

VŠB-Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

**Studium vlivu viskozity nanoinhibitorního laku na adhezi  
a antikorozi vlastnosti**

**Study of Influence Viscosity Point with Nanoelements  
on Adhesion and Anticorrosive Characteristics**

Student:

Veronika Káňová

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Veronika Káňová**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Specializace: 20 Strojírenská technologie  
Téma: **Studium vlivu viskozity nanoinhibitorního laku na adhezi a antikorozi  
vlastnosti**  
**Study of Influence Viscosity Point with Nanoelements on Adhesion and  
Anticorrosive Characteristics**

Zásady pro vypracování.

1. Prostudujte složení a vlastnosti nátěrových hmot.
2. Prostudujte vliv nanočástic obsažených v nátěru na jeho vlastnosti.
3. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
4. Proveďte experimentální práce a jejich vyhodnocení.
5. 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.

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: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



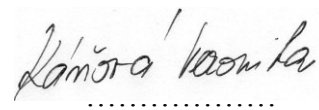
  
prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.  
vedoucí katedry

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

Místopřísežné prohlášení

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

V Ostravě 19.5.2013



.....  
podpis

***Prohlašuji, že***

jsem byla seznámena 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).

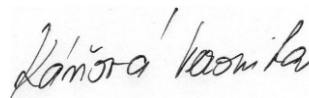
Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

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 19.5.2013



.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Veronika Káňová

Adresa trvalého pobytu autora práce:

K trati 1689

739 34 Šenov

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KÁŇOVÁ, V. *Studium vlivu viskozity nanoinhibitorního laku na adhezi a antikorozi vlastnosti*. Katedra mechanické technologie, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2013, 69 s., Diplomová práce, vedoucí doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc.

Zaměření diplomové práce je na studium vlivu viskozity nanoinhibitorního laku na adhezi a antikorozi vlastnosti. Cílem diplomové práce je zjištění vlivu viskozity nátěru na přilnavost k základnímu materiálu. Práce je rozdělena na dvě části, první se skládá z teoretické části, která se zabývá vlastnostmi povrchu, povrchovými předúpravami povrchu před nanesením nátěru, aplikaci nátěrové hmoty, korozi materiálu, viskozity nátěru a základní teorií nanotechnologií. Druhá část práce je experimentální, kde byly použity nanoinhibitorové laky o dvou poměrech ředitelnosti s vodou a to 1:10 a 1:15, aplikované na dva druhy podkladových materiálů standardní testovací panely a otrýskané plechy ocelovou drtí. Na vzorcích před nanesení laku byla zjištěna čistota, zaprášenost a drsnost povrchu. Po nanesení laku a vytvrzení byla provedena mřížková zkouška přilnavosti, zkouška křížového řezu, zjištění obsahu sušiny a hustoty nátěrové hmoty a korozi zkouška v solné komoře. Adheze byla lepší u vzorků s ředitelností 1:15 a korozi zkoušky vyšly lépe pro nátěrový systém ředitelný 1:10, další výsledky byly zapsány do tabulek, grafů a podrobně vysvětleny.

KÁŇOVÁ, V. : Study of Influence Viscosity Point with Nanoelements on Adhesion and Anticorrosive Characteristics. Department of Mechanical Technology, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical university of Ostrava, 2013, 69 s., Advisor Diploma Work doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

The diploma thesis is focused on study of nano inhibitor viscosity coat effect on adhesion and anticorrosion characteristics. The goal of diploma thesis is to find an effect of viscosity coat on adherence to basic material. The work is divided into two parts, first part consists of theoretical stuff, which deals with surface characteristic, surface pre-treatment before coat application, application of coating composition, material corrosion, coat viscosity and basic theory of nano technology. The second part is experimental with usage of nano inhibitor coats with two ratios of water diluted 1:10 and 1:15, they were applied to two kinds of underlying materials of standard testing panels and blasted sheet steel grits. There were detected tidiness, dustiness and rigidity on the surface of the samples before finishing of painting. After finishing the painting and hardened were the samples exposed to cross-cut test of adherence, cross cut test, determination of dry mater value and density of coating and corrosion test in the salt room. The samples with value of dilute 1:15 were more adhesive and the samples with the value of dilute 1:10 had better result in corrosion tests. Other results were described in the tables and graphs and were explained in detail.

**Obsah**

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>2. POVRCH A JEHO VLASTNOSTI .....</b>	<b>11</b>
2.1 Drsnost povrchu .....	12
2.2 Smáčení povrchu .....	13
<b>3. POVRCHOVÁ ÚPRAVA POVRCHU KOVU PŘED APLIKACÍ .....</b>	<b>13</b>
<b>NÁTĚRU .....</b>	<b>13</b>
3.1 Otryskávání .....	14
3.2 Omílání .....	14
3.3 Broušení .....	15
3.4 Kartáčování .....	16
3.5 Leštění .....	16
3.6 Odmašťování .....	17
3.7 Moření .....	17
<b>4. KOROZE .....</b>	<b>18</b>
4.1 Chemická koroze .....	19
4.2 Elektrochemická koroze .....	19
4.3 Korozní zkoušky .....	20
<b>5. ORGANICKÉ POVLAKY .....</b>	<b>22</b>
5.1 Nátěrové hmoty .....	23
5.2 Dělení nátěrových hmot .....	24
5.3 Rozdělení obecných nátěrových hmot .....	24
5.4 Nanášení nátěrových hmot .....	31
5.5 Viskozita nátěru .....	33
<b>6. NANOTECHNOLOGIE .....</b>	<b>36</b>
6.1 Co je to nano? .....	36
6.2 Pojmy v oblasti nanotechnologie .....	36

6.3	Využití nano-vrstev v praxi.....	37
6.4	Využití nanočástic v nátěrových hmotách .....	38
6.5	Nátěry s novými funkcemi .....	38
<b>7.</b>	<b>NÁVRH METODIKY EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ.....</b>	<b>39</b>
<b>8.</b>	<b>EXPERIMENTÁLNÍ PRÁCE .....</b>	<b>40</b>
8.1	Popis podkladového materiálu .....	40
8.2	Hodnocení zaprášenosti povrchu dle ČSN ISO 8502-3 .....	42
8.3	Měření drsnosti povrchu dle ČSN EN ISO 4287 .....	44
8.4	Použitý nátěrový systém .....	50
8.5	Stanovení výtokové doby výtokovými pohárky dle ČSN EN ISO 2431 .....	50
8.6	Stanovení obsahu sušiny v nátěrové hmotě .....	52
8.7	Aplikace nátěrových hmot .....	54
8.8	Kontrola tloušťky suché vrstvy dle ČSN EN ISO 2808.....	54
8.9	Mřížková zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 2409.....	55
8.10	Zkouška přilnavosti křížového řezu dle ČSN ISO 16276 – 2.....	57
8.11	Korozní zkouška nátěrů dle ČSN EN ISO 9227 .....	59
8.12	Vyhodnocení korozní zkoušky.....	62
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>63</b>
	<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>65</b>



## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČSN	Česká státní norma .....	[-]
EN	Evropská norma .....	[-]
ISO	Mezinárodní norma .....	[-]
VOC	Těkavé organické látky.....	[-]
Ra	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu .....	[ $\mu\text{m}$ ]
Rz	Největší výška profilu .....	[ $\mu\text{m}$ ]
Rq	Střední kvadratická úchylka profilu .....	[ $\mu\text{m}$ ]
Rp	Největší výška výstupků profilu .....	[ $\mu\text{m}$ ]
Rv	Největší hloubka prohlubní profilu .....	[ $\mu\text{m}$ ]
Rsk	Šikmost posuzovaného profilu (součinitel asymetrie) .....	[-]
Rku	Špičatost posuzovaného profilu .....	[-]
$\lambda_s$	Filtr, který definuje rozhraní mezi drsností a kratšími složkami vln přítomnými na povrchu.....	[mm]
$\lambda_c$	Filtr, který definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitostí .....	[mm]
$\lambda_f$	Filtr, který definuje rozhraní mezi vlnitostí a delšími složkami vln přítomnými na povrchu.....	[mm]
$\alpha$	Kontaktní úhel .....	[ $^\circ$ ]
O	Kyslík.....	[-]
Mg	Hořčík .....	[-]
Al	Hliník .....	[-]
Si	Křemík.....	[-]
P	Fosfor.....	[-]
Fe	Železo .....	[-]
Zn	Zinek .....	[-]
Wt	Váhové množství.....	[%]
S	Síra.....	[-]
C	Uhlík.....	[-]
Mn	Mangan.....	[-]
K	Draslík .....	[-]

## 1. Úvod

V různých průmyslových oblastech se pro své dobré vlastnosti uplatňují kovové výrobky. Avšak vlivem atmosférických vlivů dochází k jejich poškození, či znehodnocení a to zejména na povrchu výrobků. Při použití správné povrchové úpravy zabráníme opotřebení povrchu, udržíme kvalitu vzhledu povrchu materiálu a zvýšíme životnost výrobků.

Materiál, který je vystavený atmosférickým vlivům, vodě či půdě často velmi rychle koroduje, proto nanášíme na povrch materiálu různé nátěrové systémy, samozřejmě z důvodu přilnavosti nátěru je důležitá také samotná předúprava povrchu a také správná metoda aplikace nátěru. Různé nátěrové systémy nejčastěji chrání povrch tzv. bariérovým účinkem, který zabrání vniknutí agresivních látek na povrch materiálu. Do těchto nátěrových systémů se přidávají různé složky pro zlepšení vlastností nátěru, ať to jsou různé pojiva vytvářející plynulé vrstvy, či antikorozi pigmenty, které mají inhibiční účinky vůči korozi, popřípadě různé plnidla, aditiva a těkavé složky.

Pro ochranu životního prostředí se snažíme omezit těkavé organické látky (tzv. VOC látky) v nátěrových systémech. Tyto látky se při vytvrzování nátěrových systémů vypařují do ovzduší. Při ředění nátěrových hmot s vodou je obsah VOC látek minimální. Povolný obsah těchto látek je ustanoven ve vyhláškách či směrnicích vydaných evropskou unií.

V dnešní moderní době se mnoho průmyslových odvětví zajímá o vývoj tzv. nanotechnologií, kde je základním kamenem nanočástice. Už v téhle době jsou vytvořeny látky, které například odpuzují vodu nebo mají samočisticí schopnosti. V medicíně se mluví o tzv. nanorobotech, kteří by měly léčit. V povrchových úpravách se zjišťuje vliv nanočástic přidaných do nátěrových systémů. Tyto složky mohou mít vliv nejen na viskozitu nátěru, adhezi nátěrové hmoty, ale také mohou na antikorozi účinky.

## 2. Povrch a jeho vlastnosti

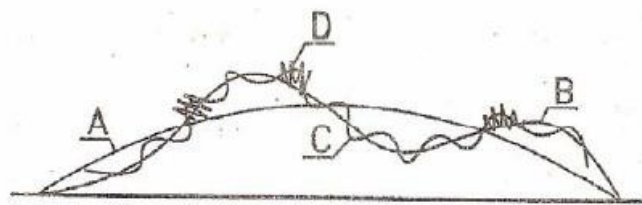
Povrch je definován jako shluk makroskopických částic. Tyto částice vytvářejí hranici mezi okolím a základním materiálem. Funkční vlastnosti nezávisí pouze na vnější vrstvě, ale také je důležitá oblast pod povrchem.

*Dělíme oblasti povrchu, na:*

- **Horní nanovrstva** – jde o funkční ovlivnění absorbce a chemické reaktivity. Velikost oblasti je 0,1nm
- **Tenký film oxidace** – funkční ovlivnění je odrazivost, tření, koroze, tepelná vodivost. Velikost oblasti je 0,1÷100μm.
- **Vnější povrchová vrstva** – ovlivnění deformační struktury, velikost oblasti je 0,1÷10μm.
- **Celková vrstva** – ovlivnění adhezí a nátěry velikost oblasti je >100μm.

Při různých úpravách povrchu vznikají nerovnosti, proto povrch není nikdy geometrický rovný. Na povrch také působí vnitřní a vnější síly.

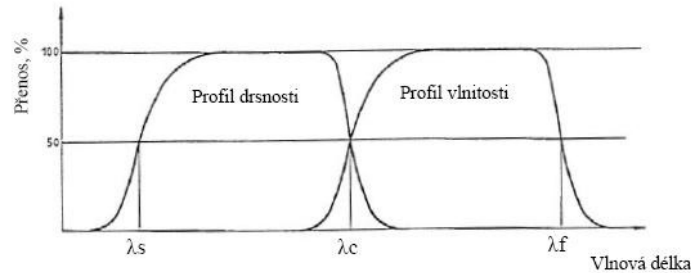
- Typy nerovnosti:*
- mimořádné nerovnosti,
  - vlnitost povrchu,
  - drsnosti povrchu,
  - ultramikronerovnost.



Obr. 1. Schéma nerovností povrchu různého druhu [2]

## 2.1 Drsnost povrchu

Čistota povrchu a drsnost povrchu jsou parametry, které jsou určeny před aplikací nátěru. Drsnost povrchu zjišťujeme měřením a vyhodnocujeme sledováním povrchu a určíme dle normy ČSN EN ISO 4287.



Obr.2. Přenosová charakteristika profilu drsnosti a vlnitosti [17]

### **Geometrické parametry:**

Vlnitost povrchu	W
Základní profil	P
Drsnost povrchu	R

**Vlnitost profilu** - postupná aplikace filtru  $\lambda_f$  a  $\lambda_c$  na základní profil.

**Profil drsnosti** - je odvozen od základního profilu protlačením složek filtru profilu  $\lambda_c$  jeto základní hodnocení parametrů drsnosti.

**Základní profil** - získáváme snímáním ideálně hladkého povrchu materiálu zbytek profilu je sestaven z vnějších a vnitřních poruch a odchylek, které vznikají při přenosu profilu.

R<sub>p</sub> – největší výška výstupku profilu

R<sub>v</sub> – největší hloubka prohlubně profilu

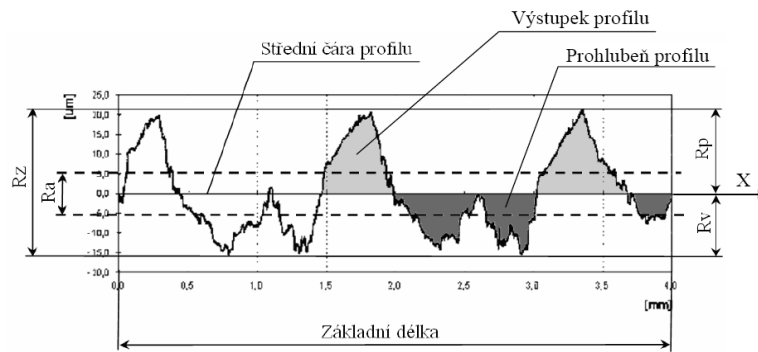
R<sub>z</sub> – největší výška profilu

R<sub>c</sub> – průměrná výška profilu

R<sub>t</sub> – celková výška profilu

R<sub>a</sub> – střední aritmetická úchylka profilu

R<sub>q</sub> – průměrná kvadratická úchylka profilu [5]

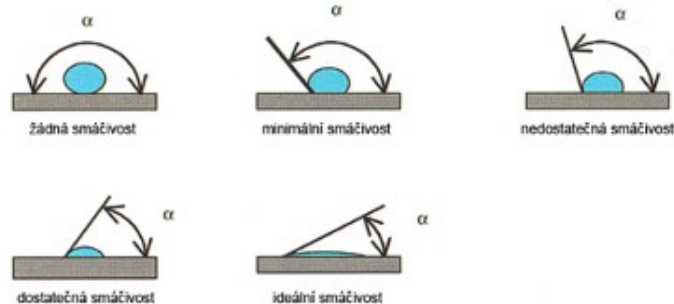


Obr.3 Příklad profilu drsnosti [7]

## 2.2 Smáčení povrchu

Mezi důležité vlastnosti zajištění dobré adheze nátěrové hmoty k podkladovému materiálu je smáčecí schopnost. Očištěním povrchu materiálu od nečistot dosáhneme dobré smáčecí schopnosti povrchu.

