

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**  
**AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**BRNO 2015**

**TOMÁŠ HAVRÁNEK**

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Agromická fakulta**  
**Ústav techniky a automobilové dopravy**

---



**Antikoroziční ochrana ocelových konstrukcí**

Bakalářská práce

*Vedoucí práce:*

Ing. Jiří Votava, Ph.D.

*Vypracoval:*

Tomáš Havránek

---

Brno 2015

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci „Antikorozní ochrana ocelových konstrukcí“ vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnici o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:

.....  
podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Jiřímu Votavovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a užitečné připomínky během zpracování a pomoc při konečné úpravě práce.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce je zaměřena především na popis využívaných protikoročních systémů, které se v současné době používají na ochranu ocelových konstrukcí, ale i dalších výrobků podléhajících účinkům koroze. O korozi jako jevu, který způsobuje značné škody na stavbách, konstrukcích, strojích i jiných předmětech se mluví velmi často. Poznání mechanismu koroze tedy může vést k vývoji nových a účinnějších metod ochrany proti ní. Úvod práce tedy pojednává o korozi. Snaží se vysvětlit podstatu koroze. Technologie antikoroční ochrany pro ocelové i jiné materiály je detailně popsána uprostřed práce. Závěr bakalářské práce se zaměřuje na využívání korozních zkoušek pro snadné rozpoznání korozních mechanismů a činitelů, kteří korozi vyvolávají a podporují. Výsledkem těchto zkoušek potom může být lepší odhad agresivity prostředí vůči materiálům i použité antikoroční ochraně.

Klíčová slova:

koroze, ocelová konstrukce, antikoroční ochrana, nátěr, korozní zkoušky

## **ABSTRAKT**

The bachelor thesis is focused on description used corrosion systems which we currently use to protection steel structure as well as other products subject to corrosion. About corrosion we talk very often. The corrosion causes big damage to buildings, structures, machinery and other. Understanding the mechanism of corrosion may lead to the development of new and more effective methods of protection. The introduction of this work then speaks about corrosion. The work tries to explain the nature of corrosion. In the middle I describe a technology for the corrosion protection of steel and other materials. Closing part is concentrated on the use of corrosion tests for easy recognition of corrosion mechanisms and factors that cause corrosion and support. The result of these tests can be better estimate of aggression environment against materials and used anticorrosive protection.

Keywords:

corrosion, steel construction, corrosion protection, paint, corrosion tests

## OBSAH

1	ÚVOD.....	8
2	CÍL PRÁCE .....	9
3	POJEM KOROZE A JEJÍ DĚLENÍ .....	10
3.1	Druhy koroze .....	10
3.1.1	Chemická.....	10
3.1.2	Elektrochemická .....	11
3.1.3	Biologická .....	13
3.2	Formy koroze.....	13
3.2.1	Rovnoměrná .....	13
3.2.2	Nerovnoměrná .....	14
3.3	Druhy korozního prostředí .....	16
3.3.1	Atmosférická koroze.....	16
3.3.2	Koroze v kapalinách .....	17
3.3.3	Koroze v půdách.....	17
3.3.4	Koroze ve specifickém prostředí.....	18
4	KOROZNÍ AGRESIVITA A JEJÍ HODNOCENÍ.....	19
5	ÚPRAVA POVRCHU PŘED OCHRANOU .....	20
5.1	Mechanické úpravy povrchu .....	21
5.2	Čištění vysokotlakou vodou .....	21
5.3	Moření .....	21
5.4	Chromátování.....	22
5.5	Fosfátování .....	22
6	TECHNOLOGIE ANTIKOROZNÍ OCHRANY .....	24
6.1	Organické povlaky .....	27
6.1.1	Povlaky z nátěrových hmot .....	28
6.1.2	Povlaky z práškových plastů .....	32
6.2	Anorganické povlaky .....	33
6.2.1	Kovové povlaky .....	33

6.2.2	Nekovové povlaky .....	39
7	HODNOCENÍ A METODIKA ZKOUŠEK KOROZE .....	41
8	ZÁVĚR.....	45
9	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	46
10	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ .....	48
11	SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK.....	49

# 1 ÚVOD

Korozi podléhají téměř všechny materiály, které člověk využívá k uspokojení svých potřeb. Největší pozornost je kladena na korozi kovů, ale korozi podléhají také plastické hmoty, silikátové stavební materiály, přírodní materiály, textil aj. Korozi považujeme za nevratný děj, který představuje konstrukční i povrchové ztráty materiálu. Velké ztráty ze zisků také musíme přičítat mimořádným nákladům, které jsou spojeny s udržováním protikorozi ochrany, její obnovení a opravování zařízení předčasně porušených účinky koroze. Velmi podstatné jsou však i nepřímé škody. Mezi ně patří zejména ztráty na výrobě při nucené odstávce provozu, ztráty energií a materiálu, dojde-li např. k unikání plynu, vody nebo ropy z potrubí. Pokud nebude ocelová konstrukce chráněna povrchovou úpravou, tak ihned podléhá vnějším degradačním jevům. Ochrana proti korozi proto představuje životně důležitou otázku při prodlužování životnosti materiálů, strojů a zařízení. Degradaci kovových materiálů je zničeno přibližně 2% z celkové produkce oceli.

Návrhy na řešení problémů spojených se zajištěním dlouhodobé ochrany kovového povrchu proti korozi musí být komplexní a musí vycházet ze zvážení celé řady skutečností, aby nedocházelo k nežádoucím dopadům na jednotlivá průmyslová odvětví a životní prostředí. *(Kubátová, 2000)*

Při výběru povrchových úprav výrobků lze vycházet z normativní dokumentace, z technických podkladů předkládaných výrobcem nebo distributorem při nabídkovém řízení a z referencí a zkušeností při zhotovování povrchových úprav. V řadě případů je volba povrchové úpravy závislá na výsledcích zkušebních testů v laboratořích. Z hlediska korozní odolnosti musí povrchová úprava kovů vyhovovat předpokládané korozní agresivitě prostředí. *(Tulka, 2005)*

Z kvalifikovaných odhadů vyplývá, že kolem 90 % povrchu strojírenských výrobků a ocelových konstrukcí je chráněno proti vlivům přírodního prostředí pomocí nátěrů. *(Kubátová, 2000)*



## 2 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je vytvořit ucelený přehled používaných antikoročních systému pro ocelové konstrukce a ostatní materiály, které účinkům koroze podléhají. Práce se zaměřuje především na teoretický popis nejpoužívanějších povrchových úprav materiálů. V dnešní době je kladen velký důraz na efektivní výzkum a vývoj těchto metod. Celá práce je rozdělena do pěti kapitol. V první je vymezen pojem koroze a její členění dle různých hledisek. Druhá kapitola se zaměřuje na popis korozní agresivity prostředí a její členění do pěti tříd C1 - C5. Třetí část se zabývá nezbytnou úpravou materiálu před nanesením povrchové úpravy. Jedná se o velmi důležité operace, které zaručí požadovanou kvalitu zhotovené povrchové úpravy. Čtvrtá kapitola pojednává o povrchových úpravách materiálu. Mluvíme o ochranných povlacích, které dělíme na organické a anorganické. Hodnocení korozní odolnosti materiálů a protikoročních ochran se zabývá pátá a poslední kapitola práce. Díky korozním zkouškám můžeme snadno zjistit vlastnosti ochranných vrstev v různých podmínkách, které simulujeme ve zkušebních komorách. Po vyhodnocení korozních zkoušek lze lépe zvolit materiál, který použijeme v daném korozním prostředí a také zjistíme rychlost degradace protikoročních ochran (nespojivosti, póry) u organických a anorganických povlaků. Tímto způsobem se dají ušetřit značné prostředky, protože využijeme vhodnou korozní ochranu pro dané korozní prostředí. Závěr práce zhodnotí používané korozní ochrany. A také se snaží nastínit možný vývoj antikoročních ochrany v budoucnu.

### 3 POJEM KOROZE A JEJÍ DĚLENÍ

Koroze je samovolně probíhající proces postupného narušování a znehodnocování materiálu chemickými a fyzikálně-chemickými vlivy prostředí. Mezi negativní vlivy prostřední patří např. sluneční záření, vlhkost a znečištění ovzduší. Korozi nepodléhá pouze materiál, ale i povrchové úpravy. Projevy korozního napadení mohou být různé, od změny vzhledu materiálu až po úplný rozpad. (*Ostrá, 2011*)

Po analýze definice, lze dospět ke třem dílčím úrovním pojmu koroze:

- Koroze jako fyzikálně-chemický proces.
- Koroze jako jevová forma - výsledek (produkt, zplodina) korozního procesu.
- Koroze jako ovlivnění spolehlivosti - důsledek procesu. (*Tulka, 2005*)

#### 3.1 Druhy koroze

##### 3.1.1 Chemická

Jedná se o rozrušování kovů chemickými vlivy. Koroze probíhá v elektricky nevodivém prostředí a v plynných prostředích za vyšších teplot.

Dle prostředí dělíme:

- Koroze v oxidujících plynných prostředích

Charakteristickým znakem je vznik vrstvy korozních produktů a povrchu materiálu. Průběh vlastní koroze je závislý na vlastnostech vrstvy (tloušťka, souvislost) a fázových rozhraní kov-oxidická vrstva-plyn. (*Tulka, 2005*)

Rychlost tvorby oxidových vrstev je v závislosti na čase ovlivněna několika činiteli (druh oxidu a jeho ochranné vlastnosti, teplota).

- Koroze v redukujících plynných prostředí

Charakteristickým znakem je rozrušování kovu difuzí plynu do materiálu. Na povrchu materiálu, tak nevznikají žádné korozní produkty. Vodík je typický příklad, kdy v atomární podobě difunduje do oceli, kde se hromadí v dutinách a snižuje tak mechanické vlastnosti oceli (vodíkové zkrěhnutí). (*Ščerbejová, 1993*)



Obr. 1 Ukázka chemické koroze (Ostrá, 2011)

### 3.1.2 Elektrochemická

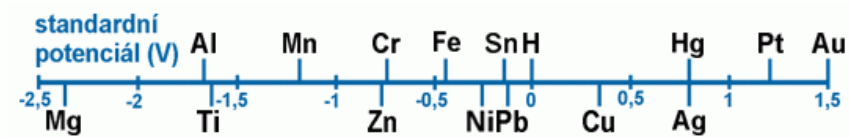
Procesy elektrochemické koroze probíhají v elektricky vodivém prostředí (voda, roztoky kyselin, zásad, solí). Každá korozní reakce v sobě zahrnuje dvě reakce, anodickou a katodickou. (Číhal, 1999)

- Anodická reakce - probíhá na anodě, dochází při ní k oxidaci kovů (korozi), kdy kationty přechází do roztoku a na anodě se hromadí elektrony. Anoda se tak polarizuje - získává zápornější potenciál.
- Katodická reakce - přebytečné elektrony na anodě přechází na katodu, kde redukuje (depolarizují) oxidační činidlo obsažené v elektrolytu.

