-78.tmcz.cz/knihovna/TRUHLARI/PREZENTACE/002_Technologie_II/01%20-%20Povrchova%20uprava%20dreva/Nutsch/02_-Zpusoby_nanaseni_naterovych_hmot_-_Nutsch.ppt
- [35] *Úvod do nanotechnologie*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Nanotechnologie>
- [36] *Historie Lykurgových pohárů*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.osel.cz/7090-lykurgos-hraje-barvami-diky-kvazicasticim-zvanym-plazmony.html>

- [37] *Nanočástice*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://ksicht.natur.cuni.cz/serialy/nanocastice/1>
- [38] *Lykurgovy poháry*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: http://www.osel.cz/popisek_old.php?popisek=23225&img=1377730579.jpg
- [39] *Zlatý talíř*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: http://www.osel.cz/popisek_old.php?popisek=23227&img=1377730727.jpg
- [40] *Povrchové napětí a lotosový květ*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://kmdsosag.wikifoundry.com/page/Povrchové+napětí+a+lotosový+květ>
- [41] *Efekt lotosového listu*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.nano-concept.cz/efekt-lotosoveho-kvetu/>
- [42] *Nanonátěr Ultra Ever Dry*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Ultra_Ever_Dry
- [43] *Využití přípravku Ultra Ever Dry*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <https://i.ytimg.com/vi/3ayRImPvcQU/maxresdefault.jpg>
- [44] ŘEZANKA, Pavel; ZÁRUBA, Kamil; KRÁL, Vladimír: *Potenciál modifikovaných nanočástic v analytické chemii*. [online]. [vid.2016-4-26]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2007_11_881-885.pdf
- [45] PRŮŠA, Michal. *Studium současného stavu použití nanonátěrů*. Ostrava, 2014. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská technická univerzita Ostrava. Fakulta strojní.
- [46] DOBROVODSKÁ, Lenka; PODJUKLOVÁ, Jitka; HRABOVSKÁ, Kamila; MENŠÍKOV, VIKTOROVIČ, Vladimír: *Vývojové trendy v použití ochranných povlaků*. [online]. [vid.2016-4-26]. Dostupné z: http://www.nanocon.eu/files/proceedings/nanocon_09/Lists/Papers/089.pdf
- [47] *Materiál SLIPS*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/americti-vedci-vyvinuli-nejkluzci-material-na-svete-f94-/veda.aspx?c=A111007_005038_veda_vse
- [48] *Ilustrace zubové měřky*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z: <http://akce.fs.vsb.cz/2007/stoc2007/soutezni-prace/haltmar.pdf>

- [49] ČSN ISO 8502-3. *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - zkoušky pro vyhodnocení čistoty povrchu - Část 3: Stanovení prachu na ocelovém povrchu připraveném pro natírání*. Praha: Český normalizační institut, Srpen 1999. 12 s.
- [50] ČSN ISO 4287. *Geometrické požadavky na výrobky – Struktura povrchu: Profilová metoda – Termíny, definice a parametry struktury povrchu*. Praha: Český normalizační institut, Březen 1999. 22 s.
- [51] *Návod k obsluze při zhotovení V – řezu*. [online]. [vid.2016-04-26]. Dostupné z <http://www.micro-metrics.com/TechData/OG202-TDS.pdf>
- [52] ČSN EN ISO 2409. *Nátěrové hmoty – Mřížková zkouška*. Praha: Český normalizační institut, Říjen 2007. 16 s.
- [53] ČSN EN ISO 16276-2. *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy - Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku - Část 2: Mřížková zkouška a křížový řez*. Praha: Český normalizační institut, Leden 2008. 14 s.
- [54] ČSN EN ISO 16276-1. *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy - Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku - Část 1: Odtrhová zkouška*. Praha: Český normalizační institut, Leden 2008. 14 s.