Zda úhel  $\alpha$  je 0 je smáčivost ideální do  $90^\circ$  je dobrá od  $90^\circ$  je minimální u  $180^\circ$  už není žádná. [6]



Obr.4 Úhel smáčení [10]

## 3. Povrchová úprava povrchu kovu před aplikací nátěru

Před aplikací nátěru je potřeba povrch materiálu očistit od nečistot. Tyto nečistoty jsou látky, které jsou vázané na povrch mechanicky (mastnoty, prach), nebo se jedná o látky, které jsou vázané na povrch chemicky (oxidy, rez, okuje). Je třeba vytvořit kovově čistý povrch.

**Předúpravy povrchu dělíme,na:**

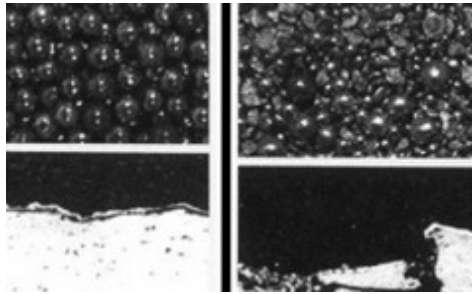
- Mechanické,
- Chemické.

### 3.1 Otryskávání

Jedná se o úpravu povrchu, která se řadí mezi mechanické úpravy povrchu. Otryskávání se provádí tak, že tryskací materiál je neuspořádaně vrhán velkou rychlostí na povrch materiálu. Kvalita otryskávaného povrchu určuje tvar, tvrdost zrnitost, ale také druh materiálu, hmotnost zrna, úhel dopadu zrna na povrch a další vlastnosti prostředí. Tryskací media se volí dle znečištění a druhu povrchu základního materiálu. Tvary tryskacího media je důležitý používají se kuličky, jehličky válečky, a jiné ostrohranné prostředky.

**Materiály pro tryskací media:**

- křemičité písky,
- litinová drť,
- brusiva (např. karbidy, křemíky aj.)



Obr. 5 Obrázek tryskacích těles a povrchu po aplikaci [8]

### 3.2 Omílání

Princip této metody je v odírání předmětu omítacím tělesem v otáčecím se bubnu či zvonu. Tato metoda je vhodná zejména pro malé tělesa oblých tvarů do velikosti 1 kg. Je možno omílat i větší tělesa, ale je nutno je upnout do přípravku. Používá se zejména pro odjehlování, leštění, odstranění korozních zplodin a tavidel po svařování, zpevnění povrchu.

**Výhody:**

- nízké náklady,
- vysoký výkon,
- snížení zmetkovitosti,
- zvýšení korozní odolnosti.

**Nevýhody:**

- vzniká nerovnoměrný úběr materiálu,
- poškození členitých výrobků,
- velký úběr hran.

### ***Omílací tělíska***

- Brusiva a brusné kameny
- Nosné kameny – vytváří podklad pro brusivo

Používají se křemen, žula, čedič, kovová tělesa různých tvarů.



*Obr. 6 Omílací tělíska [20]*

### **3.3 Broušení**

Jedná se o metodu, která se používá nejen jako předúprava, ale také jako konečná úprava. K této metodě se používají brusné kotouče a různé pasty. Jedná se často o předpravu materiálu pro kartáčování a leštění.

***Dle hrubosti brusných zrn se broušení dělí na:***

- hrubozrnné broušení,
- jemnozrnné broušení.

***Kotouče se používají nejčastěji:***

- plstěné,
- kožené,
- látkové.



*Obr. 7 Brusné kotouče [11]*

Broušení a leštění se od sebe dá těžce definovat. Mezi těmito dvěma způsoby je rozdílná charakteristika povrchu než u přesného obrábění. U povrchových úprav se jedná převážně o odstranění nerovností popřípadě dosažení lesku nebo dosažení vhodného povrchu pro nanesení potřebného povlaku.[1]

### **3.4 Kartáčování**

Provádí se buď při odstraňování starého nátěru popřípadě rzi a okují nelze nebo pro zjemnění povrchu materiálu před leštěním. Kartáče mají mosazné či ocelové dráty, mohou to být i při potřebě zjemnění se používají vlákna z žíní, silonu a jiné. Nedosáhneme nikdy úplné očištění povrchu. Kartáčováním se snižuje drsnost povrchu. [18]

### **3.5 Leštění**

Touto metodou se dosahuje konečné kvality povrchu nebo potřebného lesku. Používají se různé pasty či kotouče.

Kartáčování a leštění se provádí po broušení. Jedná se o konečnou úpravu povrchu před nanesením nátěru popřípadě dosažení potřebné drsnosti povrchu.

#### ***Stroje pro broušení, leštění a kartáčování:***

Tyto mechanické úpravy povrchu jsou velmi namáhavé a nehygienické operace, proto se snažíme tyto práce mechanizovat.

#### ***Rozdělujeme je:***

- Univerzální brousící a lešticí stroje,
- Stroje a přípravky pro broušení a leštění rotačních součástí,
- Stroje a přípravky pro broušení a leštění plochých výrobků. [1]



### 3.6 Odmašťování

Jedná se o chemickou úpravu povrchu. Odmašťování odstraňuje nečistoty, které jsou na povrchu vázány fyzikální absorpcí či různými adhezními silami. Tyto nečistoty zabraňují dobré přilnavosti nátěrového systému. Díky odmaštění povrchu se mastnoty z povrchu uvolní a vstřebají se do roztoku, který zabrání zpětnému vyloučení na povrch materiálu.

#### *Odmašťování dělíme dle prostředků na:*

- V alkalických roztocích,
- V organických rozpouštědlech,
- Elektrolytické odmašťování,
- V neutrálních roztocích,
- Emulzní odmašťování,
- Ultrazvukem. [1]

### 3.7 Moření

Moření se používá k odstranění oxidických nečistot (rez, okuje). Moření se provádí v kyselinových lázních. Kyselina proniká póry oxidického povlaku na fázovém rozhraní. Podleptání povrchu vzniká z důvodu tvorby vodíku, který vytváří bublinky a tlakem odstraňuje oxidické vrstvy z povrchu. Kyselinové lázně se časem vyčerpávají z důvodu vylučování oxidů, proto se musí často doplňovat.

#### *Druhy moření:*

##### *Moření v kyselině sírové*

Nazývá se také úběrové. Z důvodu že z 1m<sup>2</sup> se ztrácí 25-40 g základního materiálu. Nevýhodou při moření je difundující vodík do kovu. Z tohoto důvodu vzniká vodíková křehkost, které zabráníme použitím inhibitorů. Ty zpomalí rychlost rozpouštění oceli, ale rozpouštění oceli neovlivní. Moření probíhá při koncentraci kyseliny sírové 8-13% při teplotě 60 - 80°C po dobu 5 – 10 min. Záleží na druhu materiálu.

### ***Moření v kyselině chlorovodíkové***

Moření se provádí v koncentraci 10 – 20% při teplotě okolní místnosti po dobu od 10 – 50 min. dle materiálu. Rozdíl mezi mořením v kyselině sírové a chlorovodíkové je, že u chlorovodíku se oxidy rozpouští nejen rychleji ale i rovnoměrněji. Nevýhodou jsou silné korozní účinky.[2]

### ***Moření v kyselině fosforečné***

Moření při koncentraci 15% a teplotách od 60°C do 80°C nad 80°C vyvolává silnou korozi. Účinek moření se zrychluje s teplotou. Nevýhodou je ekonomická náročnost. Je dvakrát dražší než moření v kyselině solné. Proto se používá moření v kyselině fosforečné s regenerací. Při níž se rozpouštěné železo zachytává na katexu (tzv. iontoměnič), kyselina cirkuluje mezi mořící lázní a regenerační stanicí.

## **4. Koroze**

Koroze se charakterizuje jako poškození základního materiálu a to buď chemickými nebo fyzikálními vlivy. Jedná se také o reakci povrchu s okolními prostředími. Nejenom kovy podléhají korozi ale také plastické hmoty, silikátové materiály aj.

### ***Korozi dělíme například, dle:***

- Dle mechanismu* - chemická,  
- fyzikální.
- Dle vzhledu* - rovnoměrná,  
- nerovnoměrná.
- Dle prostředí* - atmosférická,  
- ve vodě,  
- v půdě,  
- v plynech.

- Dle druhu koroze*
- důlková,
  - bodová,
  - podpovrchová,
  - selektivní,
  - mezikrystalová.

## 4.1 Chemická koroze

Narušení povrchu materiálu nastává chemickou reakcí materiálu s prostředím. Na povrchu materiálu vzniká vrstva oxidů. Buď reakce trvá tak dlouho dokud se materiál úplně neporuší nebo je vrstva nepropustná a po určité době se chemická reakce zastaví. Rychlost reakce stoupá s teplotou.

*Chemickou korozi dělíme, na:*

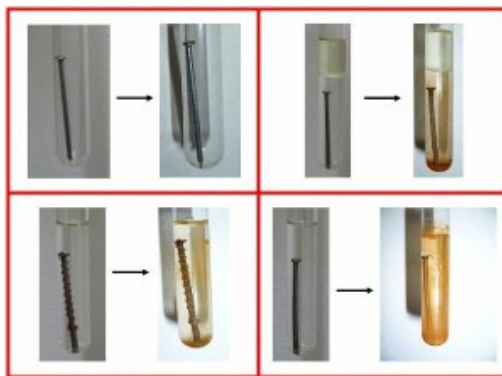
- Korozi v plynech,
- Korozi v kapalinách.

## 4.2 Elektrochemická koroze

Vzniká v elektricky vodivých prostředích, kde jsou změny, které jsou spojeny s přenosem elektrického náboje. Korozní složky jsou zde roztoky solí, kyselin, louhů a zásad, které jsou rozpustitelné ve vodě. Tato koroze je charakterizována korozním dějem v elektrolytech za vzniku galvanického článku.

*Dělíme na:*

- Makročlánky – tvoří je samostatné elektrody,
- Mikročlánky – jedná se o nehomogenní materiál, (každá elektroda je tvořena z jiného materiálu). [1]



Obr.8. Ukázka elektrochemické koroze [12]

### 4.3 Korozní zkoušky

Korozními zkouškami zjistíme odolnost materiálu popřípadě ochrany povrchu proti korozi v daných podmínka.

**Zkoušky dělíme na:**

- *Laboratorní zkoušky*
- zkoušky napodobující,
- zkoušky urychlující,
- nepřímé zkoušky,
- cyklické zkoušky.

#### ***Metoda zkoušení vrstev na materiálech***

Tloušťku vrstvy zjišťujeme pomocí mechanického mikrometru, mikroskopicky pomocí okulárového mikrometru na výbrusu vrstvy, metodou polarizovaného světla, interferenční metodou, objemovými metodami, elektrometrickou metodou.

#### ***Metoda zkoušení kovů na plynou korozi***

Sledováním rychlosti koroze v různých plynech za teplot od 200 °C až 1000°C. Zjišťuje se váhový přírůstek, či úbytek zkoušeného vzorku plynulého ohřevu. Díky tomu se získává oxidační diagram.

#### ***Metody zkoušení koroze kovů v elektrolytech***

- Dělíme je na*
- všeobecné zkoušky,
  - speciální zkoušky,
  - elektrochemické zkoušky.

### ***Urychlené chemické zkoušky***

Jedná se o kvalitativní srovnání korozní odolnosti.

- ***Zkoušky v kondenzační komoře*** – kondenzace vody páry za přítomnosti kyslíčnicku siřičitého, možno i bez něj. Význam zkoušky je posouzení relativní odolnosti vzorků pro různé materiály.
- ***Zkouška v solné mlze*** – podle zkoušky jde zjistit odolnost materiálu v přímořských a mořských oblastech. Korozní činitelem je aerosol mořské vody. Zkouška se provádí v uzavřeném prostoru, kde je zvýšená vlhkost a teplota rozprašuje se zde vodní roztok chloridu sodného. Sledování vznikající koroze se zaznamenává v hodinách, či dnech. Pokud je materiál přímo určený do přímořské atmosféry, je nutné, aby zkoušky trvaly 240 hodin.
- ***Terénní zkoušky (atmosférické)*** - zkoušky v atmosféře,
  - zkoušky v přírodních vodách,
  - zkoušky v půdách.

Vzorky mají ukázat důležité vlastnosti materiálu, které mohou mít vliv na korozi. Velikosti a tvary vzorku záleží na metodě a postupu vyhodnocování vzorku. Označené vzorky se před zkouškou očistí ponořením do organického rozpouštědla a to například do technického benzínu či trichloretylénu. Pro vyhodnocení musí být nejméně tři vzorky.

### ***Volba korozního prostředí***

V průběhu zkoušky je potřeba kontrolovat korozní prostředí a sledovat chemické složení a fyzikální podmínky prostředí, relativní rychlost pohybu korozního prostředí a mechanické namáhání.

### ***Stanovení doby trvání korozní zkoušky***

V průběhu zkoušky se zaznamenává průběh koroze v čase. Zkoušky, které mají rychlý počáteční průběh se volí dle doporučení vyhodnocovat po dvou, čtyřech, osmi a dvaceti čtyř hodinách a šesti dnech poté po jednom a pak každý třech až dvanácti měsících. U zkoušek s pomalým počátečním průběhem se zkoušky vyhodnocují po dvaceti čtyřech hodinách až čtyřech dnech.

### ***Vyhodnocení korozních zkoušek***

Zkoušky je možno vyhodnocovat kvalitativně či kvantitativně.

*Kvantitativní hodnocení* - používá se například při atmosférických zkouškách a zkouškách povrchových ochranných. Výsledky zkoušky se hodnotí srovnáním se standardy. Vyhodnocení zkoušky se provádí vizuálně, mikroskopicky nebo pomocí barevných indikátorů.

*Kvantitativní metody* - rozsah korozního poškození hodnotíme dle hmotnostních a rozměrových změn, změn mechanických nebo funkčních vlastností, změny složení korozního prostředí.

Korozi můžeme předcházet či ji zpomalit a to buď změnou korozního prostředí, elektrochemickou ochranou, volbou vhodného základního materiálu a také ochrannými nátěry na základní materiál.[1]

## **5. Organické povlaky**

Jsou to povlaky na bázi nátěrových hmot a plastů. Hlavním účelem je zabránění koroze materiálu a navýšení jeho životnosti. Ochrana oceli nátěrem je nejčastější a ekonomicky nejvhodnější způsob. Nátěr zamezí bariérovým účinkem přístupu agresivních složek k povrchu materiálu, musí být zcela bezpórovitý proto se do nátěru přidávají antikorozní pigmenty či inhibitory koroze.[2]

## 5.1 Nátěrové hmoty

Jedná se o organické látky, které jsou nanášené na povrch základního materiálu, kde vytváří film s potřebnými vlastnostmi.

Nátěr je ucelený ochranný povlak jedné nebo několika vrstev na povrchu materiálu.

*Nátěrové hmoty chrání materiál zejména:*

- Bariérovým účinkem,
- Elektrochemickým účinkem,
- Inhibičním účinkem.

### *Bariérové účinky*

Jsou založené na mechanismu přítomnosti bariery, tato bariéra zamezuje nebo se snaží zpomalit přístupu agresivních složek a vody. Ochrana povrchu působí, tak dlouho dokud nedojde k poškození přilnavosti. Někdy se tomuto mechanismu říká adhezní ochranný účinek. Doba přilnavosti nátěru závisí na dodržení čistoty povrchu a přípravy povrchu před aplikací nátěru.

### *Elektrochemický účinek*

Jde o ochranné působení nátěru s příměsí práškového zinku o obsahu až 90%. Projevení tohoto účinku je však až po poškození nátěru. Proto se tato metoda kombinuje s účinkem bariérovým.