Obě reakce přitom probíhají současně a množství elektronů vzniklých na anodě je stejné jako množství elektronů spotřebovaných na katodě. (Ostrá, 2011)

#### Ušlechtilost kovů

Termodynamickou stabilitu kovu vyjadřuje tzv. ušlechtilost, která je reprezentována standardním potenciálem. Standardní potenciál nastává tehdy, pokud je kov v rovnováze se svými ionty a koncentrace iontů v kovu je rovna jedné. Čím je potenciál kovu kladnější, tím je kov ušlechtilejší. Číselné hodnoty standardních potenciálů vyplývají ze srovnání s potenciálem vodíkové elektrody, který je stanoven dle dohody jako nulový. Pokud seřadíme kovy podle jejich standardního potenciálu, dostaneme elektrolytickou řadu napětí. (<http://vscht.cz>)



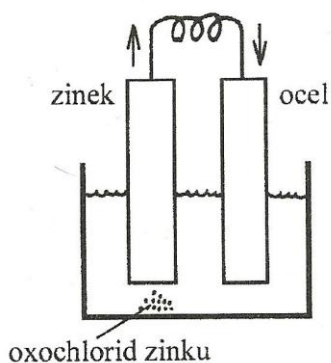
Obr. 2 Kovy dle potenciálu (<http://vscht.cz>)

### Korozní článek

Korozní článek vznikne spojením dvou elektrod různých kovů. Elektroda se zápornějším potenciálem je anodou a probíhá na ní oxidace (koroze). Elektroda s kladnějším potenciálem je katodou. Spojením elektrod dochází k porušení rovnováhy a odčerpání nahromaděných iontů a elektronů. (Ščerbejová, 1993)

Příkladem mohou být destičky zinku a nízkouhlíkové oceli. Po jejich ponoru do vodného roztoku chloridu sodného je možné již za krátkou dobu pozorovat vznik korozních produktů. K podstatné změně dochází, jestliže se obě destičky kovů elektricky spojí vodičem. V tom případě kov, který je elektronegativnější bude korodovat, ale druhý kov zůstane beze změny.

Pokud tedy budou spojeny destičky zinku a nízkouhlíkové oceli, tak bude zinek vzhledem ke své menší ušlechtilosti korodovat přednostně. Zinek tedy tvoří anodu a ušlechtilejší ocel katodu.



Obr. 3 Korozní článek zinku s ocelí (Tulka, 2005)

Pokud spojíme nízkouhlíkovou ocel s mědí, budou vznikat korozní produkty železa, protože měď je elektrochemicky ušlechtilejší. Proto je spojení takových dvou kovů konstrukční chybou. (Tulka, 2005)

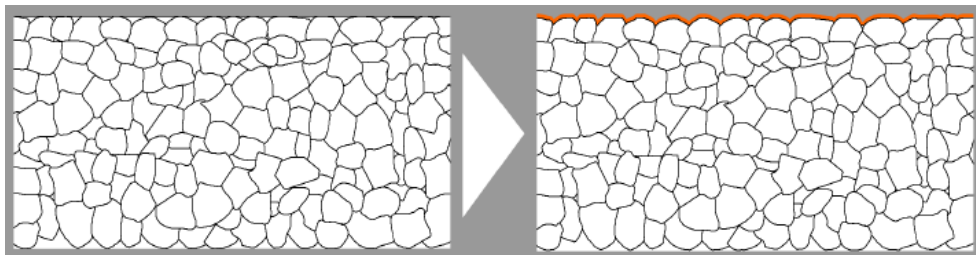
### 3.1.3 Biologická

Koroze může být způsobena nebo ovlivněna mikrobiologickou činností jako důsledek metabolické činnosti mikroorganismů. Jejich působení může mít přímý vliv na rychlost anodické nebo katodické reakce. Bakterie při svém růstu a množení vytváří korozní prostředí, čímž vznikají koncentrační články na povrchu kovu. Bakterie redukující sírany jsou nejvýznamnější. Žijí v anaerobních podmínkách, bahně a vodním prostředí. Napadají především ocel a litinu, ale i bronz nebo zinek. (Ščerbejová, 1993)

## 3.2 Formy koroze

### 3.2.1 Rovnoměrná

Jedná se o nejběžnější typ korozního napadení kovových materiálů. Na povrchu kovu probíhá jak anodický, tak katodický děj stejnoměrně a dochází tak ke stejnoměrnému rozpouštění kovu po celém povrchu. Rychlost rovnoměrné koroze se vyjadřuje v  $[g.m^{-2}.den^{-1}]$  nebo  $[mm.rok^{-1}]$ . S časem korozní rychlost rovnoměrné koroze klesá. Typickým příkladem rovnoměrné koroze je koroze uhlíkové oceli nebo zinku v prostředí zředěné kyseliny sírové nebo atmosférická koroze uhlíkové oceli. (Ostrá, 2011)



Obr. 4 Materiál po napadení rovnoměrnou korozí (Ostrá, 2011)

Hmotnostní úbytek korodujícího kovu  $\Delta m_S$  se vyjadřuje vztahem:

$$\Delta m_S = (m_0 - m_k) / S \quad [g.m^{-2}.den^{-1}]$$

kde  $m_0$  - hmotnost kovu před korozní interakcí  
 $m_k$  - hmotnost kovu po ukončení interakce a odstranění korozních produktů  
 $S$  - plocha povrchu korodujícího kovu

### 3.2.2 Nerovnoměrná

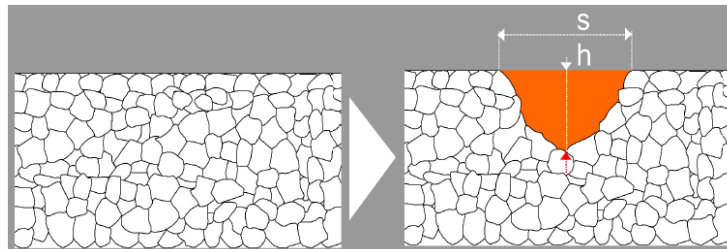
Nestejněmorné korozní napadení povrchu kovů vyvolává vznik nerovnoměrné koroze. Příčinou může být rozdílná vlastnost kovů, složení korozních zplodin, místní změna teploty a transport korozních produktů na různá místa povrchu materiálu.

(Bartoniček, 1980)

- Důlková koroze

Vzniká v případě lokálně zvýšené aktivity povrchu. Zasažena je pouze malá část povrchu. Hloubka napadení je obvykle menší než největší průměr důlku. Vytvoření důlkové koroze může významně podpořit strukturní nestejnorodost povrchu kovu i ochranných vrstev a vlastností korozního prostředí. Typickým příkladem důlkové koroze je napadení vnitřního povrchu trubek z uhlíkové oceli v uzavřených teplovodních systémech. Příčinou bývá neodstranění okují vzniklých při výrobě.

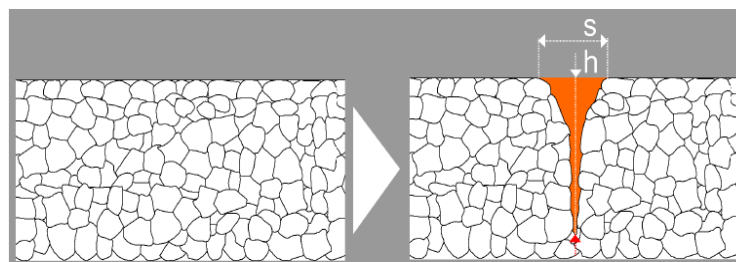
(<http://vscht.cz>)



Obr. 5 Povrch materiálu po napadení důlkovou korozi (Ostrá, 2011)

- Bodová koroze (pitting)

Korozní napadení se soustředí do několika málo bodů na povrchu kovu, kde vznikají úzké hluboké důlky. Nejčastěji se týká materiálů, které mají v daném korozním prostředí schopnost pasivace. Jedná se o kompaktní vrstvu oxidů chránící povrch před korozním napadením. Materiály se schopností pasivace jsou korozivzdorné oceli, hliník a jeho slitiny. (Kreibich, 1996)



Obr. 6 Povrch materiálu po napadení bodovou korozi (Ostrá, 2011)

- Nítková korozie

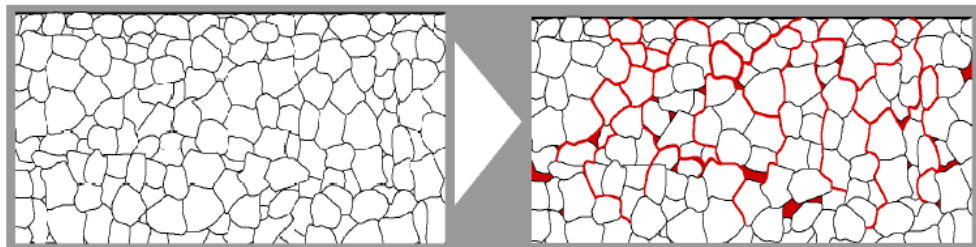
Toto korozní poškození vzniká pod organickými povlaky (nátery) nebo pod cínovými, stříbrnými, zlatými a fosfátovými povlaky. Narušuje pouze vzhled materiálu. Vůbec se neprojevuje při vlhkostech do 65 %, vlákna korozního poškození se objevují až při vlhkostech 65 - 90 %, při vyšších vlhkostech se objevují puchýře. Typickým příkladem je napadení potravinářských a nápojových konzerv, kde je vzhledově napaden pouze vnější povrch materiálu. (Ščerbejová, 1993)



Obr. 7 Nítková korozie materiálu (Ostrá, 2011)

- Mezikrystalová korozie

Kovový materiál, který koroduje mezikrystalově ztrácí mechanickou pevnost díky změnám struktury na hranicích zrn. Změny jsou vyvolány tepelným ovlivněním (zpracováním, svařováním). Sklon k tomuto napadení mají velmi často korozivzdorné oceli, slitiny hliníku a niklu. Při pouhé běžné kontrole povrchu materiálu je korozie velmi špatně viditelná. Poškození je zjistitelné na základě změn mechanických vlastností (rezonančního kmitočtu, elektrického odporu nebo přímým metalografickým výbrusem materiálu). (<http://vscht.cz>)