Seznam obrázků a tabulek

- Obrázek č. 1 – Schéma působících atomů uvnitř povrchu a na něm – str. 11
- Obrázek č. 2 – Adsorpce – str. 12
- Obrázek č. 3 – Chemisorbované vrstvy – str. 12
- Obrázek č. 4 – Fyzikálně adsorbované vrstvy – str. 12
- Obrázek č. 5 – Názorné vyobrazení inkorporace – str. 12
- Obrázek č. 6 – Názorné vyobrazení absorpce – str. 13
- Obrázek č. 7 – Názorné vyobrazení třech druhů elektromagnetického vlnění – pohlcení, prostupnost, odrazení – str. 13
- Obrázek č. 8 – Nerovnosti povrchu a jejich charakteristika – str. 14
- Obrázek č. 9 - Znázornění úbytku materiálu vlivem rovnoměrné koroze – str. 16
- Obrázek č. 10 – Znázornění bodové koroze – str. 16
- Obrázek č. 11 – Znázornění důlkové koroze – str. 16
- Obrázek č. 12 – Štěrbinová koroze na korozivzdorné oceli – str. 17
- Obrázek č. 13 – Znázornění mezikrystalové koroze při velkém přiblížení – str. 17
- Obrázek č. 14 – Podpovrchové korozní napadení – str. 18
- Obrázek č. 15 – Selektivní napadení v názornější podobě – str. 18
- Obrázek č. 16 – Selektivní koroze v praxi – str. 18
- Obrázek č. 17 – Princip vzniku abrazivního poškození – str. 19
- Obrázek č. 18 – Poškození strojní součásti vlivem abrazivního opotřebení – str. 20
- Obrázek č. 19 – Princip vzniku erozivního opotřebování materiálu – str. 20
- Obrázek č. 20 – Erozivní opotřebení demonstrováno na ukázce z praxe – str. 20
- Obrázek č. 21 – Princip mechanismu adhezivního opotřebování – str. 21
- Obrázek č. 22 – Vážnost poškození adhezivním opotřebováním – str. 21
- Obrázek č. 23 – Působení kavitačního opotřebení na součásti – str. 22
- Obrázek č. 24 – Vznik únavového opotřebení – str. 22
- Obrázek č. 25 – Únavové opotřebení u strojních součástí – str. 23
- Obrázek č. 26 – Strojní součásti poničené vibračním opotřebováním – str. 23
- Obrázek č. 27 – Základní typy smáčivosti povrchu – str. 24
- Obrázek č. 28 – Rozdělení předběžných úprav povrchu – str. 25
- Obrázek č. 29 – Balotina – str. 27
- Obrázek č. 30 – Křemičitý písek – str. 28
- Obrázek č. 31 – Sekaný drát – str. 28
- Obrázek č. 32 – Litinová drť – str. 29

- Obrázek č. 33 – Omílací tělíska – str. 29
- Obrázek č. 34 – Stroj pro vibrační omílání – str. 29
- Obrázek č. 35 – Ocelový kartáč určený ke kartáčování – str. 30
- Obrázek č. 36 – Odlupování nečistot mořením v kyselinách – str. 32
- Obrázek č. 37 – Využití číselného označení v praxi – str. 37
- Obrázek č. 38 – Derivát celulózy nazývaný jako nitrocelulóza – str. 38
- Obrázek č. 39 – Benzenové rozpouštědlo toluen – str. 38
- Obrázek č. 40 – Práškový pigment suříku – str. 39
- Obrázek č. 41 – Práškový mastek jako plnidlo – str. 39
- Obrázek č. 42 – Aditivum v podobě přísady pro lepší přilnavost k povrchům – str. 40
- Obrázek č. 43 – Princip bariérové ochrany v povlaku – str. 41
- Obrázek č. 44 – Rozdíl mezi ocelí neopatřenou inhibitory koroze a ocelí opatřenou inhibitory koroze v korozním prostředí vody – str. 41
- Obrázek č. 45 – Zinkový prášek – str. 42
- Obrázek č. 46 – Směr nanášení nátěru – str. 49
- Obrázek č. 47 – Technika nanášení pneumatickým stříkáním – str. 50
- Obrázek č. 48 – Názorné vyobrazení tlakového stříkání – str. 51
- Obrázek č. 49 – Princip vynořování materiálu z lázně s nátěrovou hmotou – str. 51
- Obrázek č. 50 – Clonovací přístroj pro technologii polévání – str. 52
- Obrázek č. 51 – Lykurgovy poháry při rozdílném dopadu denního světla – str. 53
- Obrázek č. 52 – Zlatý talíř z roku 1530 – str. 54
- Obrázek č. 53 – Povrch lotosového listu v mnohonásobném zvětšení – str. 55
- Obrázek č. 54 – Využití přípravku ULTRA EVER DRY v praxi – str. 55
- Obrázek č. 55 – Základní hliníkové vzorky č. 1, 2 při 20x zvětšení – str. 59
- Obrázek č. 56 – Základní ocelové vzorky č. 1, 2 při 20x zvětšení – str. 60
- Obrázek č. 57 – Označení pece – str. 60
- Obrázek č. 58 – Odmaštěné hliníkové vzorky č. 1, 2 při 20x zvětšení – str. 61
- Obrázek č. 59 – Odmaštěné ocelové vzorky č. 1, 2 při 20x zvětšení – str. 61
- Obrázek č. 60 – Vzorová stupnice obsažení množství prachu – str. 62
- Obrázek č. 61 – Drsnoměr Mitutoyo Surfrest – SJ 301 – str. 63
- Obrázek č. 62 – První vrstva nano nátěru na aluminiové plechy – str. 64
- Obrázek č. 63 – První vrstva nano nátěru na ocelové plechy – str. 64
- Obrázek č. 64 – Ilustrační fotografie zubové měrky – str. 64
- Obrázek č. 65 – Měřidlo ELCOMETER na měření suché tloušťky nátěru – str. 65