### *Inhibiční ochranný účinek*

Jedná se o působení v nátěru, kdy mezi povrchem a nátěrem vzniká prostředí, ve kterém je koroze výrazně zpomalena. V historii byly použity jako inhibitory sloučeniny olova, chromované pigmenty, chromované barnatý. Z důvodu ekologie byly nahrazeny fosforečnany např. již zmíněný fosforečnan zinečnatý. [1]

**Rozdělení inhibitorů**

- *fyzikální inhibitory*- blokáce aktivních míst povrchu
- *chemické inhibitory* - vytvoření pasivační vrstvy

**5.2 Dělení nátěrových hmot**

*Rozdělení podle zasychání na:*

- ***Fyzikálně zasychající*** – jedná se o odpařování rozpouštědel např. lihové, asfaltové, celulózové, chlórkaučukové a polymerátové nátěrové hmoty.
- ***Fyzikálně chemicky zasychající*** – po odpaření rozpouštědel vzniká chemická reakce, která se mění z původní tekuté filmotvorné látky na tuhou a vzniká nátěrový film, který získává vlastnosti jako například pevnost, tvrdost a chemickou odolnost. Řadíme například fermeže, olejové, alkydové, rezolové, silikonové, močovinové, melaminové, epoxidové a polyesterové nátěrové hmoty.

*Rozdělení podle teploty zasychání na:*

- Schnoucí na vzduchu - 20°C
- Vypalovací – nad 100°C

*Dále se dělí nátěrové hmoty:*

- Transparentní,
- Pigmentové.

**5.3 Rozdělení obecných nátěrových hmot**

- ***Reverzibilní nátěry*** – vznikají odpařováním rozpouštědel, povlak lze kdykoliv rozpustit původním rozpouštědlem. Pojiva pro tyto nátěry jsou chlourkaučuk, kopolymery vinylchloridu, akrylátové polymery.



- ***Ireverzibilní nátěry*** – povlak vzniká odpařováním rozpouštědla s následnou chemickou reakcí či koalescencí. Tento proces je nevratný.
  - *Na vzduchu zasychající nátěrové hmoty* – povlak se vytvoří odpařením rozpouštědla a následně reakcí pojiva (alkydy, urethanalkydy, epoxyestery) se vzdušným kyslíkem. Zasychání závisí také na teplotě ale je možno zasychání provést i při 0° C.
  - *Vodou ředitelné nátěrové hmoty (jednosložkové)* – povlak je tvořen odpařováním vody. Pojiva (akrylátové polymery, vinylové polymery, polyurethanové pryskyřice) jsou dispergována ve vodě. Pro zasychání je důležitá nejen teplota ale také proud a vlhkost vzduch.
  - *Chemicky vytvrzované nátěrové hmoty* – složení nátěrových hmot je ze složek a vytvrzovacích činidel. Mají omezenou dobu zpracovatelnosti.
    - Dvousložkové epoxidové nátěrové hmoty
    - Dvousložkové polyurethanové nátěrové hmoty
  - *Nátěrové hmoty vytvrzované vlhkostí* – povlak je tvořen taktéž vypařováním rozpouštědla a chemickou reakcí se vzdušnou vlhkostí, je vytvrzen. Pojiva jsou zde polyurethany jednosložkové, ethylsilikáty dvousložkové, ethylsilikáty jednosložkové. Doba zasychání závisí také na proudění vzduchu, teplotě, relativní vlhkosti vzduchu a tloušťce nátěru. [25]

Z důvodů ochrany životního prostředí zamezení vniknutí těkavých organických látek (VOC) do ovzduší, kde s oxidy dusíku tvoří přízemní ozon, byly vyvinuty nové technologie a nové druhy materiálu. Obsah těkavých organických látek, v barvách a lacích nám stanovují vyhlášky a směrnice např.: Vyhláška č. 337/2010 Sb o emisních limitech a dalších podmínkách provozu ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší emitujících a užívajících těkavé organické látky a o způsobu nakládání s výrobky obsahujícími těkavé organické látky - účinnost od prosince 2010, novelizována vyhl. č. 257/2011. Nebo Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/42/ES ze dne 21. Dubna 2004 o omezování emisí těkavých organických sloučenin vznikajících při používání organických rozpouštědel v některých barvách a lacích a výrobcích pro opravy nátěru vozidel a o změně směrnice 1999/13/ES. [13,28]

<b>Nejvyšší mezní hodnoty obsahu VOC pro barvy a laky</b>				
	<i>Podkategorie výrobků</i>	<i>Druh</i>	<i>Etapa I (g/l) (* (od 1. 1. 2007)</i>	<i>Etapa II (g/l)(* (od 1.1.2007)</i>
a	Matné nátěrové hmoty pro stěny a stropy v interiéru (stupeň lesku $\leq 25@60^\circ$ )	VŘNH	75	30
		RNH	400	30
b	Lesklé nátěrové hmoty pro stěny a stropy v interiéru (stupeň lesku $< 25@60^\circ$ )	VŘNH	150	100
		RNH	400	100
c	Nátěrové hmoty pro venkovní stěny z minerálního podkladu	VŘNH	75	40
		RNH	450	430
d	Vnitřní/venkovní barvy na dřevo a kov pro vybavení a obklady budov	VŘNH	150	130
		RNH	400	300
e	Vnitřní /venkovní laky a mořidla na vybavení budov, včetně krycích lazurovacích hmot na dřevo	VŘNH	150	130
		RNH	500	400
f	Vnitřní/venkovní nefilmotvorná mořidla	VŘNH	150	130
		RNH	700	700
g	Základní nátěrové hmoty	VŘNH	50	30
		RNH	450	350
h	Penetrační nátěrové hmoty	VŘNH	50	30
		RNH	750	750
i	Jednosložkové speciální nátěrové hmoty	VŘNH	140	140
		RNH	600	500
j	Vícesložkové reaktivní nátěrové hmoty pro specifické účely, např. na podlahy	VŘNH	140	140
		RNH	550	500
k	Vícebarevné nátěrové hmoty	VŘNH	150	100
		RNH	400	100
l	Nátěrové hmoty s dekorativními efekty	VŘNH	300	200
		RNH	500	200

(\* )g/l připravený k použití.

Tab. 1 Nejvyšší mezní hodnoty VOC látek [13]

<b>Nejvyšší mezní hodnoty obsahu VOC pro výrobky pro opravy nátěru vozidel</b>			
	<i>Podkategorie výrobků</i>	<i>Výrobky</i>	<i>VOC g/l od 1.1.2007</i>
a	Výrobky pro přípravné a čisticí operace	Přípravné prostředky	850
		Čisticí prostředky	200
b	Karosářské plniče a tmely	Všechny druhy	250
c	Základní nátěrové hmoty	Vyrovnávací nátěrové hmoty a základní nátěrové hmoty (na kov)	540
		Reaktivní základní nátěrové hmoty	780
d	Vrchní nátěrové hmoty	Všechny druhy	420
e	Speciální vrchní nátěrové hmoty	Všechny druhy	840
(*)g/l připravený k použití. Případný obsah vody ve výrobku připraveném k použití se odečte s výjimkou výrobků a podkategorií a.			

Tab.2 Nejvyšší možné hodnoty VOC látek [13]

Obsah těkavých organických látek se stanoví jako hmotnost těkavých organických látek přítomných v nátěrové hmotě stanovená za předepsaných podmínek. [13]

$$VOC = \frac{(m_A + m_B - m_C) \cdot \rho \cdot 1000}{m_B} \quad \left[ \frac{g}{l} \right] \quad (1)$$

$$m_B = m_D - m_E \quad \left[ g \right] \quad (2)$$

$m_A$ .....hmotnost prázdné misky [g]

$m_B$ .....hmotnost nátěrové hmoty aplikované z injekční stříkačky [g]

$m_C$ .....hmotnost misky s vysušenou nátěrovou hmotou [g]

$\rho_N$ .....hustota nátěrové hmoty [ $g \cdot cm^{-3}$ ]

$m_D$ .....hmotnost injekční stříkačky s nátěrovou hmotou [g]

$m_E$ .....hmotnost prázdné injekční stříkačky po aplikaci nátěrové hmoty [g]

### ***Vodou ředitelné nátěrové hmoty***

Největší uplatnění vodou ředitelných nátěrových hmot je ve stavebnictví, ve strojírenství se tyto nátěry postupně rozšiřují a používá se velké množství polymerních materiálů, které dělíme na:

- materiály na bázi pryskyřic,
- disperzní (emulzní) nátěry.

### ***Vysokosušinné nátěrové hmoty***

Jedná se o materiál s obsahem sušiny 65% -80%. V dnešní době se nejvíce používají epoxidové materiály nebo polyuretanové materiály. Byly vyvinuty tzv. hybridní epoxy-silaxanové materiály, obsah sušiny v je až 90%. Řadí se k nátěrům s výbornou ochranou a splňují podmínky maximálního obsahu těkavých organických (VOC) látek.

#### **5.3.1 Složky nátěrových hmot**

***Filmotvorné složky*** – (pojiva) jde o netěkavé látky, které po zaschnutí tvoří souvislou vrstvu a jsou schopny vázat dispergované částice plniv a pigmentů. Různou kombinací filmových látek lze měnit vlastnosti nátěrů.

***Těkavé složky*** – (rozpuštědla), používají se pro rozpouštění pojiv nátěrových ploch lze jimi měnit konzistenci nátěru. Používají se nejčastěji benzíny, benzeny, alkoholy, ketony a jiné.

***Plnidla*** – jsou to minerální látky rozemleté v nerozpustných pojivech. Tyto látky mění technologické vlastnosti nátěrového hmoty. Například zabraňují smrštění filmu po zaschnutí.

***Aditiva*** – jde o přísady do nátěrových hmot obsahující vysychavé oleje. Používají se při výrobě fermeží, olejových a glyptalových nátěrových hmot. Základní složkou je takzvané kovové mýdlo nebo jeho roztoky v organických rozpouštědlech. Např. sušidla, emulgátory, stabilizátory a jiné.[2]

**Pigmenty** – organické či anorganické částice, které se rozpouštějí v pojivu. Dodávají nátěrům barevné odstíny, mají krycí schopnosti. Pigmenty zamezují stárnutí nátěru a zvyšují tepelnou a korozní odolnost.

***Pigmenty se dělí do 3 skupin:***

- **Inhibitorové pigmenty** – využívají se při výrobě základních nátěrových hmot (např. zinková žluť, zinkový prach, atd.).
- **Neutrální pigmenty** – při výrobě vrchních nátěrů zlepšují fyzikální vlastnosti nátěrů (např. titanová běloba, oxid železitý, chrom olovnatý, atd.).
- **Stimulující pigmenty** – jedná se o chemicky netečné pigmenty s dobrou elektrickou vodivostí (např. saze, grafit, atd.).[2]

***Antikorozi pigmenty***

Jedná se o anorganické látky, jemně rozpustné ve vodě. Jedná se především o soli kyslíkatých kyselin (oxokyseliny) a dvoumocné kovy.

Anionty pigmentů mají inhibiční účinky vůči korozi. Jako anodické inhibitory působí především fosforečnany, boitany, křemičitany, molybdeny. Katodické inhibitory koroze působí zvláště u trojmocných kovů. Používají se antikorozi pigmenty jako například kationty zinečnaté, vápenaté aj. Z praktického hlediska se používají kationty hlinité, nejsou toxické.

Nejčastějším antikorozi pigmentem je fosforečnan zinečnatý, který se přimíchává do základních nátěrových hmot. Z důvodu lepší ochrany proti korozi se antikorozi pigmenty mohou kombinovat s organickými inhibitory koroze. Tímto dosáhneme i lepší přilnavosti nátěru.[2]

Aby měl nátěrový systém potřebné antikorozi účinky, má nejméně tři vrstvy:

***Základní vrstva*** - jedná se o základní antikorozi barvy například lněnoolejové.

***Mezivrstva*** - jde o izolování základní vrstvy od vrchní vrstvy obsahující antikorozi pigmenty s plnidly. Dá se říct, že jde o podkladní a vyrovnávací vrstvu.

***Krycí vrstva*** - je odolná proti povětrnostním podmínkám, stárnutí, slunečním paprskům a také může zamezit mechanickému poškození a chrání spodní vrstvu.[25]

### 5.3.2 Druhy nátěrových hmot

- **Asfaltové**- jedná se o základní filmotvornou látku, značí se písmenem A. Používají se přírodní asfalt nebo zušlechtilé živice z destilátu ropy. Pro zlepšení vlastností jsou kombinovány látky s pryskyřicemi, oleji a jinými filmotvornými látkami. Látky zasychají buď na vzduchu nebo v pecích obvykle při teplotách 160-200°C, kde vzniká černý lesklý plný film. Mezi vlastnosti patří dobrá chemická odolnost v kyselinách. Jsou stále pro všechny kyseliny mimo koncentrace kyseliny dusičné a sírové. Špatně vzdorují povětrnostním vlivům. Nejčastěji se používají v kyselých provozech k ochraně proti korozi. Asfaltové laky a emaily chrání převážně beton, dřevo a železné konstrukce a také se používají v sériové kovovýrobě.
- **Celulózové** – nejdůležitější jsou nitrocelulózové, tyto laky se vyrábějí ze syntetické filmotvorné látky tzv. nitrocelulózy, používají se například v automobilovém průmyslu.
- **Lihové** – nepoužívají se na kovový podklad, nejčastější využití na dřevěné formy ve slévárenství nebo v elektrotechnice.
- **Olejové** – skládají se z vysychavých olejů, které jsou ve směsi s přírodní nebo umělými pryskyřicemi. Poměr olejů a pryskyřice určuje vlastnosti laku.

#### *Rozdělení olejových nátěrových hmot:*

- *Suché laky* – obsahují větší množství pryskyřice. Špatně odolávají povětrnostním podmínkám.
- *Mokrý laky* – obsahují menší množství pryskyřice. Jsou vhodné pro venkovní nátěry.

Mezi zvláštní druh olejových hmot řadíme tzv. fermeže, jsou vyrobeny z rostlinných olejů, nejčastěji se používají k nátěrům dřeva.

- **Syntetické** – nátěrové hmoty na bázi umělých pryskyřic. Kombinací s jinými pryskyřicemi a to jak s umělými nebo přírodními zlepšujeme vlastnosti nátěrové hmoty. Syntetické laky a emaily zasychají velmi rychle hlavně při zvýšených teplotách. Tyto nátěrové hmoty mají dobrou přilnavost na hladké povrchy. Využívají se v průmyslu i ve stavebnictví pro velké strojní výrobky.

- **Emulzní** – v moderní době se využívají disperzní látky, emulgovaných ve vodě nazýváme je latexy. Tyto nátěrové hmoty ředitelné pouze vodou po odpaření tvoří silnou vrstvu, která je porézní ale poměrně vodovzdorný.

#### ***Další druhy nátěrových hmot:***

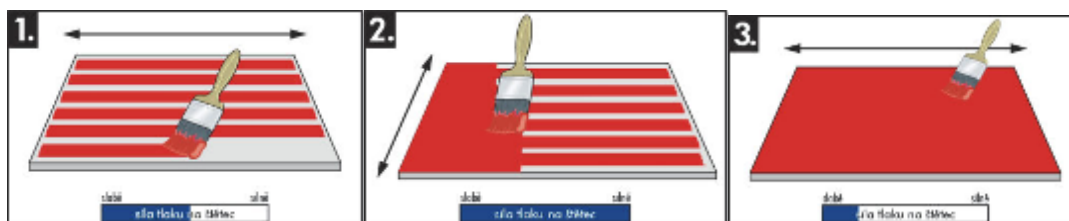
- *Polyuretanové,*
- *Chlorkaučukové,*
- *Silikonové.* [1]

## **5.4 Nanášení nátěrových hmot**

Správné nanesení nátěrové hmoty na povrch materiálu je rozhodující pro jakost a celkovou životnost nátěru. Každá technologie nanášení má své výhody a nevýhody a je nutno přihlížet povaze natíraného předmětu a dalším podmínkám nátěrového systému. Pro nanášení nátěrových hmot je mnoho metod.