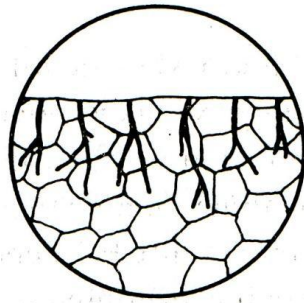


Obr. 8 Struktura materiálu po napadení mezikrystalovou korozí (Ostrá, 2011)

- Transkrystalová korozie

Důsledkem transkrystalového korozního napadení vzniká síť značně rozvětvených trhlinek procházejících zrny. Velké množství trhlinek je způsobeno především působením vnitřního napětí spolu s agresivním prostředím. Transkrystalická korozie je

poměrně vzácná a vyskytuje se nejčastěji u austenitických ocelí vlivem chloridů a u mosazi v parách amoniaku. (Kříž, Vávra, 1998)



Obr. 9 Transkrystalová koroze (Bartoniček, 1980)

### 3.3 Druhy korozního prostředí

Každé korozní prostředí je charakterizováno fyzikálně – chemickými vlastnostmi. Mezi fyzikální vlastnosti patří fázové složení, skupenství, objem, elektrická vodivost, hustota, viskozita, teplota, tepelná vodivost. Chemickými vlastnostmi jsou chemická povaha látek, koncentrace. (Ostrá, 2011)

#### 3.3.1 Atmosférická koroze

Jedná se o nejrozšířenější korozní prostředí. Korozním účinkům atmosféry je vystaveno přibližně 80% vyráběných výrobků. Podobně jako koroze kovů v elektrolytech, má i atmosférická koroze za běžných teplot elektrochemický mechanismus. (<http://vscht.cz>)

Průběh koroze v atmosféře ovlivňuje:

- Vlhkost atmosféry

Koroze probíhá při relativní vlhkosti nad 60%, kdy vzniká tenká vrstvička elektrolytu, pod kterou probíhá samotný korozní děj.

- Znečištění atmosféry

Atmosférická koroze je podstatně intenzivnější, probíhá-li v přítomnosti plynných anebo rozpustných tuhých nečistot. Mezi nejvýznamnější činitele můžeme zařadit oxidy



síry, uhlíku, dusíku, amoniak, sirovodík. V přímořských oblastech také chloridy. (Bartoniček, 1980)

- Teplota, srážky, sluneční záření, vítr

Tito činitelé mohou mít i protichůdné působení. Teplota zvyšuje rychlost korozního děje, ale zároveň snižuje relativní vlhkost prostředí a může tak korozní pochod zpomalit. Srážky zvyšují vlhkost, ale omývají nečistoty na povrchu materiálu. (Ščerbejová, 1993)

### 3.3.2 Koroze v kapalinách

Nejčastějším případem je koroze ve vodách. Pod pojem voda ve smyslu korozního prostředí zahrnujeme nejen chemicky čistou vodu, ale především nejrůznější slabě koncentrované vodné roztoky s obsahem látek, které se do vody dostávají při jejím koloběhu v přírodě a v průmyslu. Agresivita vody je ovlivněna obsahem kyslíku i dalších agresivních plynů, množstvím a typem rozpuštěných solí, přítomností organických látek a mikroorganismů, pH, teplotou, rychlostí proudění a obsahem pevných částic. Do styku s vodou přicházejí vodní stroje, stroje a zařízení na výrobu páry, chladicí systémy, rozvodná potrubí, armatury aj. (Hluchý, Haněk, 2001)



Obr. 10 Štěrbinová koroze vřetena uzavíracího ventilu (<http://vscht.cz>)

### 3.3.3 Koroze v půdách

Je speciálním případem koroze, protože půda se skládá z fází pevné, kapalně i plynné. Největší vliv má kapalná fáze, kterou představují vodné roztoky obsahující např. chloridy, sírany, uhličitany, dusičnany. (Ostrá, 2011)

Pro průběh korozního děje v půdě je nezbytná přítomnost půdního elektrolytu, jehož složení závisí na řadě faktorů. Především na druhu půdy, hloubce, ročním období, množství atmosférických srážek, složení povrchových vod, činnosti mikroorganismů a na teplotě. Do půdy jsou převážně ukládána zařízení z oceli, litiny, ve výrazně menším objemu z olova a hliníku. (<http://vscht.cz>)

Typ prostředí	Korozní rychlost [ $\mu\text{m}\cdot\text{a}^{-1}$ ]	
	min.	max.
Běžné typy půd-homogenní podmínky	70-130	300-480
Písičité	-	700
Bažinaté	-	2200
Jílovité půdy	-	3600
Neutrální půdní elektrolyt $\text{CO}_2/\text{HCO}_3$	80-200	200-800
Alkalický půdní elektrolyt	10	50
Vodná prostředí nasycená $\text{H}_2\text{S}$	10	500
Prostředí s činností SRB <sup>1)</sup>	50	300
Prostředí s SOB <sup>2)</sup> nebo APB <sup>3)</sup> ( $\text{pH} \pm 2$ )	-	1400
<sup>1)</sup> SRB-bakterie redukující sírany, produkce $\text{H}_2\text{S}$ <sup>2)</sup> SOB-bakterie oxidující síru, produkce $\text{H}_2\text{SO}_4$ <sup>3)</sup> APB-bakterie produkující organické kyseliny		

Tab. 1 Odhad korozní rychlosti oceli pro různé typy půd (<http://vscht.cz>)

Korozní rychlost je vyjádřena v mikrometrech za rok ( $\mu\text{m}\cdot\text{a}^{-1}$ ).

### 3.3.4 Koroze ve specifickém prostředí

Koroze probíhá také v prostředí průmyslové výroby. Největší význam má:

- Koroze v prostředí živočišné výroby

Jedná se o prostředí, které je dle agresivity prostředí silně až velmi silně agresivní. Mezi takové prostředí patří stáje a prostředí silážních věží a jam. Ve stájovém prostředí probíhá elektrochemická koroze, která je ovlivněna zejména vysokou vlhkostí, kondenzací vody v okolí stěn, oken a dveří. Největší problém je však zvýšená koncentrace nečistot v ovzduší -  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ . (Ščerbejová, 1993)

- Koroze v prostředí průmyslových hnojiv a chemikálií

Prášková průmyslová hnojiva způsobují poškození elektrochemickou korozí, kterou ovlivňuje zejména přítomnost solí. Dále způsobují i abrazivní opotřebení, které závisí na vlhkosti hnojiva, velikosti částic, tlaku v místě tření a korozní agresivity hnojiva.

Kapalná hnojiva jsou z hlediska koroze výhodnější, protože při aplikaci napadají méně strojních součástí a nepůsobí abrazivně. (Ščerbejová, 1993)

## 4 KOROZNÍ AGRESIVITA A JEJÍ HODNOCENÍ

Korozní agresivita je schopnost atmosfér vyvolat korozi v daném korozním systému (např. atmosférickou korozi příslušného kovu nebo slitiny). Agresivita prostředí je ovlivněna fyzikálně - chemickými vlastnostmi. Může se jednat například o teplotu, chemické složení, hustotu, relativní vlhkost, znečištění agresivními látkami. (Hluchý, Haněk, 2001)

Korozní agresivita prostředí je podle normy ČSN ISO 9223 kvantitativně rozdělena do pěti skupin označených C1 až C5.

Stupeň	Korozní agresivita
C1	velmi nízká
C2	nízká
C3	střední
C4	vysoká
C5	velmi vysoká

Tab. 2 Jednotlivé stupně korozní agresivity (Kříž, Vávra, 1998)

Norma ČSN EN 12500 rozděluje atmosféru na vnitřní a vnější. V rámci vnitřní atmosféry se může jednat o prostředí s kontrolovaných (klimatizovaným) prostředím nebo nekontrolovaným ovzduším. Vnější atmosféru můžeme brát jako volnou (přímé působení klimatických vlivů) nebo pod přístřeškem (bez působení srážek, přímého slunečního záření). (Ostrá, 2011)

<b>Stupeň korozní agresivity</b>	<b>Korozní agresivita</b>	<b>Vnitřní prostředí</b> příklady typických prostředí	<b>Vnější prostředí</b> příklady typických prostředí
<b>C 1</b>	velmi nízká	Vytápěné prostory s nízkou relativní vlhkostí	Suché nebo studené klimatické oblasti s velmi nízkým znečištěním
<b>C 2</b>	nízká	Nevytápěné prostory s proměnlivou teplotou a relativní vlhkostí	Mírná klimatická oblast, atmosféry s nízkým znečištěním, např. venkovské oblasti, malá města
<b>C 3</b>	střední	Prostory se střední četností výskytu kondenzace a se středním znečištěním z výrobních procesů	Mírná klimatická oblast se středním znečištěním nebo malým vlivem chloridů
<b>C 4</b>	vysoká	Prostory s vysokou četností výskytu kondenzací a vysokým znečištěním	Mírná klimatická oblast s vysokým znečištěním nebo značným vlivem chloridů.
<b>C 5-I</b>	velmi vysoká (průmyslová)	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním	Mírná klimatická oblast s velmi vysokým znečištěním, např. průmyslové prostředí s vysokou vlhkostí
<b>C 5-M</b>	velmi vysoká (přímořská)	Budovy nebo prostředí s téměř trvalým výskytem kondenzací nebo s vysokým znečištěním z výrobních procesů	Mírná klimatická oblast s vysokým znečištěním a se silným vlivem chloridů, např. přímořské oblasti

*Tab. 3 Popis prostředí dle stupně agresivity (Ostrá, 2011)*

## 5 ÚPRAVA POVRCHU PŘED OCHRANOU

Hlavním cílem mechanických, chemických nebo elektrochemických předběžných úprav je dosažení požadovaných vlastností zhotovované povrchové úpravy, například dobré přilnavosti, korozní odolnosti, tvrdosti. Během výrobního procesu a skladování totiž dochází na povrchu výrobků k řadě změn. Může jít o znečištění povrchu provozními médii, prašným depozitem, vzniku nepravidelností a poruch. Tyto jevy významně ovlivňují kvalitu konečné povrchové úpravy. (Tulka, 2005)

Realizace systému ochrany výrobků proti korozi se provádí podle předem zpracovaných předpisů. Jeho součástí je i popis způsobu dosažení vyhovující jakosti povrchu před zhotovením antikorozi ochrany, způsobu tvorby povlaků i dočasné ochrany. (Kříž, Vávra, 1998)

Nejběžnější metody úprav povrchu rozdělujeme na:

## 5.1 Mechanické úpravy povrchu

Účelem těchto úprav je především očistit povrch materiálu od okují, korozních produktů, grafitu, písku a jiných nečistot. Dalším důležitým úkolem je vytvořit podmínky ke zvýšení korozní odolnosti a přilnavosti povlaků. (Ščerbejová, 1993)

Nejčastější mechanické operace jsou:

- Otryskávání
- Broušení a leštění
- Omílání
- Otloukání a kartáčování

## 5.2 Čištění vysokotlakou vodou

Tato metoda se používá k odstraňování volně ulpívajících nečistot (solí, prachu, mastnot). K očištění se využívá tepelného a tlakového účinku vody, případně chemického vlivu dalších přípravků. (Ščerbejová, 1993)

## 5.3 Moření

Jedná se o proces, kterým se z povrchu materiálu odstraňují sloučeniny a nečistoty vzniklé oxidací. Jedná se především o okuje, rez nebo oxidové vrstvy vytvářené vlivem okolního prostředí i vlivem mechanické, tepelného a chemického zpracování. Podstatou moření je rozpouštění zplodin mořidly.