- Obrázek č. 66 – Vyřízlá drážka – str. 66
- Obrázek č. 67 – Aluminiové vzorky s kódovým označením 1 Al P a 2 Al P – str. 68
- Obrázek č. 68 – Ocelové vzorky s kódovým označením 1 Fe P a 2 Fe P – str. 68
- Obrázek č. 69 – Aluminiové vzorky s kódovým označením 1 Al E a 2 Al E – str. 69
- Obrázek č. 70 – Ocelové vzorky s kódovým označením 1 Fe E a 2 Fe E – str. 69
- Obrázek č. 71 – Nůž na vytvoření pravoúhlé mřížky – str. 71
- Obrázek č. 72 – Řezné destičky – str. 71
- Obrázek č. 73 – Šablona na vytvoření křížového řezu – str. 74
- Obrázek č. 74 - Lepení panenek na vzorek s kódovým označením 2 Fe P – str. 77
- Obrázek č. 75 – Odtrhoměr ELCOMETER s příslušenstvím – str. 77
- Obrázek č. 76 – Popis charakteru poškození – str. 78
- Tabulka č. 1 – Velikosti prachových částic rozděleny do tříd – str. 62
- Tabulka č. 2 – Naměřené hodnoty drsnosti – str. 63
- Tabulka č. 3 – Zprůměrované výsledky měření první vrstvy suché tloušťky nátěru za pomoci přístroje ELCOMETER – str. 65
- Tabulka č. 4 – Určení správného nože pro zhotovení V – řezu – str. 66
- Tabulka č. 5 – Zprůměrované výsledky měření druhé vrstvy suché tloušťky nátěru za pomoci přístroje ELCOMETER – str. 70
- Tabulka č. 6 – Klasifikace výsledků mřížkové zkoušky – str. 72
- Tabulka č. 7 – Vyhodnocení mřížkové zkoušky – str. 72
- Tabulka č. 8 – Vzorové hodnocení výsledků křížového řezu – str. 74
- Tabulka č. 9 – Vyhodnocení křížové zkoušky – str. 75
- Tabulka č. 10 – Výsledky odtrhové zkoušky – str. 79

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí mé diplomové práce doc. Ing. Jitce Podjuklové, CSc., za pomoc při výběru tématu, za cenné připomínky a informace. Také bych chtěl poděkovat Ing. Daniele Pavelkové a Ing. Renému Siostrzonkovi, Ph.D. za pomoc při vykonání praktické části, za odborné rady a snahu při řešení problematiky experimentálních zkoušek.

Michal Průša