### **5.4.1 Aplikace nátěrových hmot štětcem**

Toto nanášení nátěrových hmot patří mezi nejstarší a nejpoužívanější způsob nanášení. Štětce se vyrábějí v různých provedeních a velikostech. Délka štětin by se měla pohybovat kolem 5cm při řidších nátěrech se používají delší štětiny při hustších naopak kratší štětiny. Natírání provádíme tak, že štětec namočíme až po okraj ovázání štětce. Po namočení do nátěrové hmoty otřeme o okraj nádoby. Nanášíme třemi až čtyřmi od sebe vzdálenými tahy za mírného tlaku štětce na povrch. Výhodou této metody je dosažení stejnoměrné tloušťky nátěrů a také minimální ztráty nátěrových hmot.



*Obr.9 Nanášení nátěrové hmoty štětcem [14]*

### 5.4.2 Aplikace nátěrových hmot pneumatickým stříkáním

Je nejrozšířenější způsob nanášení pro rychleschnoucí nátěrové hmoty tímto způsobem se stříkají hlavně velké plochy, na kterých dosáhneme rovnoměrného nástřiku a velmi hladkého povrchu. Pro stříkání potřebujeme stříkací pistoli. Proud nátěrové hmoty je strháván stlačeným vzduchem tvoří se kužel jemných kapek tak, že při dopadu na materiál se kapky slévají a tvoří souvislý povlak. Stříkání provádíme ve stříkacích kabinách.

#### *Rozdělení kabin:*

- **Stolové** – na stříkání drobných předmětů. Hlavní částí je pracovní stůl s dobrým odsáváním. Ventilátor je umístěn pod stolem s ostatními strojními zařízeními.
- **Podlahové** – v těchto kabinách se stříkají předměty větší. Předměty se do kabiny vozí na vozíku pomocí, kladkostroje, aj. vzduch se čerpá z okolí.
- **Tunelové** - pro úpravu rozměrných předmětů.

#### *Další způsoby nanášení nátěrových hmot:*

- Válečkem
- Navalováním
- Poléváním
- Stříkání ohřátých nátěrových hmot
- Vysokotlakým stříkáním
- Máčením
- Elektrickým polem [2]



Obr. 10 Zařízení pro úpravu povrchu [15]



## 5.5 Viskozita nátěru

Jedná se o fyzikální veličinu, která je definovaná jako poměr mezi tečným napětím a změnou rychlosti která závisí na vzdálenosti mezi vrstvami při proudění kapaliny. Viskozitu lze charakterizovat vnitřním třením a je závislá na přitažlivých silách mezi částicemi. Tekutina, která má větší přitažlivou sílu má větší viskozitu a to znamená zpomalení pohybu kapaliny nebo předmětu v kapalině. Pokud je viskozita o nulové hodnotě můžeme říct, že se jedná o ideální kapalinu [22]

### *Tečné napětí*

$$\tau = \eta \frac{\Delta v}{\Delta \chi} \quad (3)$$

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (4)$$

$\eta$  = viskozita (dynamická) – součinitel vnitřního tření [Pa.s]

$\nu$  – kinematická viskozita – kinematický součinitel vnitřního tření [ $\text{m}^2\text{s}^{-1}$ ]

$\rho$  – hustota [ $\text{Kg.m}^3$ ]

### *Konzistence*

Je to tekutost a díky tomu ovlivňuje zpracovatelnost nátěrové hmoty.

### *Druhy konzistence:*

- Velmi málo viskózní (voda),
- Málo viskózní (olej),
- Středně viskózní (glycerin),
- Vysoko viskózní (převodový olej).

### *Výpočet dynamické viskozity*

$$\eta = \mathbf{K}(\rho_k - \rho_t) \cdot t \quad (5)$$

$\eta$  - dynamická viskozita

$\mathbf{K}$  - konstanta přístroje

$\rho_k$  - hustota zkušební kuličky

$\rho_t$  - hustota zkoušené kapaliny

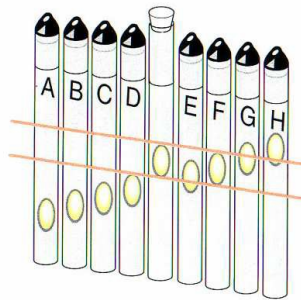
$t$  - průměrný čas pádu kuličky

### 5.5.1 Viskozimetry:

- **Bublinkový viskozimetr**

Jde o porovnávací metodu, kde jde o průchod bubliny látkou o známe viskozitě. Měřítkem viskozity je rychlost stoupaní vzduchové bubliny.

*Postup zkoušky* – skleněné trubička o daném průměru, která má dvě rysky se naplní měřenou tekutinou, až po rysku která je vzdálená 100 mm od dna trubičky. Poté se trubička uzavře v tak, aby zátka byla v potřebné výšce 108 mm od dna trubičky. Prostor mezi zátkou a kapalinou je přesně definován. Měření se provádí dvěma způsoby relativním měřením, absolutním měřením. [5]



Obr. 12. Bublinkový viskozimetr [22]

- **Stanovení viskozity podle Höpplera (ČSN 67 0314 Stanovení viskozity)**

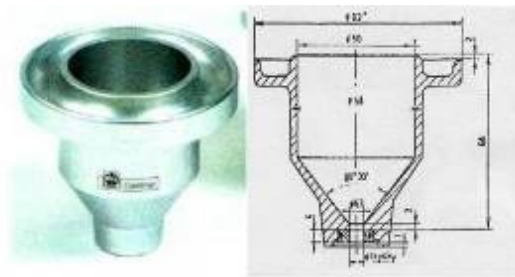
Měření probíhá pomocí Höpplerova viskozimetru jedná se o zkušební trubici která je vykloněna k svislé ose o úhlu  $10^\circ$  v temperovacím plášti. Poté se měří doba průchodů kuličky mezi dvěma označenými místy nakloněné trubice.



Obr. 11. Höpplerův viskozimetr

- **Stanovení výtokové doby výtokovými pohárky dle ČSN EN ISO 2431**

Jedná se o jednoduchou a rychlou provozní metodou. Při níž se měří průtok nátěrové hmoty z výtokového pohárku. [22] Z důvodu měření v sekundách je toto měření relativní. Nejčastěji se měří viskozita nátěrových hmot těsně před nanášením na povrchy. Rozměry kelímků, jsou dány normou ISO. Materiály a vzhled je dán dodavatelem. [5]



Obr. 13 Výtokový pohárek [22]

***Další viskozimetry:***

- ***Kapilární viskozimetry*** – toto měření vychází z Hagen- Poiseuilleova zákona, který se zabývá laminárním prouděním kapalin v trubicích s kruhovým průřezem např.: Kapilární viskozimetr přetlakový, viskozimetr Oswaldův, viskozimetr Ubbelohdův, viskozimetr Vogel- Ossag, kapilární viskozimetr s pístem.
- ***Výtokové viskozimetry*** – pracuje podobně jako kapilární viskozimetry např.: Eulerův viskozimetr, Redwoodův viskozimetr, Sayboltův viskozimetr.
- ***Tělískové viskozimetry*** – toto měření je zaměřeno na rychlosti pádu hladké koule ve zkoumané kapalině např.: Stokesův viskozimetr, Reoviskozimetr s tlačnou kuličkou, viskozimetr s elektromagnetický ovládanou kuličkou, pístový viskozimetr podle Norcrosse.
- ***Rotační viskozimetr*** – Měření probíhá pomocí dvou sousých válců otáčející se kolem společné osy. např.: sousé válce, viskozimetr typu kužel-deska.

- **Vibrační viskozimetry** – u měření se vychází z kmitání tělesa ve vazké kapalině, např.: Vibrační viskozimetr založený na měření útlumu kmitajících dvou tenkých kruhových terčů, vibrační viskozimetr CAMBRIGE.
- **Měření relativní viskozity – konzistence rozlivem** – konstantní množství kapaliny o známe teplotě naplníme do válcové nádoby bez dna tato nádoba se postaví na dobře odmaštěnou skleněnou desku. Po naplnění nádobu odstraníme, kapalina se na podkladu rozlije. Měřítkem konzistence je průměr obrazce rozlivu, sleduje se také čas rozlivu. Metodu používáme u barev a hlavně koncentrovaných suspenzí.[5]

## 6. Nanotechnologie

### 6.1 Co je to nano?

Toto slovo je odvozeno od řeckého slova, které v překladu znamená trpaslík, jedná se o částice o velikosti  $10^{-9}$ m. V nanotechnologii jde o to, aby se jednotlivé atomy a molekuly seskupily tak abychom docílili potřebný objekt s potřebnými vlastnostmi.

### 6.2 Pojmy v oblasti nanotechnologie

**Nanověda** – jedná se o studium hmoty na atomární a molekulární úrovni. Kde se vlastnosti částic liší od vlastností částic větších rozměru

**Nanotechnologie** - samotná technologie se zabývá cílenou aplikací a znalostí vytváření různých materiálů, struktur a zařízení. V mnoha odvětvích lidské činnosti například medicíně, strojírenství, potravinářství.

**Známe tři typové skupiny:**

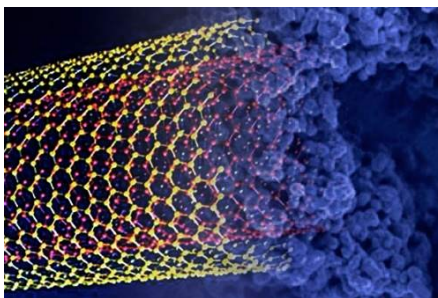
- „Mokrá“ nanotechnologie – jde o studii biologických systémů, které se nacházejí na mokré cestě.

- „Suchá“ nanotechnologie – jde o studii zaměřenou na organické materiály převážně na bázi uhlíku či křemíku.
- „Výpočetní“ nanotechnologie. – jde o modelování a simulaci komplexních nanostruktur. [4]

### 6.3 Využití nano-vrstev v praxi

V dnešní době je nanotechnologie na začátku výzkumu. Díky této technologii se zjišťují nepochopitelné jevy, které se vyskytují v přírodě. Například u lotosového listu, na kterém se neudrží kapky vody a stékají. Díky laboratorům a chemické nanotechnologii můžeme měnit vlastnosti tak aby vyhovovaly našim potřebám. Nanotechnologie se využívá v mnoha odvětvích.

- *Medicína* – využití nejen nanotechnologické povrchy pro nástroje a implantáty, ale také nanoroboty, které by mohly zasahovat proti různým onemocněním.
- *Informační technologie* – výroba nosičů dat. Vylepšování počítačové technologie.
- *Materiálové inženýrství,*
- *Výzkumy potravin, vody a životního prostředí,*
- *A v dalších průmyslových odvětvích.* [4]
- 



Obr. 14. Schéma uhlikové nanotrubic [16]

## 6.4 Využití nanočástic v nátěrových hmotách

Vytváření nových materiálů, po kterých se vyžaduje zlepšení vlastností, mezi které řadíme nejenom vysoké mechanické vlastnosti ale také snížení hmotnosti, vyšší teplotní odolnost, antibakteriální vlastnosti, tvarovou paměť aj. Nové nátěrové hmoty detekují a aktivně reagují na změny v prostředí a upravují funkci nátěru na rozdíl od nátěrových hmot obvyklých, které vytvářeli film, pro ochrannou či dekorační funkci.

Mezi vlivy nových nátěrových hmot řadíme například změnu teploty, světla, korozi, mikroorganismy a jiné specifické vlivy.

V současné době byly připraveny nanočástice z různých oxidů a hydroxidů kovů, siliky,  $\text{CaCO}_3$ , polymerní a hybridní částice s určitou distribucí velikosti částic. [9]

## 6.5 Nátěry s novými funkcemi

Nanonátěry obsahují anorganické křemíkové částice, které jsou vázány organickými polymery. Na rozdíl od klasických nátěrů, které obsahují organické molekuly s dlouhými uhlíkovými řetězci. U nanonátěru mohou být anorganické částice hustě propojeny, což vede k tvrdé vrstvě která má za následek nejenom ochranu proti mechanickému poškození povrchu ale také antikorozi účinek. Křemiko-organické nanonátěry mohou tvořit bariéru, která zamezí vniknutí páry a chemikáliím.

### *Pomocí nano vrstev můžeme dosáhnout těchto vlastností:*

- Jednoduchost čištění a samočistící schopnosti,
- Odolnost proti poškrábání,
- Odpudivost kapalin,
- Ochranu proti korozi,
- Ochranu proti stárnutí materiálu.

Význam mají také katalytické vlastnosti, například z jednoho gramu lze pokrýt velkou část povrchu pro chemickou stabilitu povrchu. Nanočástice železa mají dobrý redukční účinek který má za následek dekontaminační a detoxikační funkci. Využívají se proto jako pigmenty láků, barev a nátěrových hmot. [23]

## 7. Návrh metodiky experimentálních prací

### *Hodnocení povrchu kovového substrátu*

- Hodnocení čistoty povrchu dle ČSN EN ISO 8501 – 1,
- Hodnocení zaprášenosti povrchu dle ČSN ISO 8502 – 3,
- Měření drsnosti podkladového materiálu dle ČSN EN ISO 4287,

### *Hodnocení nátěrové hmoty*

- Stanovení výtokové doby výtokovými pohárky dle ČSN EN ISO 2431,
- Aplikace nátěrových hmot na povrch vzorků,
- Měření tloušťky mokrého a suchého nátěrového filmu dle ČSN EN ISO 2808,
- Stanovení přilnavosti mřížkovou zkouškou a křížový řez dle ČSN EN ISO 1627-2,
- Stanovení korozní odolnosti zkouškou v umělé atmosféře – zkouška solnou mlhou dle ČSN ISO 9227.

### *Hodnocení změn nátěrového systému a přilnavosti:*

- Hodnocení stupně puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628 – 2,
- Hodnocení stupně prorezavění dle ČSN EN ISO 4628 – 3,
- Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628 – 8.

## 8. EXPERIMENTÁLNÍ PRÁCE

### 8.1 Popis podkladového materiálu

Pro experimentální práci byly zvoleny dva druhy podkladových materiálů. Jedním, jsou standardní testovací kovové panely a jako druhý byly zvoleny plechy otrýskané ocelovou drtí.

#### 8.1.1 Standardní testovací kovové panely

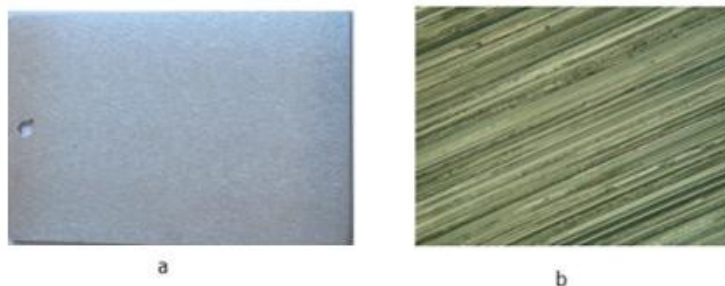
Firma LABIMEX CZ. s. r. o. dodala tyto vzorky z nízkouhlíkové oceli ve stavu broušeném, očištěném a odmaštěném. Tyto vzorky dle firemního značení CRS SAE 1008/1010 mají rozměry 100 x 150 x 0,4 mm.

Mechanické vlastnosti	
Mez kluzu Re [Mpa]	173
Mez pevnosti v tahu Rm [Mpa]	275
Tažnost A <sub>5</sub> [%]	30

Tab. 3. Mechanické vlastnosti oceli CRS SAE 1008/1010

Chemické složení				
Prvek	C	Mn	P	S
Obsah [%]	0,13	0,25 - 0,60	0,04	0,05

Tab. 4. Chemické složení oceli CRS SAE 1008/1010



Obr 15. a) Fotodokumentace povrch kovového standardu, b) Detail povrchu kovového standardu, zvětšeno 100x (foceno na mikroskopu NEOPHOT2).