- Moření oceli

Probíhá v kyselině sírové při 40 až 60 °C nebo kyselině chlorovodíkové při 20 až 40 °C po dobu 5 až 60 minut. Jelikož moření v těchto kyselinách způsobuje rozpouštění podkladového kovu a vodíkové přehnutí je nutné vyhodnotit, zda je tato operace nutná. K zamezení těchto negativních jevů se do mořící lázně přidávají inhibitory moření.

- Moření mědi, hliníku a slitin těchto kovů

Moření mědi se provádí v prostředí kyseliny sírové při teplotě 40 až 80 °C po dobu 10 až 40 minut. Lze využít také kyselinu chlorovodíkovou. Pro moření hliníku a slitin hliníku se využívá směsi kyselin nebo alkalického prostředí. (Kříž, Vávra, 1998)

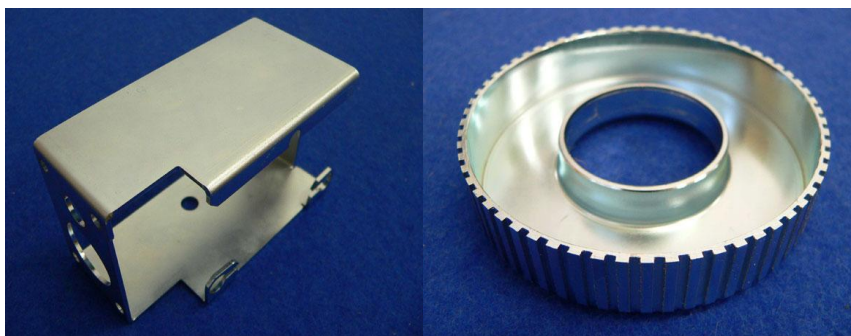
## 5.4 Chromátování

Chromátování je proces chemické úpravy neželezných kovů, kdy se na povrchu vytváří působením speciálně formulovaných prostředků s obsahem sloučenin chromu, anorganická amorfní vrstva.

Podle funkce chromátové vrstvy dělíme:

- Vrstvy sloužící k ochraně proti korozi.
- Vytvoření podkladu před nanášením nátěrových hmot.
- Ochrana proti vysokoteplotní oxidaci
- Zvýšení estetického vzhledu, široká škála zbarvení.

Tato technologie se používá jako jedna z operací předúpravy povrchu, ale může být použita jako konečná úprava povrchu povlakem. (Kříž, Vávra, 1998)



Obr. 11 Výrobky po nanesení chromátové vrstvy (<http://galvanovna.mesit.cz>)

## 5.5 Fosfátování

Fosfátování je chemický proces povrchové technologie, při němž se na povrchu železa, oceli a také zinku, hliníku a jejich slitin vytváří anorganická vrstva z roztoků kyseliny fosforečné a rozpustných solí této kyseliny - fosforečnanů. Nejrozšířenější je použití fosfatizačních prostředků na bázi zinku.

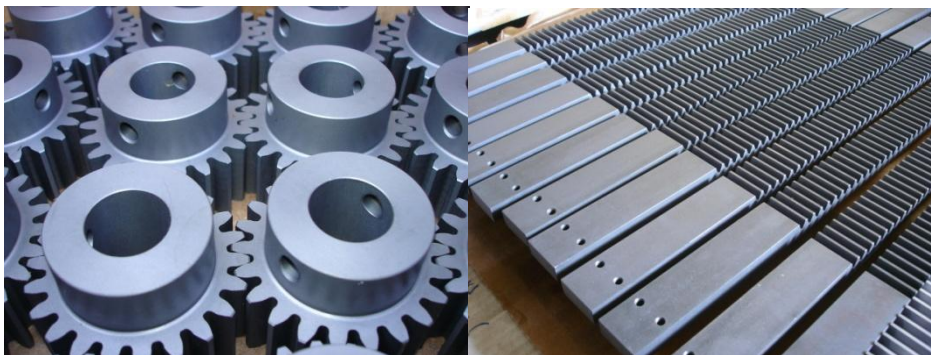
Fosfátové povlaky:

- Zlepšují protikorozní odolnost
- Zvyšují přilnavost nátěrů
- Jsou nosnou vrstvou pro oleje a tuky

Optimální tloušťka povlaku pod nátěry je v rozmezí 2 - 6 g/m<sup>2</sup> (u fosfátování se vyjadřuje tloušťka plošnou hmotností). Korozní odolnost je přímo úměrná tloušťce vrstvy, ale ta se nemůže neúměrně zvyšovat vzhledem k možnému nebezpečí uvolňování krystalků povlaku u silnějších vrstev.

Fosfátové vrstvy se také využívají k záběhu u pohyblivých strojních součástí (hřídele, ložiska, ozubená kola). Pro tyto účely se používá fosfátová vrstva na bázi manganu. Tato vrstva má odlišné vlastnosti od zinkových fosfátových vrstev (jiná krystalická soustava, větší tvrdost, vyšší nasákavost oleje). Tyto vlastnosti proto zaručují rychlejší záběh, zmenšují kluzné tření a snižují hlučnost. Fosfátová vrstva má obvykle tloušťku od 15 do 30 g/m<sup>2</sup>. (Tulka, 2005)

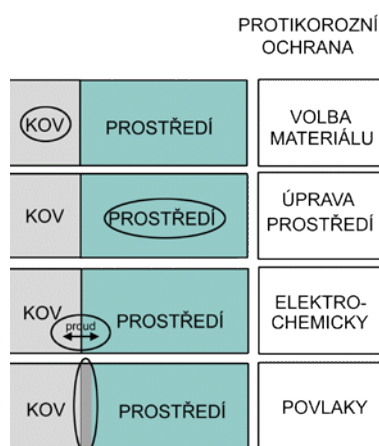
Technické požadavky na fosfátové povlaky určené k ochraně ocelových a litinových součástí jsou uvedeny v ČSN ISO 9717-95 Fosfátové konverzní povlaky na kovech - specifikace požadavků. (Kříž, Vávra, 1998)



Obr. 12 Výrobky po fosfátování (<http://rosma.cz>)

## 6 TECHNOLOGIE ANTIKOROZNÍ OCHRANY

Základní podmínkou výběru a optimalizace antikorozního systému ochrany je poznání konkrétní korozní soustavy výrobek - prostředí a v něm probíhající korozní procesy. Rychlost koroze výrobků či jiných zařízení lze omezit několika způsoby již při jejich navrhování. (*Trethewey, Chamberlain, 1998*)



Obr. 13 Základní postupy protikorozní ochrany kovů (<http://vscht.cz>)

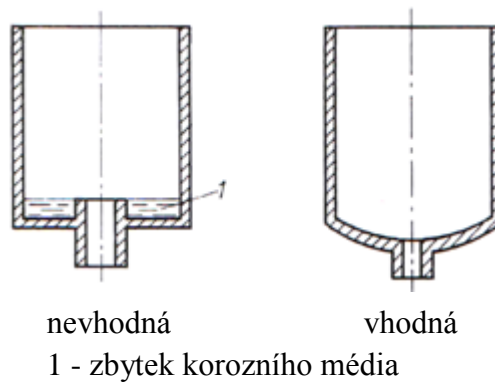
Korozní poškození kovů je možné snížit zejména:

- Volbou konstrukčního materiálu - Různé kovové materiály korodují za stejných podmínek různou rychlostí. Konstruktor při volbě materiálu musí vycházet zejména z požadavků na funkčnost daného zařízení za co nejnižší cenu. Optimální volba materiálu tedy může být zdrojem podstatných úspor v pořizovacích nákladech. Jestliže nelze spolehlivě zjistit vhodný materiál, provádějí se korozní zkoušky v umělých atmosférách, ve kterých jsou modelovány podmínky pro práci zařízení. (<http://vscht.cz>)
- Úpravou korozního prostředí - Korozní prostředí lze přizpůsobit vlastnostem kovů. Díky tomu lze zvýšit korozní odolnost materiálů. Upravujeme kapalná i plynná prostředí a to zejména snížením koncentrace korozně aktivních látek nebo jejich úplné odstranění (destimulace). Nejčastěji jde o odstranění kyslíku z vody nebo vytěsnění vzduchu z uzavřených prostorů inertním plynem. Dalším způsobem je přidání látek, tzv. inhibitorů, které snižují rychlost koroze. Obvykle se jedná o přidávání inhibitorů do vody, kyselin a jiných agresivních kapalin. (*Hluchý, Haněk, 2001*)



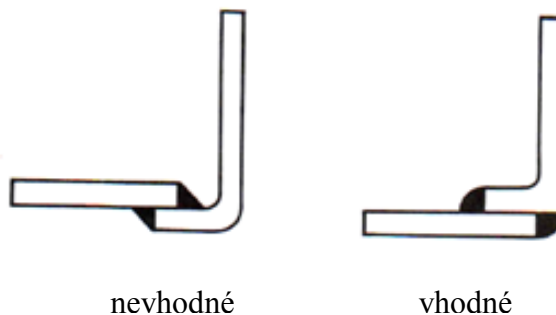
- Konstrukční a technologickou úpravou výrobků - Správné navržení konstrukce výrobku je základem všech opatření k zajištění jeho odolnosti vůči korozi a klimatickým vlivům. V praxi se běžně vyskytují výrobky, u kterých konstrukční provedení způsobuje nebo urychluje korozi.

Nejčastější jsou tyto chyby a problémy: místní přehřívání materiálu, vytváření korozních makročlanků, soustřeďování usazenin, nevhodné provedení svarů, nevhodné tvary z hlediska předpokládané ochrany povlaky.