### 8.1.2 Plechy otrýskané ocelovou drtí

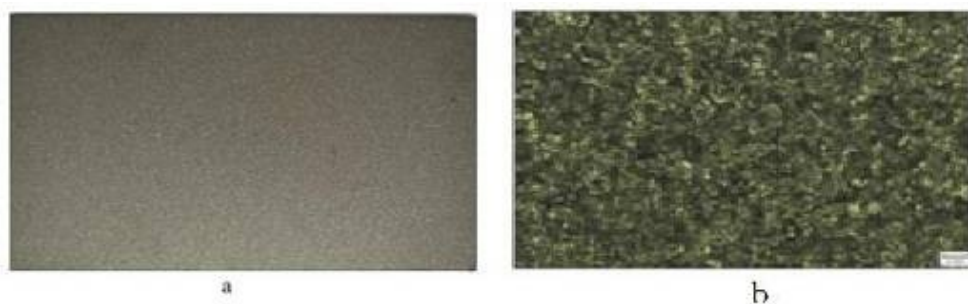
Vzorky jsou vyrobeny z oceli Kosmalt E300T o rozměrech 100x150x0,4 mm. Používá se pro výrobu konstrukcí, které jsou určeny pro odolávání povětrnostním podmínkám. Vzorky byly otrýskané ocelovou drtí na stupeň přípravy povrchu Sa 2 1/2.

Mechanické vlastnosti	
Mez kluzu Re [Mpa]	450
Mez pevnosti v tahu Rm [Mpa]	550
Tažnost A <sub>5</sub> [%]	28

Tab. 5. Mechanické vlastnosti

Chemické složení							
Prvek	C	Mn	P	Si	Al	S	N
Obsah [%]	0,04	0,2 - 0,064	0,015	0,020	0,048	0,008	0,003

Tab. 6. Chemické složení



Obr 16. a) Fotodokumentace otrýskaného plechu ocelovou drtí, b) Detail povrchu otrýskaného plechu ocelovou drtí, zvětšeno 150x (měřeno na mikroskopu NEOPHOT 2)

## 8.2 Hodnocení zaprášenosti povrchu dle ČSN ISO 8502-3

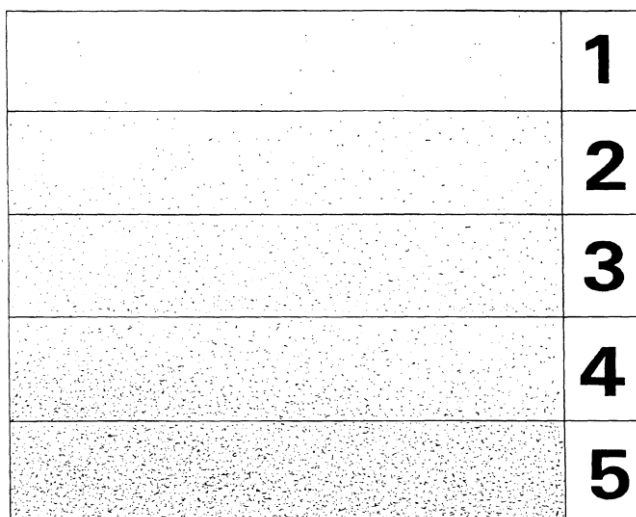
K vyhodnocení čistoty povrchu se byla užitá norma ČSN ISO 8502-3, – Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků – Zkoušky pro vyhodnocení čistoty povrchu – Část 3: Stanovení prachu na ocelovém povrchu připraveném pro natírání (metoda snímání samolepící páskou).

K určení množství prachu na povrchu vzorků byla použita adhezní páska. Ta byla přilepena k ocelovému povrchu vzorku a následně přitlačena a sejmuta pod úhlem 60°. Páska byla nalepena na kontrastní podklad a vyhodnocena vizuálním posouzením. Pro vyhodnocení byla použita lupa.

Množství prachu bylo porovnáno s tabulkovou stupnicí (viz. Obr. 17.) dle ní byl zapsán stupeň zaprášenosti a velikost prachových částic.

Třída	Popis prachových částic
0	Částice neviditelné při zvětšení 10x
1	Částice viditelné při zvětšení 10x, ale ne prostým okem (obvykle částice menší než 50 $\mu\text{m}$ v průměru)
2	Částice již viditelné prostým okem (obvykle částice mezi 50 $\mu\text{m}$ a 100 $\mu\text{m}$ v průměru)
3	Částice jasně viditelné prostým okem (částice do 0,5 mm v průměru)
4	Částice mezi 0,5 mm až 2,5 mm v průměru
5	Částice větší než 2,5 mm v průměru

Tab. 7. Třídy velikosti prachových částic ČSN ISO 8502-3[21]



Obr.17. Obrazová stupnice odpovídající množství prachu ČSN ISO 8502-3[21]

Vzorky	Třída velikosti prachových částic	Množství prachu dle obr. stupnice
Testovací kovové standardní panely	1	1
Plechý otryskané ocelovou drtí	5	5

Tab. 8. Určení velikosti prachových částic a množství prachu na vzorcích.

Z důvodu dobré předpravy povrchu bylo množství prachu na standardních testovacích panelech jen minimální oproti povrchově neočištěným plechům otryskaných ocelovou drtí, kde se po otryskání na povrchu usadil prach a další nečistoty.

### 8.3 Měření drsnosti povrchu dle ČSN EN ISO 4287

Tato mezinárodní norma stanoví termíny, definice a parametry pro určování struktury povrchu (drsnosti, vlnitosti a základního profilu) profilovou metodou. [17]

Drsnost jsme naměřili přístrojem MITUTUOYO SURFTEST – SJ – 301 dle normy ČSN EN ISO 4287.

Přístroj MITUTUOYO SURFTEST – SJ – 301 pracuje pomocí diamantového hrotu, který projíždí po povrchu materiálu. Přístroj snímá povrch materiálu a vyhodnocuje parametry drsnosti, tyto hodnoty zaznamenává do grafu.

***Parametry struktury povrchu, které byly předmětem měření:***

Ra – průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu [ $\mu\text{m}$ ]

Rz – největší výška profilu [ $\mu\text{m}$ ]

Rq – střední kvadratická úchylka profilu [ $\mu\text{m}$ ]

Rp – největší výška výstupků profilu [ $\mu\text{m}$ ]

Rv – největší hloubka prohlubní profilu [ $\mu\text{m}$ ]

Rsk – šikmost posuzovaného profilu (součinitel asymetrie) [-]

Rku – špičatost posuzovaného profilu [-]



Obr. 18. Přístroj pro měření drsnosti Mitutoyo Surf test SJ-301[21]

### 8.3.1 Měření drsnosti standardního testovacího panelu

Nastavení přístroje Mitutoyo Surftest SJ-301 :

- měření probíhalo dle ISO 1997,  $\lambda_c = 0,8 \text{ mm}$ ,  $L = 4 \text{ mm}$

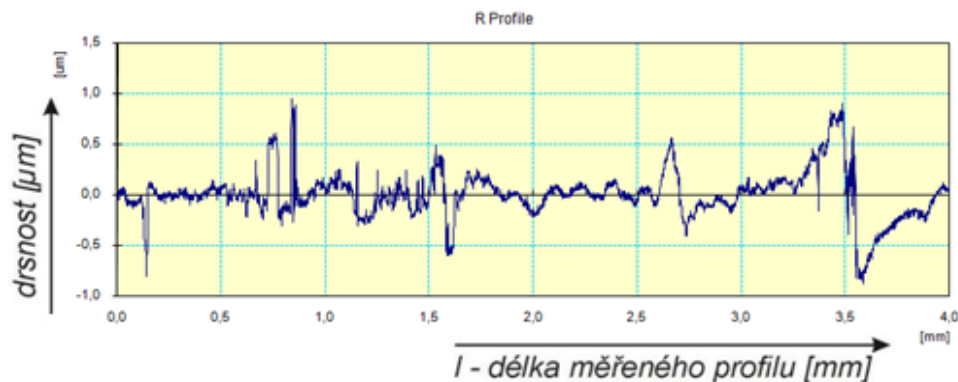
$\lambda_c$  – filtr profilu, který definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti

L – délka měřeného úseku

Tab. 9 Měření drsnosti v podélném směru

Počet měření	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	Rq [ $\mu\text{m}$ ]	Rp [ $\mu\text{m}$ ]	Rv [ $\mu\text{m}$ ]	Rsk [-]	Rku [-]	Rlo [mm]
1	0,17	1,07	0,23	0,56	0,51	0,48	3,77	0,800
2	0,20	1,36	0,27	0,73	0,64	0,28	3,55	0,801
3	0,28	2,83	0,43	1,32	1,51	-0,08	5,48	0,801
4	0,54	3,12	0,68	1,91	1,48	0,24	3,72	0,802
5	0,52	3,39	0,68	1,91	1,48	0,24	3,72	0,801
6	0,16	1,10	0,21	0,67	0,43	0,72	3,71	0,801
7	0,35	2,82	0,52	1,45	1,37	0,45	5,20	0,801
8	0,34	2,36	0,47	1,23	1,14	-0,05	3,55	0,801
9	0,22	1,66	0,29	1,05	0,61	0,60	3,98	0,801
10	0,15	1,30	0,21	0,65	0,66	0,20	6,49	0,801
<b>Průměrné hodnoty</b>	<b>0,293</b>	<b>2,101</b>	<b>0,399</b>	<b>1,148</b>	<b>0,983</b>	<b>0,308</b>	<b>4,317</b>	<b>0,801</b>
<b>Min. hod.</b>	<b>0,150</b>	<b>1,070</b>	<b>0,210</b>	<b>0,560</b>	<b>0,430</b>	<b>-0,080</b>	<b>3,550</b>	<b>0,800</b>
<b>Max. hod.</b>	<b>0,540</b>	<b>3,390</b>	<b>0,680</b>	<b>1,910</b>	<b>1,510</b>	<b>0,720</b>	<b>6,490</b>	<b>0,802</b>

Tab. 9. Měření drsnosti na standardu podélně

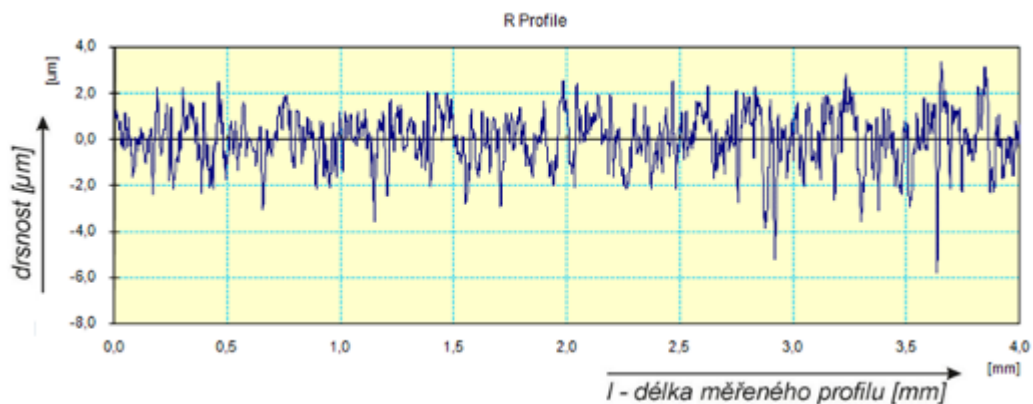


Obr.19. Grafický záznam profilu drsnosti z přístroje Mitutoyo Surftest SJ-301

Tab.10. Měření drsnosti v příčném směru

Počet měření	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [-]	Rku [-]	Rlo [mm]
1	1,13	8,50	1,46	3,61	4,89	-0,67	3,92	0,824
2	0,89	6,30	1,13	2,57	3,73	-0,62	3,47	0,822
3	0,81	7,22	1,09	3,69	3,54	-0,11	4,29	0,820
4	0,92	7,25	1,19	3,14	4,11	-0,47	3,71	0,820
5	0,78	5,99	1,00	2,85	3,14	-0,23	3,55	0,821
6	0,91	7,56	1,20	3,59	3,97	-0,36	3,89	0,825
7	0,91	7,17	1,17	2,97	4,20	-0,64	4,15	0,823
8	0,92	7,05	1,17	2,77	4,28	-0,67	4,66	0,823
9	1,04	8,32	1,37	3,73	4,59	-0,24	4,66	0,825
10	0,89	6,58	1,13	2,56	4,12	-0,52	3,36	0,824
<b>Průměrné hodnoty</b>	<b>0,920</b>	<b>7,194</b>	<b>1,191</b>	<b>3,148</b>	<b>4,057</b>	<b>-0,453</b>	<b>3,966</b>	<b>0,823</b>
<b>Min. hod.</b>	<b>0,780</b>	<b>5,990</b>	<b>1,000</b>	<b>2,560</b>	<b>3,140</b>	<b>-0,670</b>	<b>3,360</b>	<b>0,820</b>
<b>Max. hod.</b>	<b>1,130</b>	<b>8,500</b>	<b>1,460</b>	<b>3,730</b>	<b>4,890</b>	<b>-0,110</b>	<b>4,660</b>	<b>0,825</b>

Tab. 10. Měření drsnosti na standardu příčně



Obr.20 Grafický záznam profilu drsnosti z přístroje Mitutoyo Surftest SJ-301

V příčném směru jsou parametry drsnosti větší než ve směru podélném. Je to způsobeno měření drsnosti přes hrany broušeného povrchu.

### 8.3.2 Měření drsnosti otrýskaného plechu

Nastavení přístroje Mitutoyo Surftest SJ-301 :

- měření probíhalo dle normy ISO 1997,  $\lambda_c = 2,5$  mm,  $L = 12,5$  mm

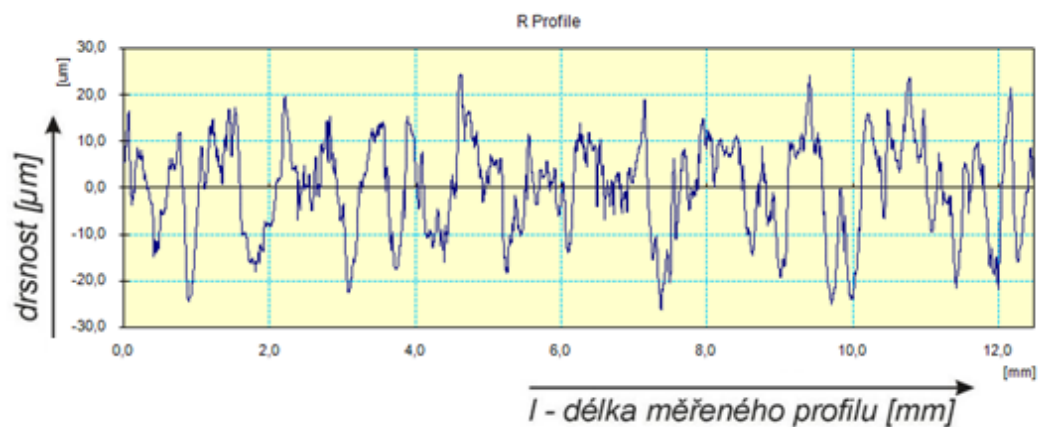
$\lambda_c$  – filtr profilu, který definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti

$L$  – délka měřeného úseku

Tab. 11. Měření drsnosti v podélném směru

Počet měření	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	Rq [ $\mu\text{m}$ ]	Rp [ $\mu\text{m}$ ]	Rv [ $\mu\text{m}$ ]	Rsk [-]	Rku [-]	Rlo [mm]
1	5,10	33,92	6,54	18,19	15,78	0,17	3,07	2,578
2	6,93	47,84	8,70	23,66	24,17	-0,09	3,30	2,589
3	6,38	36,76	7,81	17,40	19,34	-0,31	2,61	2,584
4	7,01	44,97	9,10	18,85	26,11	-0,62	3,55	2,588
5	6,20	40,64	7,94	17,74	22,91	-0,55	3,24	2,582
6	5,97	39,29	7,59	17,98	21,31	-0,32	3,25	2,578
7	6,47	40,50	7,96	20,73	19,77	0,10	3,03	2,575
8	7,47	48,80	9,40	24,52	24,28	-0,13	3,42	2,594
9	6,67	46,07	8,64	23,67	22,40	-0,02	3,50	2,603
10	8,48	46,54	10,28	22,02	25,52	-0,39	2,47	2,587
<b>Průměrné hodnoty</b>	<b>6,668</b>	<b>42,533</b>	<b>8,396</b>	<b>20,476</b>	<b>22,159</b>	<b>-0,216</b>	<b>3,144</b>	<b>2,586</b>
<b>Min. hod.</b>	<b>5,100</b>	<b>33,920</b>	<b>6,540</b>	<b>17,400</b>	<b>15,780</b>	<b>-0,620</b>	<b>2,470</b>	<b>2,575</b>
<b>Max. hod.</b>	<b>8,480</b>	<b>48,800</b>	<b>10,280</b>	<b>24,520</b>	<b>26,110</b>	<b>0,170</b>	<b>3,550</b>	<b>2,603</b>

Tab.11. Měření drsnosti otrýskaného plechu podélně

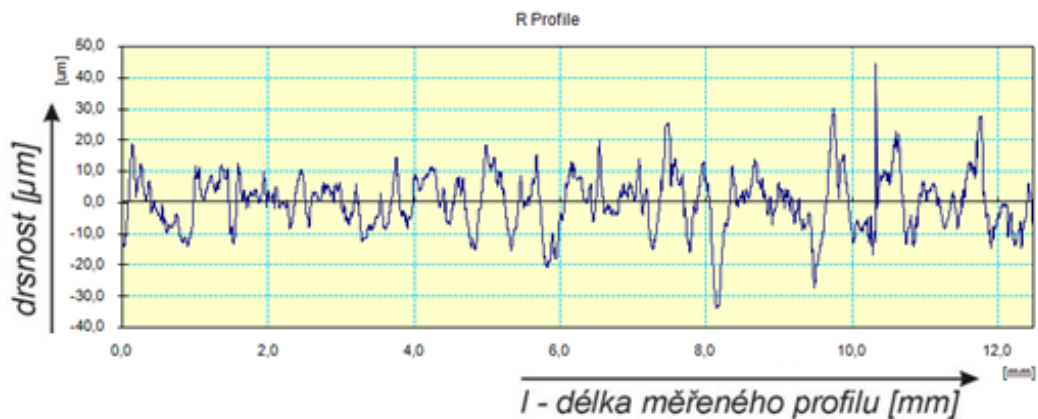


Obr.21 Grafický záznam profilu drsnosti z přístroje Mitutoyo Surftest SJ-301

Tab. 12. Měření drsnosti v příčném směru.

Počet měření	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [-]	Rku [-]	Rlo [mm]
1	8,16	54,35	10,49	24,47	29,88	-0,30	3,42	2,592
2	7,01	44,90	8,86	23,32	21,59	0,09	3,09	2,588
3	7,66	48,64	9,74	22,00	26,04	-0,49	3,14	2,582
4	5,92	37,82	7,39	17,59	20,23	-0,33	3,14	2,583
5	6,71	46,55	8,73	20,37	26,18	-0,59	3,87	2,577
6	9,09	54,97	11,63	27,47	27,50	-0,18	3,22	2,591
7	8,43	49,67	10,60	24,16	25,51	-0,21	2,76	2,593
8	5,51	37,51	7,15	18,54	18,97	-0,04	3,29	2,585
9	6,85	38,83	8,61	19,62	19,21	0,12	2,74	2,579
10	6,95	47,41	8,78	27,14	20,27	0,00	3,07	2,601
<b>Průměrné hodnoty</b>	<b>7,229</b>	<b>46,065</b>	<b>9,198</b>	<b>22,468</b>	<b>23,538</b>	<b>-0,193</b>	<b>3,174</b>	<b>2,587</b>
<b>Min. hod.</b>	<b>5,510</b>	<b>37,510</b>	<b>7,150</b>	<b>17,590</b>	<b>18,970</b>	<b>-0,590</b>	<b>2,740</b>	<b>2,577</b>
<b>Max. hod.</b>	<b>9,090</b>	<b>54,970</b>	<b>11,630</b>	<b>27,470</b>	<b>29,880</b>	<b>0,120</b>	<b>3,870</b>	<b>2,601</b>

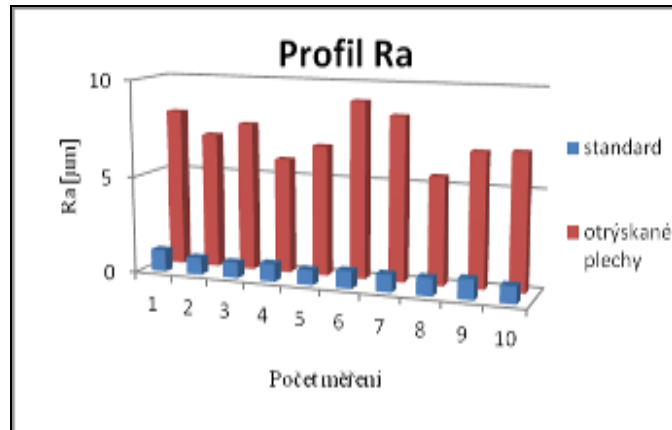
Tab. 12. Měření drsnosti plechu příčně.



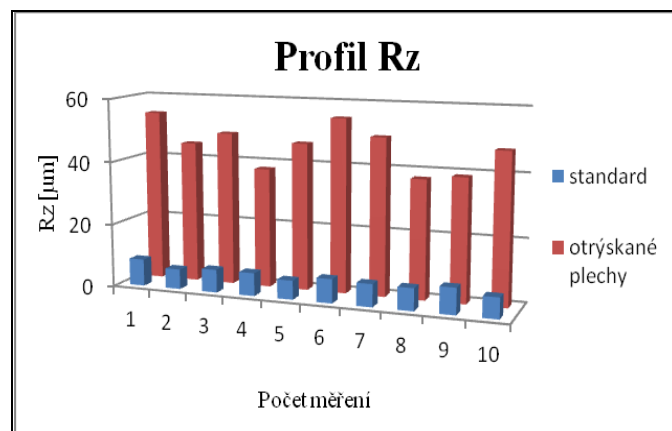
Obr.22 Grafický záznam profilu drsnosti z přístroje Mitutoyo Surftest SJ-301

Z důvodu rovnoměrného otrýskání, které zapříčinilo vytvoření důlků podobného tvaru na povrchu, nejsou hodnoty parametrů drsností v příčném a podélném směru měření odlišné.





Graf 1. Měření profilu Ra



Graf 2. Měření profilu Rz

Porovnání hodnot jak v příčném tak i podélném směru je uvedeno v tabulkách č. 7-10, kde jsou uvedeny průměrné hodnoty.

Základní hodnoty parametrů drsnosti Ra a Rz byly zaznamenány a porovnány do grafu č. 1 a č. 2. Je zřejmé, že střední aritmetická úchylka (Ra) u standardního testovacího panelu je nižší než u otrýskaných plechů. Z důvodu určení výšky profilu byla porovnaná také hodnota největší výšky profilu (Rz), kde je zřejmé že velikost profilu je u otrýskaných plechu výrazně vyšší než u profilu standardních testovacích panelů. Tyto hodnoty odpovídají charakteru povrchu vzorku.

## 8.4 Použitý nátěrový systém

Jde o vodou ředitelný lak o poměru ředitelnosti 1:10 a 1:15, který je určen pro krátkodobou antikorozi ochranu. U vodou ředitelných nátěrových hmot se odpařuje minimum těkavých organických látek (VOC látky). Nátěrová hmota obsahuje fosfátové inhibitory koroze na bázi sodíku a vysychavých solí, dále obsahuje také antikorozi pigmenty tzv. oxiamino fosfátový komplex manganu a vápence. Po nanesení nátěru na povrch vytvoří fosfátové inhibitory koroze s antikorozi pigmenty ochrannou vrstvu o velikosti cca 50 nm.

### 8.4.1 Značení testovacích vzorků

Vzorky byly značeny dle použité nátěrové hmoty a dle podkladu. První písmeno značí název podkladového materiálu následující číslo poměr ředění nátěrové hmoty s vodou.

<b>S10</b>	Standardní testovací panel s nanesenou nátěrovou hmotou o poměru ředitelností 1:10
<b>S15</b>	Standardní testovací panel s nanesenou nátěrovou hmotou o poměru ředitelností 1:15
<b>O10</b>	Otrýskaný plech ocelovou drtí s nanesenou nátěrovou hmotou o poměru ředitelností 1:10
<b>O15</b>	Otrýskaný plech ocelovou drtí s nanesenou nátěrovou hmotou o poměru ředitelností 1:15

*Tab. 13. Značení vzorků*

## 8.5 Stanovení výtokové doby výtokovými pohárky dle ČSN EN ISO 2431

Jedná se o mezinárodní normu, která se zabývá vzorkováním a zkoušením nátěrových hmot a zjištění konzistence nátěrové hmoty.

### 8.5.1 Postup provedení zkoušky

Je nutno vybrat správný výtokový pohárek, který má pro zkoušený materiál výtokovou dobu 30 až 100s. Nátěrová hmota před nalitím do pohárku musí být důkladně promíchaná.

Po dobu výtoku což je doba, která uplyne od začátku vtečení nátěrové hmoty z otvoru pohárku, který musí být naplněn, až po dobu kdy se poprvé přeruší vytékání v blízkosti výtokového otvoru. Pro výtokovou dobu je důležitá teplota proto je v normě uvedena zkušební teplota  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ .

**Dynamická viskozita** - Je to poměr pozitivního tečného napětí k rychlostnímu gradientu.

**Kinematická viskozita** - Je to poměr dynamické viskozity k hustotě kapalin.[24]

Měření bylo provedeno při teplotě  $22^\circ\text{C}$  u nátěrové hmoty s ředitelností 1:10 trval čas průtoku 137s a u nátěrové hmoty s ředitelností 1:15 čas průtoků byl 164s. Ke zkoušce byl použit výtokový pohárek o průměru výtokové trysky 6 mm a následně byla vypočítána kinetická viskozita.

**Kalibrační rovnice:**

$$v = 6,90 * t - \frac{570}{t} \quad [\text{mm}^2/\text{s}] \quad (3)$$

Ředitelnost nátěrové hmoty	Čas průtoku [s]	Vypočtená kinematická viskozita $[\text{mm}^2/\text{s}]$
1:10	137	941,139
1:15	164	1128,124

Tab. 14. Hodnoty kinematické viskozity nátěrových hmot

Kinetická viskozita byla vypočtena ze vzorce, pro nátěrovou hmotu ředitelnou 1:10 byla výsledná kinetická viskozita  $941,139 \text{ mm}^2/\text{s}$  a pro nátěrovou hmotu o ředitelnosti 1:15 byla kinetická viskozita  $1128,124 \text{ mm}^2/\text{s}$ .

## 8.6 Stanovení obsahu sušiny v nátěrové hmotě

Nanoinhibitorový lak byl naředěn vodou z vodovodního řádu v poměrech ředitelnosti 1:10 a 1:15.

Pomocí gravimetrické metody byl zjištěn obsah těkavých organických látek. Tato metoda spočívá ve vážení nátěrové hmoty a sledování hmotnostního úbytku během vytvrzování v časových intervalech. Z těchto hodnot byla sestavena křivka odparu, ve které je vidět odpařování rozpouštědla v závislosti na čase. Tabulka hmotnostních úbytku viz. příloha 1.

**Hustota nátěrové hmoty:**

$$\rho_N = \frac{m_D - m_F}{V_S} \quad [\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}] \quad (8)$$

$m_F$  - hmotnost prázdné injekční stříkačky [g]

$V_S$  - objem stříkačky (objem nátěrové hmoty) [ $\text{cm}^3$ ]

$$\text{Obsah sušiny} = \frac{m_C - m_A \cdot 100}{m_B} \quad [\text{hm. \%}] \quad (9)$$

**Výpočet obsahu odparu:**

$$\text{Odpar} = \frac{(m_A + m_B - m_C) \cdot \rho_N \cdot 1000}{m_B} \quad \left[ \frac{\text{g}}{\text{l}} \right] \quad (10)$$

$$m_B = m_D - m_E \quad \left[ \text{g} \right] \quad (11)$$

$m_A$ .....hmotnost prázdné Petriho misky [g]

$m_B$ .....hmotnost nátěrové hmoty aplikované z injekční stříkačky [g]

$m_C$ .....hmotnost Petriho misky s vysušenou nátěrovou hmotou [g]

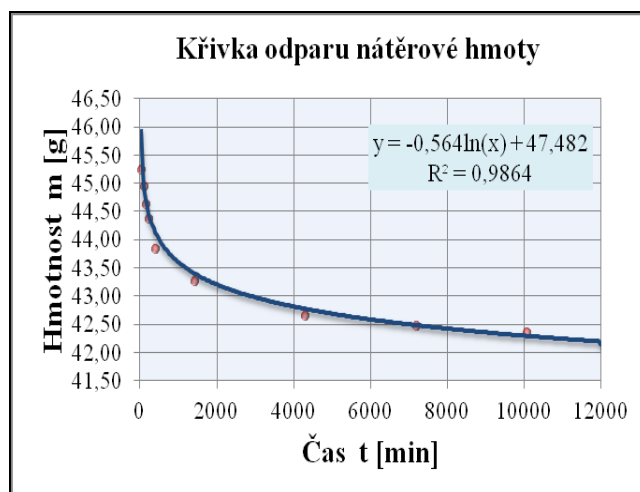
$\rho_N$ .....hustota nátěrové hmoty [ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ]

$m_D$ .....hmotnost injekční stříkačky s nátěrovou hmotou [g]

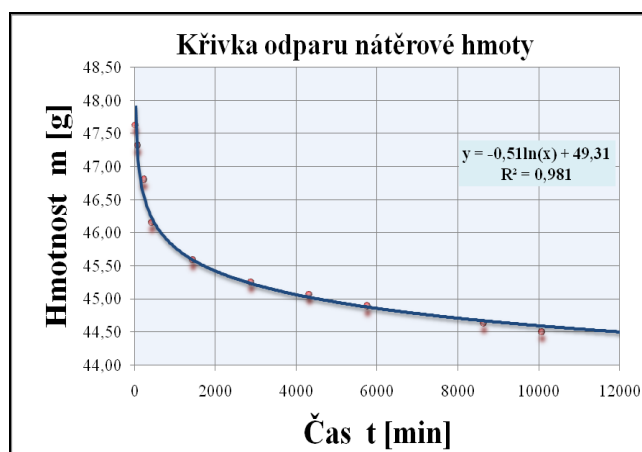
$m_E$ .....hmotnost prázdné injekční stříkačky po aplikaci nátěrové hmoty [g]

Ředitelnost nátěrové hmoty	Obsah sušiny [hm. %]	Hustota nátěrové hmoty [g.cm <sup>3</sup> ]	Obsah odparu [g/l]
1:10	39,33	1,06	643,12
1:15	39,60	1,09	657,42

Tab. 15. Vypočtené hodnoty pro nátěrové hmoty.



Graf 3. Křivka odparu nátěrové hmoty ředěné 1:10



Graf 4. Křivka odparu nátěrové hmoty ředěné 1:15

Z důvodu ředění nátěrové hmoty s vodou je obsah organických VOC látek velmi malý, z nátěrové hmoty se tedy odpařuje rozpouštědlo voda a minimální obsah VOC látek. Proto byl výpočtem zjištěn obsah sušiny a hustota nátěrové hmoty u obou dvou nátěrových hmot.

## 8.7 Aplikace nátěrových hmot

### 8.7.1 Technologický postup aplikace

Vodou naředěné nanoinhibitorové laky byly nanесeny na dva druhy podkladových materiálů pneumatickým stříkáním o tlaku 0,1 MPa. Tloušťka mokré vrstvy byla po nanесení 150  $\mu\text{m}$ . Měření tloušťky mokré vrstvy nátěrového filmu bylo provedeno hřebenovou měrkou firmy BASTRO o rozsahu měření 25 -2000  $\mu\text{m}$ .

Po aplikaci nátěrových hmot byly sady vzorků sušeny 10 min na vzduchu a poté vytvrzeny při teplotě 70°C po dobu 20 min, následně ochlazeny na vzduchu.

## 8.8 Kontrola tloušťky suché vrstvy dle ČSN EN ISO 2808

Norma ČSN EN ISO 2808 popisuje mnoho metod, které lze využít při měření tloušťek nátěrových hmot nanесené na podkladový materiál. Lze zjistit tloušťku mokrého filmu, suchého filmu a také nevytvrzené vrstvy práškových hmot. [29]

Po vytvrzení nátěrových hmot byla provedena kontrola tloušťky suché vrstvy pomocí přístroje ELCOMETER 456. Pro každou sadu vzorků bylo naměřeno 10 hodnot, které byly zprůměrovány a uvedeny do tabulky č. 16.