*Obr. 14 Konstrukční úprava tvaru výrobku (Kříž, Vávra, 1998)*

Konstrukčním opatřením jsou i přídavky na korozi, které zajišťují při rovnoměrné korozi a správné předpovědi její rychlosti dostatečný průřez materiálu po celou dobu předpokládané životnosti výrobku. Konstrukce musí také dovolovat výměnu součástí, u kterých dochází k rychlejšímu poškození korozi. (*Hluchý, Haněk, 2001*)



*Obr. 15 Konstrukční řešení spoje materiálu svarem (Kříž, Vávra, 1998)*

- Ochranou výrobků povlaky - Nejrozšířenější způsob protikorozi ochrany materiálů.

## Povrchové úpravy - ochranné povlaky

Mezi povrchové úpravy řadíme všechno druhy nejrůznějších metod, prováděné na povrchu konstrukčních materiálů za účelem změny. Obvykle se jedná o zkvalitnění vlastností potřebných pro jejich optimální a dlouhodobou funkci. Technologie povrchových úprav patří dnes k oborům s velmi rychlým a dynamickým rozvojem. Jednotlivé povrchové úpravy respektive ochranné povlaky se vzájemně liší svými fyzikálními a mechanickými vlastnostmi, chemickým složením a mechanismem vzniku. Ochranné povlaky považujeme za nejběžnější a nejdůležitější metodu ochrany kovů proti korozi. (*Kreibich, 1996*)

Podle účelu použití rozlišujeme:

- Ochranné povlaky - Jsou to vrstvy vytvořené na povrchu kovu, které zabezpečují jeho ochranu proti korozi.
- Dekorativní povlaky - Tyto vrstvy zabezpečují zejména dekorativní vzhled kovu. Pokud zároveň plní i funkci ochrannou připouštíme název ochranně - dekorativní povlak.
- Speciální povlaky - Obvykle se jedná o povlaky, u kterých požadujeme specifické vlastnosti. Zejména odolnost proto opotřebení, tvrdost, magnetismus, elektrickou vodivost aj. (*Kříž, Vávra, 1998*)

Technologie povrchových úprav kovů, resp. jejich slitin lze rozdělit do dvou základních skupin:

- **Organické povlaky** - Nanášení tekutých nebo práškových hmot na všechny typy základních materiálů.
- **Anorganické povlaky** - Vytváření zejména kovových povlaků elektrolytickými, chemickými a tepelnými pochody a nanášení povlaků anorganických smaltů na kovových základních materiálech.

Předepisování ochranných organických a anorganických povlaků se provádí podle norem pro příslušný povlak. Specifikuje se druh povlaku, stupeň jakosti a znaky jakosti. Předpis musí respektovat rozhodující činitele ovlivňující volbu povrchové úpravy. (*Hluchý, Haněk, 2001*)

Činitel	Rozhodující hledisko
Druh výrobku	nutnost úpravy z hlediska funkčního nároku
Životnost a jiné funkční požadavky	proces znehodnocování výrobku (rychlost, forma), proces znehodnocování povrchové úpravy, technický život výrobku, druh a přípustné znehodnocení výrobku
Konstrukční řešení	proveditelnost povrchové úpravy, vliv tvaru výrobku na jakost úpravy, možnost úpravy v režimu kompletace výrobku
Technologie úpravy	požadavek na integritu povrchu, charakteristické znaky výrobku (tvar, rozměr, aj.) z hlediska možnosti zhotovování úpravy
Negativní důsledky úpravy	zhoršení mechanických vlastností, mechanické deformace a rozměrové změny, ekologické, hygienické a bezpečnostní požadavky
Kontrola jakosti	rozsah a druh kontrolní činnosti, dostupnost úprav ke kontrole, experimentální vybavení

Tab. 4 Rozhodující činitelé pro volbu povrchové úpravy (Kříž, Vávra, 1998)

## 6.1 Organické povlaky

Organické povlaky patří mezi nejvýznamnější a nejrozšířenější povrchové úpravy. Podíl technologií zhotovování organických povlaků na celkovém vytváření povlakových systémů povrchových úprav je odhadován na 90%. Ochranný účinek organických povlaků je založen především na bariérovém principu. (Kreibich, 1996)

Mezi povrchové úpravy z organických materiálů řadíme především:

- Povlaky z nátěrových hmot.
- Povlaky z práškových plastů.

Velký význam těchto technologií je ve výzkumu a vývoji. Ten se týká zejména prodloužení životnosti povlaků, ekonomie, úspory energie a také ekologie. Výzkum se zabývá hlavně náhradou toxických látek (pigmentů, ředidel) u nátěrových hmot. (Hluchý, Haněk, 2001)

### 6.1.1 Povlaky z nátěrových hmot

Nátěrová hmota je takový chemický přípravek, který po nanesení vhodnou technikou utvoří na podkladu pevný, soudržný (souvislý) a přilnavý povlak - nátěr. Po nanesení nátěrové hmoty na chráněný povrch následuje fáze, kdy vzniká relativně kompaktní a soudržný film. Etapa vzniku filmu se nazývá schnutí nebo vytvrzování. Nátěry mohou mít ochranné (bariérová ochrana proti korozi), dekorativní (zlepšují vzhled) nebo specifické (svítící, baktericidní) vlastnosti. Podle počtu nanesených vrstev se rozeznávají nátěry jedno a vícevrstvé. Tyto nátěry se dělí do skupin podle vlastností a účelu, vzhledu a pořadí v nátěrovém systému. (<http://vscht.cz>)

Podle charakteristických vlastností dělíme nátěrové hmoty:

- **Pigmentované** - Na podkladu tvoří zpravidla neprůhledný film (barvy, tmely).
- **Laky** - Na podkladu vytvářejí průhledný až průsvitný film, který má ochranné, dekorativní nebo speciální vlastnosti.

Podle účelu použití se nátěrové hmoty dělí na:

- **Vnitřní** - Obvykle nejsou odolné slunečnímu záření i venkovnímu prostředí. Především jsou to nátěry stavebních prvků uvnitř budov, malířské barvy.
- **Venkovní** - Odolné vůči slunečnímu záření a povětrnostním účinkům.
- **Speciální** - Zahrnuje nátěrové hmoty odolné vůči kyselinám, pohonným hmotám.

Podle použití a pořadí v nátěrovém systému nátěrové hmoty dělíme:

- **Napouštěcí** - Slouží pro napouštění savých podkladů (zdivo, beton, papír).
- **Základní** - Aplikují se jako první nátěr nenatřeného nebo napouštěného podkladu. Jsou většinou matné.
- **Podkladové** - Vytváří vrstvu mezi nákladním a vrchním nátěrem. V dnešní době se využívají zřídka.
- **Vrchní** - Tvoří poslední vrstvu v nátěrovém systému. Dle výsledného vzhledu se dělí na barvy méně lesklé, emaily s vysokým stupněm lesku a dekorativními vlastnostmi.

- **Vyrovnávací** - Používají se k vytvoření hladkého rovnoměrného povrchu materiálu. Většinou se označují jako tmely. Jsou to pastovité hmoty různého složení. (Kubátová, 2000)

## **Základní složení nátěrových hmot**

Nátěrová hmota se skládá ze dvou základních složek. První z nich jsou složky netěkavé (filmotvorné látky, pigmenty, plniva a organická barviva). Druhou složku tvoří látky těkavé (rozpouštědla, ředidla).

**Filmotvorné látky (pojiva, změkčovadla)** - Tvoří podstatu nátěrového filmu, který musí splňovat důležité vlastnosti. Především vlastní odolnost, lesk, pružnost a přilnavost, ohebnost a tvrdost. Moderní nátěrové hmoty dnes využívají především syntetických pryskyřic. Velmi významné jsou také pryskyřice epoxidové, polyuretanové, různé modifikace akrylátových pryskyřic. Do skupiny filmotvorných látek řadíme i změkčovadla. Především jde o chlorovaný parafín, difenyl a jiné.

**Pigmenty** - Velmi důležité látky zejména pro estetické vlastnosti nátěru. Dodávají nátěru barevný odstín a musí mít dobré krycí schopnosti. Ty lze definovat jako schopnosti nátěru zakrýt daný podklad. Mají formu jemně rozemletých nerozpustných barevných látek. Dělí se na přírodní a syntetické sloučeniny, kovové prášky a světélkující luminofory.

**Plniva** - Upravují některé technologické vlastnosti u barev a tmelů. Většinou jde o jemně rozemleté minerální látky jako např. křída, kaolin, mastek a těživec.

**Organická barviva** - Využívají se k zabarvení bílých pigmentů nebo laků.

**Rozpouštědla** - Tvoří v nátěrových hmotách značný podíl. Jsou obsažena i ve většině vodou ředitelných nátěrových hmot, ovšem v podstatně menší míře. Definujeme je jako kapalné organické sloučeniny, které rozpouští oleje, tuky, přírodní a syntetické pryskyřice. Rozpouštědla se volí podle rozpustnosti filmotvorných složek. Nejběžněji se používá toluen, benzen, aceton, xylen a alkoholy. Všechny tyto látky jsou hořlavé a škodí zdraví. V dnešní době se snažíme rozpouštědla ze složení nátěrových hmot z části nebo úplně vyloučit.