Označ. vzorků	Průměrné hodnoty [ $\mu\text{m}$ ]
S10	66,10
S15	68,57
O10	65,94
O15	69,03

Tab. 16. Průměrné hodnoty tloušťky suché vrstvy

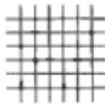
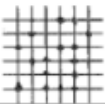
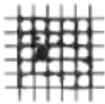

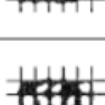
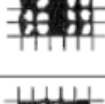
## 8.9 Mřížková zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 2409

Mřížková zkouška byla provedena dle normy ČSN EN ISO 2409 – Nátěrové hmoty – Mřížková zkouška.

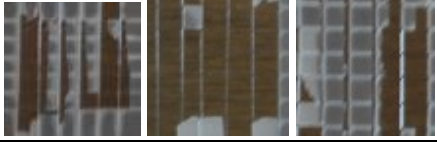
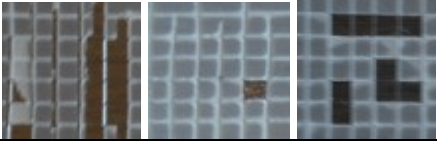
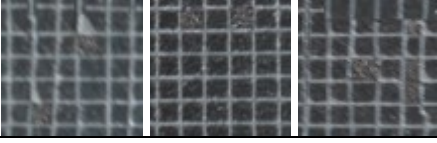

Dle velikosti suché vrstvy (do 60  $\mu\text{m}$ ) byla zvolena šířka řezů 2 mm. Mřížka byla vytvořena pomocí šesti řezů, které byly nanесeny řezným nožem a šablony kolmo na sebe. Na vytvořenou mřížku byla přilepena adhézní páska, která byla následně stržena pod úhlem 60° a nalepena na kontrastní podklad pro provedení vizuální kontroly dle Tab. 17.

### *Pomůcky k provedení zkoušky:*

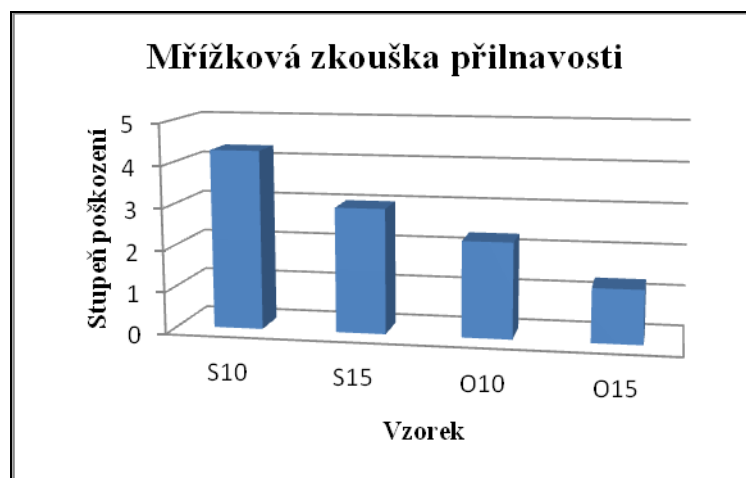
- Řezný nůž,
- Vodící šablona,
- Průhledná samolepící páska (šířka 50 mm),
- Lupa. [26, 27]

Klasifikace	Popis	Schéma
0	Řezy jsou zcela hladké, žádný čtverec není poškozen	
1	Nepatrné poškození v místech, kde se řezy kříží. Poškozená plocha nesmí přesahovat 5 %	
2	Nátěr je nepatrně poškozen podél řezů a při jejich křížení. Povrch mřížky smí být poškozen o více než 5% a méně než 15% celkové plochy	
3	Nátěr je částečně poškozen v rozích řezů, podél řezných hran částečně, nebo celý, na různých místech mřížky. Poškození mřížky je větší než 15%, ale menší než 35%.	
4	Na nátěru jsou velké změny v rozích řezů a některé čtverečky jsou částečně nebo zcela poškozeny. Plocha mřížky je poškozena z více jak 35%, ale méně než z 65%.	
5	Změny, které jsou větší než u stupně 4 (více než 65%)	

Tab. 18. Klasifikace zkušebních výsledků mřížkové zkoušky [26,27]

Vzorek	Mřížka	Vyhodnocení	Průměrná hodnota
S10		4, 5, 4	4,3
S15		4, 2, 3	3
O10		2, 2, 3	2,3
O15		1, 1, 2	1,3

Tab. 19. Vyhodnocení mřížkové zkoušky



Graf č. 5 Grafické srovnání průměrných hodnot mřížkové zkoušky

Vzhledem k reliéfu povrchu otrýskaného povrchu byla lepší přilnavost nátěrových hmot u vzorků otrýskaných ocelovou drtí na vzorcích Standard byla přilnavost horší. Z průměrných hodnot mřížkové zkoušky přilnavosti je patrné, že přilnavost obou nátěrových hmot ředěných 1:10 a 1:15 k otrýskanému podkladovému materiálu byla lepší.









## 8.10 Zkouška přilnavosti křížového řezu dle ČSN ISO 16276 – 2

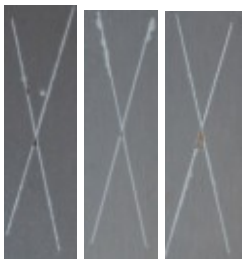
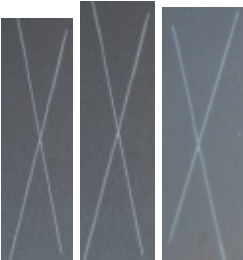


U zkoušky přilnavosti křížovým řezem byly vytvořeny do nátěrového filmu dva řezy ve tvaru „X“. Na vytvořený řez byla nalepena adhézní páska, která byla odtržena pod úhlem 60° a přilepena na kontrastní podklad. Vyhodnocení bylo vyjádřeno číselně dle odpovídající stupnice viz tab. 20. [26, 27]

### *Pomůcky k provedení zkoušky:*

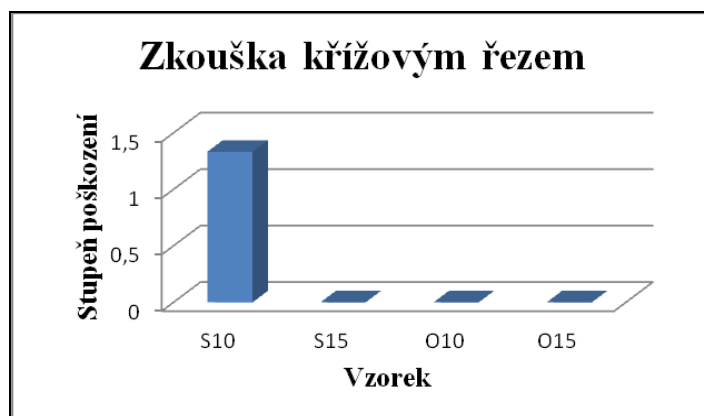
- Řezný nůž,
- Vodící šablona,
- Průhledná samolepící páska (šířka 50mm),
- Lupa. [26,27]

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

Tab. 20. Klasifikace zkušebních výsledků křížového řezu [26,27]

Vzorek	Řez	Vyhodnocení	Průměr hodnot
S10		1, 2, 1	1, 3
S15		0, 0, 0	0
O10		0, 0, 0	0
O15		0, 0, 0	0

Tab. 21. Vyhodnocení zkoušky křížovým řezem.



Graf č. 6. Grafické srovnání průměrných hodnot zkoušky křížovým řezem

Z průměrných hodnot zkoušky křížovým řezem je patrné, že obě nátěrové hmoty ředěné 1:10 a 1:15 prokázaly poměrně dobrou adhezi k podkladovým materiálům. U vzorku S10 docházelo k odtržení nátěru v místě křížení řezů.

### 8.11 Korozní zkouška nátěrů dle ČSN EN ISO 9227

V mezinárodní normě ČSN EN ISO 9227 se určují přístroje, chemikálie a postupy zkoušky v mlze neutrálního roztoku chloridu sodného, v mlze okyseleného roztoku chloridu sodného nebo v mlze okyseleného roztoku chloridu sodného a chloridu měďnatého. Tyto roztoky zajišťují protikorozní odolnost kovu jak nechráněných, tak i s ochrannými nátěrovými systémy s dočasnou ochranou proti korozi.

Vyhodnocení vzorků korozní zkoušky bylo dle norem: ČSN EN ISO 4628-1: Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 1: Obecný úvod a systém klasifikace. ČSN EN ISO 4628-2: Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 2: Hodnocení stupně puchýřkování. ČSN EN ISO 4628-3: Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 3: Hodnocení stupně prorezavění. ČSN EN ISO 4628-8: Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 8: Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu.

Zkouška byla provedena v solné korozní komoře LIEBISCH S400 M-TR, kde bylo vloženo 8 vzorků, 4 bez řezu a 4 s řezem o délce 7 cm. V komoře byly vzorky vystaveny solné mlhovině za zvýšené teploty po dobu 72 h. Vzorky bylo nutno oblepit lepicí páskou, aby nenastala koroze na okrajích vzorků. [30,31,32,33,34]

#### *Provozní podmínky solné komory:*

- Tlak vody 2,5 až 3 bar,
- Tlak vzduchu 3 až 4 bar,
- Průtok vody 0,45 l/hod,
- Teplota navlhčovače 55°C,
- Teplota prostředí  $35 \pm 2$  °C.
- Vlhkost 100%,
- Solná mlha - 5% neutrální vodní roztok NaCl.

Nátěrová hmota byla určena pro krátkodobou korozní ochranu, která je maximálně 1 rok. V tabulce č. 22 je rozdělení agresivity korozního prostředí dle normy ČSN ISO 9223. Vzorky byly vystaveny koroznímu prostředí C5, toto vysoce agresivní prostředí se dělí na přímořské a průmyslové.

<b>C1</b>	Velmi nízká
<b>C2</b>	Nízká
<b>C3</b>	Střední
<b>C4</b>	Vysoká
<b>C5</b>	Velmi vysoká

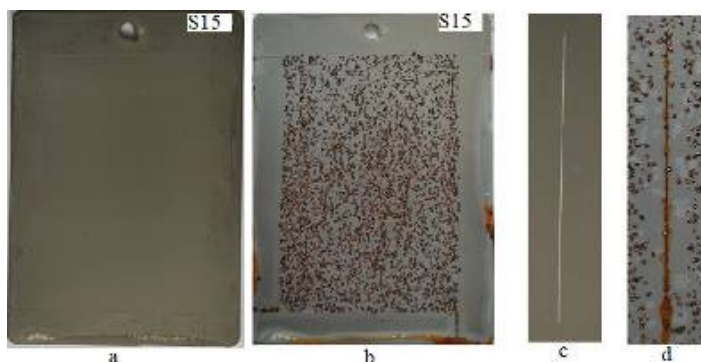
Tab. 22. Agresivita korozního prostředí

<b>Korozní odolnost</b>	
<b>Simulovaná doba v korozní komoře</b>	<b>Skutečná doba</b>
6 h	cca 1 měsíc
72 h	cca 1 rok
720 h	cca 10 let

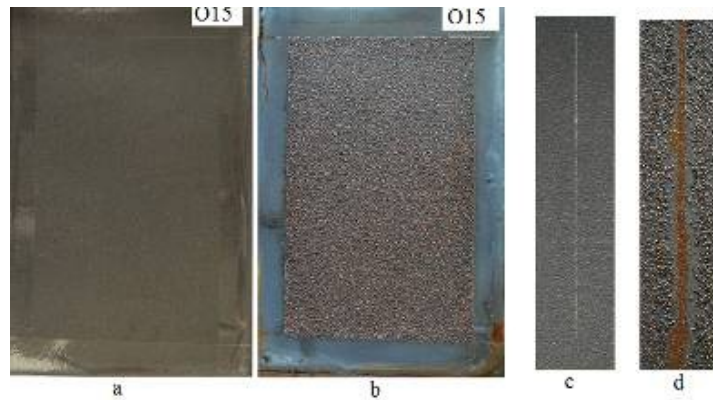
Tab. 23. Návrh výpočtu korozní odolnosti

### 8.11.1 Fotodokumentace vzorků z korozní zkoušky

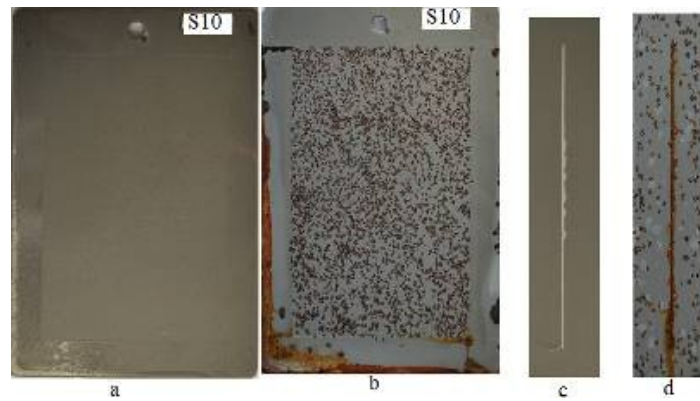
Fotodokumentace vzorků byla pořízena před vložením do korozní komory, dále po jednotlivých cyklech 8 h, 16 h, 24 h, 48 h a na konci cyklu korozní zkoušky 72 h. Kompletní dokumentace vzorků jednotlivých cyklů viz. příloha 3.



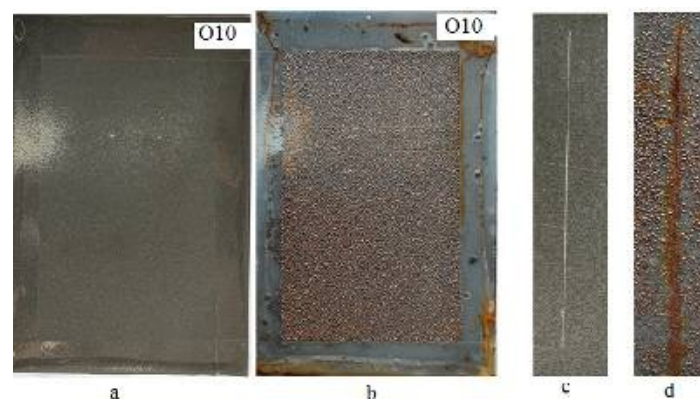
Obr. č. 23 a) vzorek S15 před vložením do solné komory, b) vzorek S15 po 72 h v solné komoře, c) vzorek S15 před vložením do solné komory s řezem, d) vzorek S15 po 72 h v solné komoře s řezem.



Obr. č. 24 a) vzorek O15 před vložením do solné komory, b) vzorek O15 po 72 h v solné komoře, c) vzorek O15 před vložením do solné komora s řezem, d) vzorek O15 po 72 h v solné komoře s řezem.



Obr. č. 25 a) vzorek S10 před vložením do solné komory, b) vzorek S10 po 72 h v solné komoře, c) vzorek S10 před vložením do solné komora s řezem, d) vzorek S10 po 72 h v solné komoře s řezem.



Obr. č. 26 a) vzorek O10 před vložením do solné komory, b) vzorek O10 po 72 h v solné komoře, c) vzorek O10 před vložením do solné komora s řezem, d) vzorek O10 po 72 h v solné komoře s řezem.