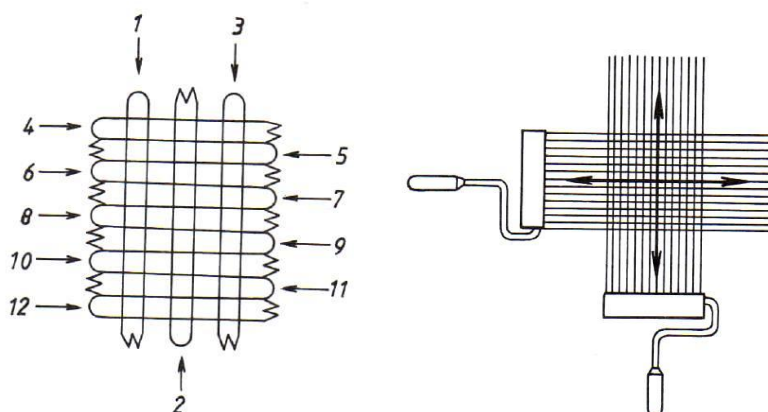
**Ředidla** - Prostředky pro snížení viskozity nátěrových hmot. Jsou to rozpouštědla nebo jejich směsi a po úpravě tekutosti barev na předepsanou konzistenci se dají nanášet určitou technologií. (Kubátová, 2000)

V současné době se pro ochranu ocelových konstrukcí používají dvousložkové nátěrové hmoty (hlavně epoxidové nátěrové hmoty v kombinaci s vrchními nátěry se zvýšenou odolností proti povrchové destrukci). Tyto nátěrové hmoty mají většinou jednu složku pigmentovanou a druhou čirou (tvrdidlo). Nebo jsou pigmentovány obě složky, ale každá složka má jiný odstín. Pro ochranu proti atmosférickým podmínkám se používají epoxidové, epoxyesterové, polyuretanové nebo alkydové nátěry. Jako ochranné nátěry do vodního prostředí (lodě) se používají chlorkaučukové nátěry. (Ostrá, 2011)

### Nanášecí techniky nátěrových hmot

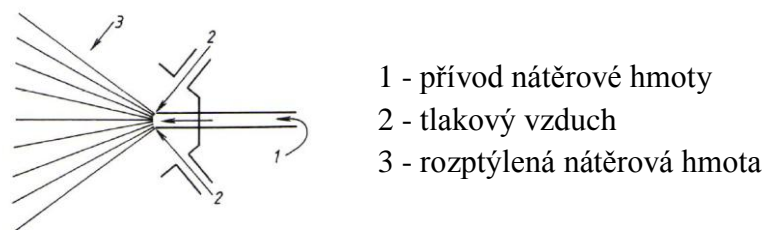
Při volbě technologie nanášení nátěrových hmot se přihlíží zejména k požadavkům na jakost zhotovovaného povlaku, vlastnostem zvolené barvy, rychlosti zasychání, k velikosti, tvaru, geometrii povrchu, a množství součástí.

Technologie ručního nanášení nátěrových hmot - Velmi jednoduchá a poměrně univerzální technologie vhodná tak, kde nelze uplatnit výkonnější způsoby. K nanášení nátěrových hmot se využívá štětec. Při povrchových úpravách velkých a hladkých ploch se štětec nahrazuje válečkem. Šetříme tak čas, ale kvalita zhotoveného povlaku není vždy ideální. Natírání štětcem i válečkování se provádí křížovým způsobem.



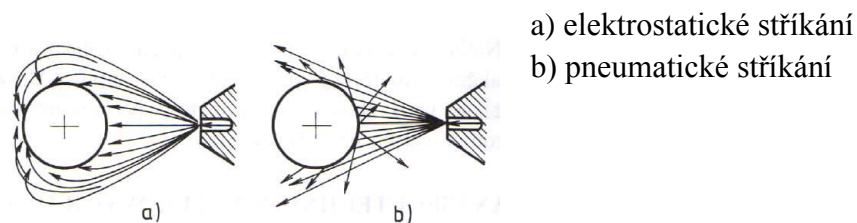
Obr. 16 Schéma nanášení barev štětcem a válečkem (Kříž, Vávra, 1998)

Technologie nanášení nátěrových hmot pneumatickým stříkáním - Nejrozšířenější technologie v průmyslu. Principem je nanášení jemně rozptýlené barvy ve formě malých kapiček na upravovanou součást tlakovým vzduchem. Základní zařízení tvoří stříkací pistole a zdroj tlakového vzduchu. K výhodám patří poměrně vysoká produktivita práce, automatizace. Nevýhodou jsou značné ztráty nátěrových hmot.



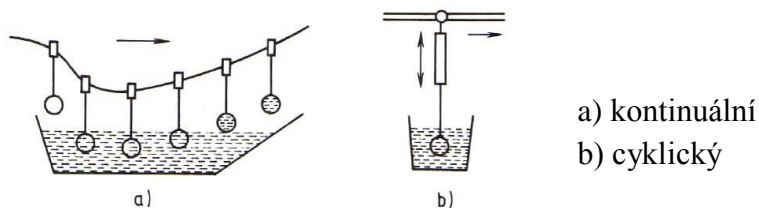
Obr. 17 Schéma vzduchového stříkání (Kříž, Vávra, 1998)

Technologie stříkání nátěrových hmot v elektrostatickém poli vysokého napětí - Princip spočívá v tom, že částice rozprášené nátěrové hmoty získávají elektrický náboj o vysokém napětí, který je přitahuje k povrchu uzemněné součásti. Tím se podstatně snižuje rozprach nátěrové hmoty.



Obr. 18 Schéma stříkání nátěrových hmot (Kříž, Vávra, 1998)

Technologie nanášení nátěrových hmot máčením - Při máčení se součásti ponořují nádrže s nátěrovou hmotou. Ztráty představují pouze odkap nátěrové hmoty po vynoření. Vytvořený povlak se suší. Máčením se povrchově upravují drobné i rozměrné součásti např. díly karoserií, okenní rámy atd. (Kreibich, 1996)



Obr. 19 Máčecí systém (Kříž, Vávra, 1998)



Obr. 20 Nátěry ocelových konstrukcí (<http://vagnercolor.cz>)

### 6.1.2 Povlaky z práškových plastů

Názvem plasty se obecně označují materiály, jejich podstatnou část tvoří organické makromolekulární látky (polymery). Kromě polymerů obsahují plasty ještě přísady (aditiva). Povlaky vytváříme z řad polymerů jako např. polyvinylchloridu, polyesteru, polyamidu, akrylátů, teflonu, celulózy a různých směsí z přírodních a syntetických kaučuků. Práškové plasty jsou částice o velikosti od 10 do 500  $\mu\text{m}$ . Po roztavení a nanesení na součást vytvoří souvislý povlak. Tento způsob protikorozi ochrany je vhodný pro ocelové součásti, součásti z pozinkovaného plechu, hliníku, mědi a jejich slitin. Pro zajištění kvalitní ochrany proti korozi musí být povlaky celistvé, hladké a nepórovité, při minimální tloušťce povlaku 50  $\mu\text{m}$ . (<http://vscht.cz>)

Nejpoužívanější metody nanášení povlaků z plastů jsou:

Žárové stříkání plastů - Plastická hmota, která je granulovaná na prášek se natavuje v trysce stříkací pistole. Po roztavení je nanesena na předehřátý povrch předmětu. Celkové slinutí a vytvoření povlaku nastává účinkem tepla předehřátého předmětu a vlivem plamene pistole. Podmínkou dobré jakosti je vhodná rychlost nástřiku a krátká doba působení tepla, aby se vytvořený povlak neporušil.

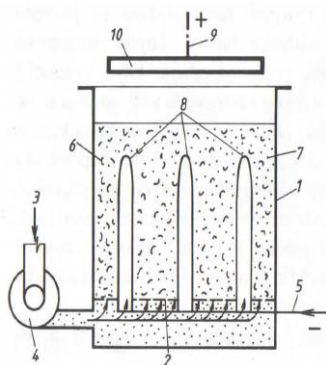


Obr. 21 Zařízení pro nástřik plastů (<http://cvut.cz>)



Vířivé (fluidní) nanášení - Princip této metody spočívá v ponoření přehřátého předmětu do nádrže, kde se na jeho povrchu natavují částice plastu a vytváří povlak. Fluidní lože je otevřená nádrž, do které se přivádí přes pórovitou vložku, která je umístěná nad dnem nádrže tlakový vzduch ventilátorem, který rozvíří práškové částice plastu.

Nanášením ve fluidním elektrostatickém poli - Využívá se opět fluidní lože. Nádrž obsahuje nabíjecí elektrody, na které se přivádí vysoké napětí. Částice jsou záporně nabíjeny a odpuzovány nad dno lože. Upevněný předmět je uzemněn, takže přitahuje nabitě částice a ty se přichycují na povrchu výrobku. (Kreibich, 1996)



Obr. 22 Nanášení plastů v elektrostatickém poli (Hluchý, Haněk, 2001)

## 6.2 Anorganické povlaky

Mezi anorganické povlaky řadíme:

- Kovové - Tyto vrstvy lze vytvářet zejména chemickým, elektrolytickým pokovováním, žárovým stříkáním (metalizací), pokovováním v tavenině kovu, ve vakuu, mechanickým pokovováním (naválcováním).
- Nekovové - Jedná se o konverzní povlaky a vrstvy, keramické smalty.

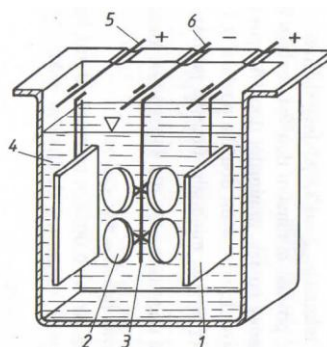
### 6.2.1 Kovové povlaky

Ochranné kovové povlaky jsou dalším velmi rozšířeným způsobem protikorozní ochrany povrchů materiálů. Vlastnosti vytvořeného kovového povlaku ovlivňuje řada faktorů. Zejména druh povlakového kovu a podkladového materiálu, pórovitost, způsob vytváření a tloušťka nové vytvořené vrstvy. S tloušťkou povlaku roste jeho životnost, protože se snižuje počet korozně významných pórů. Neporézní povlak má největší životnost. Technologie nanášení kovů je omezena povahou chráněného materiálu,

velikostí předmětu, členitostí povrchu i přípustnými změnami mechanických vlastností a rozměrů. Teoreticky lze nanášet povlaky ze všech kovů, jejich slitin a oxidů. V technické praxi se uplatňují povlaky hliníku, mědi, chromu, olova, zinku, stříbra, zlata atd. (Bartoniček, 1980)

## Elektrolytické pokovování

Elektrolytické (galvanické) pokovování je jedním z nejrozšířenějších oborů aplikované elektrochemie. Pokovování probíhá díky elektrolýze. Je to vylučování iontů z elektrolytu účinkem vnějšího zdroje elektrického proudu prostřednictvím dvou elektrod. Elektrolyt se štěpí na kladné ionty (kationty) a na záporné ionty (anionty). Záporná katoda dodává elektrony kationtům, které se tím redukuje. Kladná anoda naopak odebírá elektrony aniontům, které oxidují (ztrácejí elektrony). Kov obsažený v elektrolytu se vyloučí na katodě, kterou je pokovovaný předmět. Na anodě dochází k oxidaci atomů na kationty, kterými se během procesu doplňuje úbytek kovu z elektrolytu. (Hluchý, Haněk, 2001)



- 1) povlakový kov (anoda)
- 2) součást (katoda)
- 3) závěs na součást
- 4) elektrolyt
- 5) anodová tyč
- 6) katodová tyč

Obr. 23 Elektrolytické pokovování (Hluchý, Haněk, 2001)

Galvanicky se dají pokovovat prakticky všechny běžné konstrukční materiály. Aby se konstruktérovi usnadnila volba druhu a tloušťky povlaku pro různé podmínky, jsou k dispozici normy.

Příklady využití galvanického pokovování:

Zinkování - Nejčastější metoda galvanického pokovování. Více jak 50% všech upravovaných výrobků se zinkuje. Uplatňuje se hlavně pro ochranu ocelových součástí, kde se využívá anodového ochranného účinku zinku. Pro zinkování se používá několik druhů lázní. Nejčastěji se používají slabě kyselé. Silně kyselé se používají pouze ve speciálních případech pokovování hutních polotovarů

a kontinuálním pokovování. Po nanesení zinkového povlaku obvykle následují další povrchové úpravy za účelem zvýšení životnosti povlaku nebo dosažení barevného efektu povlaku. Jsou to tyto operace: vyjasňování, pasivace, chromátování, fosfátování. (Tulka, 2005)



Obr. 24 Ukázka zinkových povlaků (<http://rosma.cz>)

Chromování - Význam chromu pro pokovování vyplývá z jeho vlastností. Má vynikající korozní odolnost, tvrdost, ořezuvzdornost a odolnost proti atmosférické korozi i za zvýšených teplot. Rozlišujeme chromové povlaky dekorativní a funkční (tvrdé chromování). Dekorativní povlak je poměrně slabý rozmezí od 0,2 do 0,8  $\mu\text{m}$ . Vyloučené chromové vrstvy jsou lesklé. Tvrdé chromování se aplikuje na součásti, které jsou vystaveny nadměrnému opotřebení a ořezu. Silné tloušťky mají vysokou tvrdost a mohou se dále mechanicky zpracovávat. Typický příklad aplikace tvrdého chromování je u hydraulických válců, tyčí a trubek. (Kreibich, 1996)



Obr. 25 Ukázka chromových povlaků (<http://rosma.cz>)

Mědění - Povlaky z mědi se používají jako mezivrstva při ochranném nebo dekorativním pokovování Cu, Ni, Cr. Pokud měď využijeme jako dekorativní povlak, tak je třeba vyloučený povlak chránit vhodným nátěrem proti účinkům atmosféry. Mědicí lázně mohou být zásadité i kyselé. Zásadité lázně obsahují kyanid sodný. U kyselých lázní se využívá síran měďnatý. Anody jsou z čisté mědi. (Ščerbejová, 1993)



Obr. 26 Ukázka měděného povlaku na součástkách (Ostrá, 2011)

Niklování - Nikl bývá hlavní složkou ozdobně ochranných povlaků, které jsou korozně odolné, lesklé a velmi tenké. Většinou se kombinuje s dalšími kovy - Cu, Ni, Cr nebo Ni, Cr. Při pokovování samotným niklem se postupně nanáší dvě až tři vrstvy. (Ščerbejová, 1993)



Obr. 27 Ukázka niklových povlaků na součástkách (Ostrá, 2011)

## Chemické pokovování

Podstatou chemického (bezproudového) pokovování je vyloučení ušlechtilějšího kovu na povrch kovu méně ušlechtilého vlivem rozdílu potenciálů v roztoku, nebo vyredukováním kovu z jeho soli redukčního činidla, které redukuje kovovou sůl na kov. Chemicky lze vylučovat povlaky téměř všech kovů. Výhodou této metody je především jednoduché zařízení pro vlastní pokovení, bezproblémové pokovení dutin. Metoda patří mezi jednu z nejstarších technologií pokovování a hojně se využívá i dnes.

Chemicky se kovy dají vylučovat:

- Ponorem do roztoků kovových solí (většinou sírany).
- Potíráním - Pro předměty velkých rozměrů. Roztok kovové soli se nanáší na pokovovaný předmět.

- Vyvařováním - Ponor předmětů do vroucích roztoků kovových solí. Vytvořené vrstvy mají dobrou přilnavost.
- Kontaktem - Předmět se vodivě spojí s elektronegativním kovem (Al, Zn). Ušlechtilější kov se z roztoku vyloučí na povrchu předmětu.
- Redukčně - Do roztoku kovových solí se přidávají další roztoky, které umožní vyredukování kovu. V tomto případě je možné pokovovat kovové i nekovové materiály (sklo, plastové hmoty). (<http://vscht.cz>)

Příklady chemického pokovování:

Mědění a mosazení – Nejběžnější způsob chemického mědění je ponoření součástí do roztoku modré skalice – síranu měďnatého  $\text{CuSO}_4$ . Vytvořené vrstvy jsou měkké, bez lesku a používají se zejména na poměďování ocelových drátů, plechů.

Niklování - Chemicky nanesený nikl má na rozdíl od galvanického pokovení rovnoměrnou tloušťku vrstvy na celé ploše dílu včetně děr, hran a záhybů. Provádí se ponorem předmětu do lázně, která obsahuje soli chloridu nikelnatého  $\text{NiCl}_2$ , síranu nikelnatého  $\text{NiSO}_4$  a redukčních přísad. Vyloučený povlak je pololesklý, nepórovitý a korozně odolnější než elektrochemicky vyloučený nikl. Použití: hřídele, válce, příruby, brzdové písty, čerpadlové komponenty atd. (*Ostrá, 2011*)



Obr. 28 Ukázka niklových povlaků (<http://bomex.cz>)

Stříbrnění - Provádí se ponorem předmětu do roztoku soli dusičnanu stříbrného  $\text{AgNO}_3$  a redukčních přísad. Podle účelu použití dělíme stříbrnění na dekorativní (bižuterie, spotřební zboží) a technické - funkční povlaky v chemickém, elektrotechnickém, optickém průmyslu.

Cínování - Aplikuje se zejména na hliník a jeho slitiny pro usnadnění zabíhání pístových strojů. Získaný povlak je stejnoměrný a přilnavý. Tloušťky povlaku bývají do 10  $\mu\text{m}$ . (*Ščerbejová, 1993*)





## Žárové pokovení

Metoda využívaná hlavně jako antikoroziční ochrana oceli a litiny. Očištěné předměty se ponořují do roztaveného kovu. Aby se vytvořil povlak, musí dojít ke vzájemné reakci mezi základním a povlakovým kovem. Hlavní podmínkou je, aby měl základní kov vyšší teplotu tání než je roztavený kov povlakový. Proto se v technické praxi využívá zinek, cín, hliník a slitiny olova. Vytvořená povlaková vrstva je obvykle tlustší, s hrubším povrchem. Žárově se zinkují plechy, dráty, trubky, řetězy, konstrukce a odlitky. Olovo se využívá hlavně v chemickém průmyslu. (Kříž, Vávra, 1998)

### 6.2.2 Nekovové povlaky

Nekovové anorganické povlaky chrání povrch materiálu především bariérovým způsobem (smalty), případně změnou korozní odolnosti (oxidace, pasivace).

#### Konverzní vrstvy

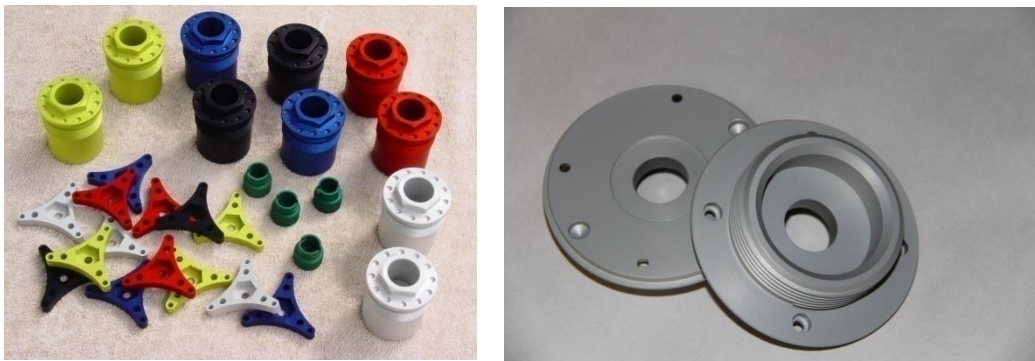
Tenké vrstvy, které vznikají chemickými nebo elektrochemickými reakcemi přeměnou základního upravovaného materiálu nebo jeho kovového povlaku říkáme konverzní. Jsou to uměle vytvořené povlaky oxidů, fosforečnanů a chromanů kovů. Tyto povlaky aplikujeme zejména pro zvýšení korozní odolnosti povrchu vůči korozi, zlepšují přilnavost nátěrů, konzervačních hmot a dají se využít i k dekoračním úpravám. (Kříž, Vávra, 1998)

- Oxidace oceli - Proces vedoucí ke zlepšení protikoroziční odolnosti i zlepšení dekoračního vzhledu výrobku. Tloušťka oxidační vrstvy je v rozmezí od 1 do 30  $\mu\text{m}$ . Nejznámějším oxidačním procesem je černění oceli, kdy na povrchu vzniká tenký oxidický povlak hnědočerné až černé barvy.



Obr. 31 Černění oceli v praxi (<http://galvanika.cz>)

- Oxidace hliníku - Bezpečnou ochranou proti korozi je uměle vytvořený oxid hlinitý  $\text{Al}_2\text{O}_3$  na hliníkových součástech. Vytváří se obvykle elektrolytickou oxidací hliníku (eloxal) ve vodném roztoku kyseliny sírové, chromové nebo šťavelové. Předmět je zapojen jako anoda a katoda je hliníková nebo olověná. Vrstvy vytvořeného oxidu jsou tenké, tvrdé, odolné vůči mechanickému opotřebení, nevodivé a nekorodují. Vysoká pórovitost povlaku umožňuje snadnou barvitelnost v mnoha odstínech dle přání zákazníka. (Kreibich, 1996)



Obr. 32 Barevný a bílý elox (<http://galvanika.cz>)

## Smalty

Smalt je anorganické sklo určitého chemického složení, umožňující natavení na kovový povrch a vytvoření celistvého povlaku. Ochranná funkce spočívá ve vytvoření nepropustné bariéry mezi povlakem a kovem. Smalt má mnoho předností. Nejdůležitější je jeho tvrdost, lesk, stálobarevnost. Je maximálně odolný proti vlivům vnitřního i vnějšího prostředí, včetně vlivů chemických. Výrobek ošetřený smaltem má prakticky neomezenou životnost. Pokud nedojde k mechanickému narušení povlaku, vydrží smaltované výrobky i více jak 100 let. Vrstvy smaltu se na povrch nanáší poléváním, máčením nebo stříkáním. Po vysušení následuje vypalování při 700 až 900 °C. Nanáší se většinou základní a krycí vrstva nebo jen jednovrstvý smalt.