## 8.12 Vyhodnocení korozní zkoušky

Vzorek	Vzorky bez řezu			Vzorky s řezem		
	Stupeň puchýřkování	Stupeň prorezavění	Intenzita změny	Stupeň puchýřkování	Delaminaci/Koroze	Intenzita změny
<i>Před vložením do solné komory</i>						
S10	0(S0)	Ri0(0)	0	0(S0)	0/0	0
S15	0(S0)	Ri0(0)	0	0(S0)	0/0	0
O10	0(S0)	Ri0(0)	0	0(S0)	0/0	0
O15	0(S0)	Ri0(0)	0	0(S0)	0/0	0
<i>Po 8 hodinách v solné komoře</i>						
S10	0(S0)	R2S2	0	0(S0)	1/2	0
S15	0(S0)	Ri0(S0)	0	0(S0)	1/2	0
O10	0(S0)	R1(S4)	0	0(S0)	1/2	0
O15	0(S0)	R1(S4)	0	0(S0)	2/3	0
<i>Po 16 hodinách v solné komoře</i>						
S10	0(S0)	R2(S3)	0	0(S0)	2/2	0
S15	0(S0)	R1(S4)	2	2(S3)	2/2	0
O10	0(S0)	R1(S4)	0	0(S0)	1/3	0
O15	0(S0)	R1(S4)	0	0(S0)	3/3	0
<i>Po 24 hodinách v solné komoře</i>						
S10	0(S0)	R3(S4)	0	1(S2)	2/2	2
S15	0(S0)	R2(S4)	2	2(S3)	2/2	2
O10	1(S2)	R2(S4)	2	0(S0)	3/4	0
O15	0(S0)	R2(S4)	2	2(S3)	3/3	2
<i>Po 48 hodinách v solné komoře</i>						
S10	2(S4)	R3(S4)	0	2(S2)	2/2	2
S15	2(S4)	R2(S4)	3	2(S3)	2/2	3
O10	2(S4)	R2(S4)	3	2(S4)	3/4	0
O15	2(S4)	R3(S4)	2	2(S4)	3/3	3
<i>Po 72 hodinách v solné komoře</i>						
S10	2(S5)	R4(S5)	3	3(S3)	2/3	3
S15	3(S5)	R4(S5)	3	3(S3)	2/3	3
O10	3(S5)	R4(S5)	0	3(S5)	3/4	0
O15	3(S5)	R4(S5)	0	3(S5)	3/3	0

Tab. 24. Vyhodnocení vzorků z korozní komory

Po expozici 72 hodin v solné komoře došlo k značné degradaci u obou nátěrů. U vzorků standardů je delaminace a puchýřkování v řezu menší. U nátěru s ředitelností 1:10 po dobu celé zkoušky hodnoty vykazovaly lepší korozní odolnost.

## Závěr

Diplomová práce se zaměřuje na studium vlivu viskozity nanoinhibitorního laku na adhezi a antikorozi vlastnosti. Práce je rozdělena na dvě části, první část diplomové práce se zabývá vlastnostmi povrchu, předúpravami povrchu, druhy a vlastnostmi nátěrových hmot a jejich aplikací, dále je v teoretické části práce popsán vznik a vliv koroze na povrchu materiálu, vliv viskozity nátěrových hmot a její měření. Je také popsán vliv těkavých organických látek (VOC látek) na životní prostředí a nanotechnologie v praxi povrchových úprav.

Experimentální část diplomové práce se zabývá studiem vlivu viskozity nanoinhibitorního laku na adhezi a antikorozi vlastnosti. Byly použity dva typy testovacích vzorků, standardní testovací panel a otrýskaný plech ocelovou drtí. Na sady vzorků byl nanesen nanoinhibitorový lak o dvou poměrech ředitelnosti a to 1:10 a 1:15. Úkolem bylo zjistit a porovnat vlastnosti těchto nátěrových hmot a vyhodnotit jejich adhezi a korozi odolnost k daným podkladovým materiálům.

Byla provedena vizuální zkouška zaprášenosti povrchů, na broušených vzorcích se nacházelo minimální množství nečistot a prachových částic. Na vzorcích otrýskaných ocelovou drtí byly zřetelně vidět drobné prachové částice a jiné nečistoty. Tyto výsledky jsou dány charakteristikou provedené předpravy povrchu.

Měření parametrů drsností bylo provedeno na přístroji Mitutoyo Surfes SJ – 301. Hodnoty parametrů drsnosti standardních testovacích panelů byly mnohem nižší než u otrýskaných plechů ocelovou drtí. Rozdíl hodnot parametrů drsnosti byl na standardních panelech také mezi naměřenými hodnotami podélně a příčně z důvodu směru broušení. Reliéf otrýskaného povrchu a vyšší hodnoty parametrů drsnosti může zapříčinit lepší ukotvení nátěru, než u standardních panelů, u kterých jsou tyto hodnoty nižší.

Měřením viskozity obou nátěrových hmot byly zjištěny doby průtoků nátěrových hmot přes výtokový pohárek s průměrem trysky 6 mm. Dle vzorce byly vypočteny hodnoty kinematické viskozity, u nátěrové hmoty ředěné 1:10 byla kinematická viskozita vypočtena 941,13 mm<sup>2</sup>/s a u nátěrové hmoty s ředitelností 1:15 byla kinematická viskozita 1128,124 mm<sup>2</sup>/s. Naměřená hodnota u nátěrové hmoty ředěné 1:10 byla 137 s a u nátěrové hmoty ředěné 1:15 164 s. Tyto hodnoty kinematické viskozity nejsou vhodné, dle normy je dostačující hodnota kinematické viskozity nátěrových hmot při průtoku pohárkem do času 100 sekund.

Dále byl vypočten obsah sušiny a hustota nátěrové hmoty pomocí gravimetrické metody vážením váhových úbytků v závislosti na čase. Nanoinhibitorní lak je vodou ředitelný, tzn. odpařuje se voda a minimální obsah VOC látek. Obsah sušiny v nátěrové hmotě s ředitelností 1:10 byl 39,3 hm. % a nátěrové hmoty s ředitelností 1:15 byl 39,6 hm. %, obsah sušiny u obou nátěrových hmot není značně odlišný. Dále byla zjištěna hustota nátěrové hmoty, hodnoty nátěrové hmoty s ředitelností 1:10 byl  $1,06 \text{ g.cm}^3$  a s ředitelností 1:15 byl  $1,11 \text{ g.cm}^3$ .

Při testování přilnavosti nátěru k podkladovému materiálu byly vybrány zkoušky dle normy ČSN EN ISO 16276-2 stanovení přilnavosti mřížkovou zkouškou a dle normy ČSN ISO 16276 stanovení přilnavosti pomocí křížového řezu. Z výsledků obou zkoušek je zřejmé, že lepší přilnavost je viditelně u vzorků, které byly nanесeny na otrýskaný plech ocelovou drtí. Je to způsobenou vyššími hodnotami parametrů drsnosti povrchu, které zapříčinily lepší ukotvení nátěru. U vzorků s nanесením nátěrového systému s ředitelností 1:15 je přilnavost u mřížové zkoušky lepší. Tento výsledek může být ovlivněn silnější suchou vrstvou nátěru.

Nátěrová hmota je určena pro krátkodobou korozní ochranu, to znamená cca 1 rok při zatížení vzorků v agresivním korozním prostředí C5. Sady vzorků byly vystaveny solné mlze v korozní komoře po dobu 72 hodin. Po expozici 72 hodin v korozní komoře vzorky vykazovaly silnou degradaci nátěru. Standardní testovací panely vykazovaly lepší hodnoty než panely otrýskané ocelovou drtí. Během zkoušky vykazovaly nátěry s ředitelností 1:10 lepší výsledky než u nátěru s ředitelností 1:15.

Při shrnutí výsledků experimentálních prací je zřejmé, že dle doporučení výrobce je důležité dodržení ředitelnosti nátěrové hmoty s vodou a to v poměru 1:10 až do poměru 1:15. Pro krátkodobou ochranu v silně agresivním prostředí má tento nátěrový systém velké degradační vlastnosti. Při zatížení v méně agresivním prostředí může mít nanoinhibitorový lak dostačující antikorozi účinek.



## Použitá Literatura

- [1] MOHYLA, M. *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB - TU Ostrava, 2006, 3. vyd. 156 s. ISBN 80-248-1217-7
- [2] PODJUKLOVÁ, J. *Speciální technologie povrchových úprav I*. Učební texty, VŠB – TU Ostrava, 1994, 1. vydání, 71s., ISBN 80-7078-235-8
- [3] TICHÁ, Šárka.: *Strojírenská metrologie, část 1*. Učební texty VŠB-TU Ostrava, 2008, 1.vyd. 112 s. ISBN 978-80-248-0671-6
- [4] BARABASZOVÁ, K.: *Nanotechnologie a nanomateriály*. Učební texty, VŠB - TU Ostrava, 2006, ISBN 80-248-1210-X
- [5] JANČÍK, J.: *Viskozita tekutin a její měření* Učební texty VŠB-TU Ostrava, 2010, 66 s.
- [6] KÁŇOVÁ V, *Studium vlivu nanočástic na adhezi tenkého povlaku k ocelovému substrátu*. Ostrava: 2011, 73 s. Bakalářská práce na VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní, katedra mechanické technologie, vedoucí bakalářské práce Podjuklová J.
- [7] FILIPOVÁ Marcela, PODJUKLOVÁ Jitka, SIOSTRZONEK René: *Vliv změny drsnosti povrchu na přilnavost organických povlaků*. [online] 2007 [cit.2011-04-20] Dostupné z WWW <http://www.metal2011.com/data/metal007/sbornik/Lists/Papers/182.pdf>
- [8] Konstrukce *Tryskací media* [online]2012 [cit. 2013-04-20] Dostupné z WWW <http://www.konstrukce.cz/clanek/kvalita-povrchu-materialu-po-mechanicke-zpevneni/>
- [9] Zetková K., Zelenka J., Vlcek T., Horalek J., Bretšnajdrová E.: *NANOCÁSTICE A Nanokompozity pro průmyslové aplikace* [online]2009 [cit. 2013-04-20] Dostupné z WWW [http://www.nanocon.eu/files/proceedings/nanocon\\_09/Lists/Papers/078.pdf](http://www.nanocon.eu/files/proceedings/nanocon_09/Lists/Papers/078.pdf)

- [10] Katedra strojírenské technologie technické univerzity v Liberci: *Doplňková technologie pro zpracování plastů*. [online] 2010 [cit.2011-04-20] Dostupné z WWW [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/12.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/12.htm)
- [11] TECHNOCENTRUM S. R. O: *Brusné kotouče TYROLIT*. [online] 2012 [cit.2011-04-20] Dostupné z WWW <http://nabidky.edb.cz/Nabidka-21827-Brusne-kotouce-TYROLIT-Praha-Brno-Ostrava-Jihlava-Hradec>
- [12] ČERNÁ K, Semestrální práce z chemie – železo. [online] 2010 [cit.2011-04-20] Dostupné z WW <http://lide.gymcheb.cz/~klcerna/koroze.htm>
- [13] Vyhláška č. 337/2010 Sb., o emisních limitech a dalších podmínkách provozu ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší emitujících a užívajících těkavé organické látky a o způsobu nakládání s výrobky obsahujícími těkavé organické látky - účinnost od prosince 2010, novelizována vyhl. č. 257/2011 (dále jen „vyhláška“)
- [14] KANA: *Postup natírání větších ploch*. [online] 2013 [cit.2011-04-20] Dostupné z WWW [http://kana.eu/t\\_stetce.html](http://kana.eu/t_stetce.html)
- [15] VERMAX: *Zařízení pro úpravy povrchu*. [online] 2012 [cit.2011-04-20] Dostupné z WWW <http://www.vermax.cz/img/zarizeni-pro-upravy-povrchu.jpg>
- [16] ČESKÁ POZICE: *Nanočástice: Technologický zázrak, nebo hrozba pro lidské zdraví* [online] 2013 [cit.2011-04-20] Dostupné z WWW <http://www.ceskapozice.cz/domov/ekologie/nanocastice-technologicky-zazrak-nebo-hrozba-pro-lidske-zdravi>
- [17] DOBROVODSKÁ Lenka, PODJUKLOVÁ Jitka, HRABOVSKÁ Kamila, LANÍK Tomáš, PELIKÁNOVÁ Katerina, Vladimír VIKTOROVIC MENŠIKOV.: *Vývojové trendy v použití ochranných povlaků*. [online] 2009 [cit. 2011-04-20] Dostupné z WWW <http://www.nanocon.cz/data/nanocon2009/sbornik/Lists/Papers/089.pdf>

- [18] VSCHT.CZ. Protikorozní ochrana povlaky. [online] 2012 [cit. 2011-04-20].  
Dostupné z www  
[http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni\\_inzenyrstvi\\_se/koroze/o\\_povlak.htm](http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/o_povlak.htm)
- [19] POVRCHÁŘI, [online] 2012 [cit.2011-04-20] Dostupné z WWW  
[http://povrchari.cz/kestazeni/201102\\_povrchari.pdf](http://povrchari.cz/kestazeni/201102_povrchari.pdf)
- [20] RÖSLER: *Omílací tělesa*. [online] 2012 [cit.2011-04-20] Dostupné z WWW  
[http://www.rosler-povrchove-pravy.cz/produkte/verfahrensmittel/keramische\\_schleifkoerper/](http://www.rosler-povrchove-pravy.cz/produkte/verfahrensmittel/keramische_schleifkoerper/)
- [21] KALIBRAČNÍ LABORATOŘ ZINDLER, *Drsnoměry* [online] 2010 [cit.2011-04-20] Dostupné z WWW <http://www.vltava2009.cz/klz/departement-145-%E2%80%A2-drsnomery.html>
- [22] WIKIPEDIA, *Viskozita* [online] 2013 [cit.2011-04-20] Dostupné z WWW  
[cs.wikipedia.org/wiki/viskozita](http://cs.wikipedia.org/wiki/viskozita)
- [23] OREN s.r.o : *Vlastnosti povrchů a jejich ovlivňování pomocí nano-vrstev* [online] 2009 [cit.2013-05-12].  
[http://www.nanoren.cz/index.php?page=i\\_vyuziti](http://www.nanoren.cz/index.php?page=i_vyuziti).
- [24] ČSN EN ISO 2431: *Nátěrové hmoty - Stanovení výtokové doby výtokovými pohárky*. Praha : Český normalizační institut, Prosinec 1997. 18 s.
- [25] ČSN EN ISO 12944-5 *Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy Část 5: Ochranné nátěrové systémy*. Praha : Český normalizační institut, 16 s.
- [26] ČSN EN ISO 2409 : *Nátěrové hmoty - mřížková zkouška*. Praha : Český normalizační institut, Říjen 2007. 16 s.

- [27] ČSN EN ISO 16276-2 : *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – hodnocení a kritéria přijetí adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku – Část2: Mřížková zkouška a křížový řez*. Praha: Český normalizační institut, Leden 2008. 16 s.
- [28] ČSN EN ISO 11890-1: *Nátěrové hmoty – Stanovení obsahu těkavých organických látek (VOC) – Část 1: Diferenční metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2002. 11s.
- [29] ČSN EN ISO 2808 :*Nátěrové hmoty – stanovení tloušťky nátěru*. Praha : Český normalizační institut, Říjen 2007. 40 s.
- [30] ČSN EN ISO 9227 : *Korozní zkoušky v umělých atmosférách – zkoušky solnou mlhou*. Praha : Český normalizační institut, Březen 2007. 24 s.
- [31] ČSN EN ISO 4628-1: *Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 1: Obecný úvod a systém klasifikace*. Praha : Český normalizační institut, Duben 2004. 7 s.
- [32] ČSN EN ISO 4628-2: *Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 2: Hodnocení stupně puchýřkování*. Praha : Český normalizační institut, Duben 2004. 15 s.
- [33] ČSN EN ISO 4628-3: *Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 3: Hodnocení stupně prorezavění*. Praha : Český normalizační institut, Duben 2004. 19 s.
- [34] ČSN EN ISO 4628-8: *Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 8: Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu*. Praha : Český normalizační institut, Listopad 2005. 11 s.

### *Poděkování*

Chtěla bych vyjádřit poděkování zaměstnancům VŠB-TU Ostrava, kteří se na diplomové práci jakýmkoliv způsobem podíleli. Především chci poděkovat Ing. Sylvii Kopaňákové za materiální a technickou pomoc při experimentální části této práce. A také vedoucí diplomové práce, paní doc. Ing. Jitce PODJUKLOVÉ, CSc., za odborné vedení, cenné rady a připomínky při její tvorbě.