Základní složkou pro přípravu smaltového povlaku je tzv. smaltářská fritra. Jedná se o sklovitý anorganický materiál. Základ tvoří křemen ve formě sklářského písku. Fritra dále obsahuje další složky, které ovlivňují mechanické, chemické a tepelné vlastnosti. (Tulka, 2005)



## 7 HODNOCENÍ A METODIKA ZKOUŠEK KOROZE

Pro posouzení účinnosti povrchových úprav je důležité věnovat pozornost všem složkám korozního systému. Při neznalosti příčiny znehodnocení musíme vycházet ze znalosti interakce podkladového materiálu, předúpravou povrchu a konečným povlakem. Vyhodnocování mechanismu a kinematiky korozních procesů bývá velmi zdoluhavé. Z toho důvodu se obvykle poznání procesu provádí pomocí modelového řešení s využitím simulací vlivů, které mají pravděpodobně hlavní vliv na korozní proces. Modelové zkoušky se využívají zejména na posuzování jakosti povrchových úprav, kvalitu materiálů a určování pravděpodobných hlavních činitelů, které ovlivňují rozhodujícím způsobem korozní proces. (<http://vscht.cz>)

### Hodnocení korozní odolnosti - laboratorní zkoušky

Zkoušky v laboratořích mají zdánlivou přednost ve snazší proveditelnosti a přesnější kontrole zkušebních podmínek. Jsou také jedinou možností kontroly pro výrobky, které nelze testovat v provozních podmínkách. Hlavním nedostatkem zkoušek v laboratořích je, že se při nich obvykle nepodaří navodit všechny podmínky, které se při korozním procesu budou uplatňovat v praxi.

Realizace korozních zkoušek si klade za cíl zejména:

- Základní výzkum.
- Vývoj nových konstrukčních materiálů nebo druhů protikorozní ochrany.
- Výběr vhodného materiálu a korozní ochrany pro konkrétní případ.
- Kontrola odolnosti materiálu před použitím.
- Kontrola korozního stavu zařízení za provozu nebo při odstávce.
- Určení příčin selhání. (<http://vscht.cz>)

Korozní odolnost kovů a povlaků sledujeme a vyhodnocujeme zejména dle zkoušek:

- ČSN EN ISO 9227 - Korozní zkoušky v umělých atmosférách - zkoušky solnou mlhou (NaCl)
- ČSN EN ISO 3231 - Nátěrové hmoty - stanovení odolnosti vlhkým atmosférám s obsahem SO<sub>2</sub>, pro kovy ČSN ISO 6988
- ČSN 038131 - Korozní zkoušky v kondenzační komoře

## ČSN EN ISO 9227

Zkoušky solnou mlhou (NaCl) se využívají hlavně pro zjišťování nespojitostí, např. pórů a dalších vad určitých kovových a organických povlaků, povlaků vytvořených anodickou oxidací a konverzních vrstev. Zkoušky solnou mlhou jsou vhodné pro kontrolu dodržení srovnatelné kvality kovových materiálu, jak s protikorozní ochranou či bez ní.

### Zkušební podmínky

Parametry zkušební metody	Neutrální solná mlha (NSS)	Okyselená solná mlha (AASS)	Okyselená solná mlha s chloridem měďnatým (CASS)
Teplota	35 ± 2 °C	35 ± 2 °C	50 ± 2 °C
Průměrná rychlost shromáždění mlhy z vodorovné sběrné plochy 80cm <sup>2</sup>	1,5 ml/h ± 0,5 ml/h		
Obsah chloridu sodného (v nashromážděném roztoku)	50 g/l ± 5 g/l		
pH	6,5 - 7,2	3,1 - 3,3	3,1 - 3,3

Tab. 5 Podmínky pro zkoušky solnou mlhou (ČSN EN ISO 9227)

Doba trvání zkoušky odpovídá specifikaci pro zkoušený materiál nebo výrobek. Pokud není doba pevně stanovena, musí být dohodnuta zúčastněnými stranami. Doporučené doby trvání jsou: 2, 6, 24, 48, 96, 168, 240, 480, 720 a 1000 hodin.

Počet a druh zkušebních vzorků, jejich tvar a rozměr musí být v souladu se specifikací pro zkoušený materiál nebo výrobek. Pokud specifikovány nejsou, musí být tyto údaje dohodnuty mezi zúčastněnými stranami. Vzorky mají většinou rozměry 150mm x 100mm x 1mm. Obvykle jsou vyrobeny z leštěné oceli dle ISO 1514.

Na konci doby zkoušky se vzorky vyjmou z komory a před oplachem se nechají 0,5 až 1h oschnout. Tím se sníží nebezpečí odstranění korozních zplodin.

Pro vyhodnocení výsledků se může využít mnoha kritérií. Vzhled po zkoušce, vzhled po odstranění povrchových korozních zplodin, počet a rozmístění korozních poškození, změna hmotnosti, změny zjištěné mikroskopicky, změny mechanických vlastností atd. Po vyhodnocení výsledků se vytvoří protokol o zkoušce. Ten musí obsahovat výsledek pro každý zkoušený vzorek, případně průměrný výsledek skupiny obdobných vzorků. (ČSN EN ISO 9227)

## ČSN EN ISO 3231, ČSN ISO 6988 pro kovy

Mezinárodní norma, která stanovuje odolnosti jedno nebo vícevrstevných nátěrů ve vlhké atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>. Zkouší se především laky, nátěrové hmoty a obdobné produkty.

Zkušební vzorek opatřený povlakem je v komoře vystaven speciální vlhké atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>. Oxid siřičitý se do komory přivádí buď z tlakové ocelové láhve, nebo je vyvíjený v zařízení opatřeném vhodnou regulací a měřicím zařízením k zajištění dávkování správného objemu plynu.

Po uzavření zkušební komory se dávkuje 0,2l nebo 1,0l SO<sub>2</sub>, měřeno při atmosférickém tlaku. Poté se zapne vytápění komory. Teploty 40 ± 3 °C se musí dosáhnout do 1,5h. Teplota v komoře se udržuje po dobu osmi hodin a poté se vytápění vypne. Pokud není jinak specifikováno či odsouhlaseno, zkušební vzorky jsou z oceli o přibližné velikosti 150mm x 100mm x (0,75 až 1,25)mm.

Zkouška se několikrát opakuje. Po provedení stanoveného počtu cyklů se vzorky vyjmou z komory. Osuší se savým papírem a ihned se vyhodnotí povrch každého vzorku z hlediska tvorby puchýřů dle ISO 4628-2 a koroze podle ISO 4628-3. (ČSN EN ISO 3231)

Zkouška	ČSN ISO 6988	Cyklus: 8 hod., 40 °C, RV 100%, 30ml SO <sub>2</sub> + 16 hod., 20 °C, RV 60%
Prostředí	atmosféra s SO <sub>2</sub>	
Materiál	Bronz	
Velikost	150mm x 100mm	

Tab. 6 Parametry zkoušky v atmosféře SO<sub>2</sub> (Ostrá, 2011)



Obr. 33 Ukázka zkoušky v prostředí SO<sub>2</sub> (Ostrá, 2011)

## ČSN 038131

Základní laboratorní zkouška koroze kovů a ochranných povlaků v kondenzační komoře. Slouží k zjištění odolnosti materiálů a výrobků s povrchovou úpravou proti atmosférické korozi nebo zjištění ochranné účinnosti protikorozních ochran. V kondenzační komoře je vzorek vystaven kondenzaci vodních par za zvýšené teploty i případně znečištění zkušebního prostředí kyslíčnickem siřičitým.

Režim zkoušky	Základní parametry zkoušky		
	Teplota	Rel. vlhkost	obsah SO <sub>2</sub>
A) v čisté vlhké atmosféře	35 ± 2 °C	100%	-----
B) v průmyslové atmosféře	35 ± 2 °C	100%	0,007-0,008

Tab. 7 Podmínky pro zkoušku v konden. komoře (ČSN 038138)

Doba trvání zkoušky se volí podle účelu zkoušky. Základní časovou jednotkou je 24 hodin a doba trvání se volí z řady: 1, 2, 3, 7, 10, 14, 16, 21, 28 a dále násobky 7 dnů.

Při zkouškách zaměřených na porovnání časových průběhů koroze základního kovového materiálu se obvykle používá plochých vzorků o rozměru 130mm x 80mm x 1 až 2mm. Počet vzorků minimálně v počtu 5 kusů.

Ke zkoušce porovnávací korozně - ochranné účinnosti různých povrchových úprav je vhodné volit vzorky o velikosti 150mm x 100mm x 1 až 3mm. Základní materiál musí být u všech vzorků stejné jakosti. Při zkoušce dle režimu A potřebujeme minimálně 5 vzorků, dle režimu B minimálně 3 zkušební vzorky.

Podle charakteru vzorků a účelu zkoušky se provádí vyhodnocení hmotnostních nebo rozměrových změn dle ČSN 038102 nebo vzhledové hodnocení. Při porovnávacích zkouškách je nutné srovnat vždy odpovídající plochy a zhodnotit případný vliv tvaru z hlediska možnosti shromáždění elektrolytu. (ČSN 038131)

## 8 ZÁVĚR

V bakalářské práci je vytvořený ucelený přehled antikoročních systémů, používaných na ochranu ocelových konstrukcí, staveb, strojů a dalších zařízení, které jsou součástí našeho života a ve velké míře nás obklopují. Každá ocelová konstrukce je v menší nebo větší míře ovlivněná korozí, respektive určitou korozní agresivitou prostředí, ve které se konstrukce nachází.

V dnešní době se tedy ochranné systémy volí po pečlivém uvážení všech korozních činitelů a hlavně stupně agresivity korozního prostředí, ve kterém bude konstrukce umístěna. Současný trend se zaměřuje hlavně na duplexní systémy. Jedná se o ochranu konstrukcí, která je tvořena z více vrstev různých protikoročních systémů. Duplexní povlak se skládá ze žárově zinkovaného povlaku, který se vytváří velmi často ponorem a povlaku z nátěrových hmot. Tato kombinace poté poskytuje ocelovému povrchu velmi vysokou protikorozní odolnost i v oblastech s nejvyšším stupněm korozní agresivity. Určitě se tento moderní způsob ochrany nebude využívat v místech s nízkou korozní agresivitou, protože vytvářet dva povlaky na materiálu je z ekonomického hlediska velmi finančně náročné a časově zdlouhavé.

Protikorozní ochrana nezávisí jen na volbě a druhu ochranného povlaku, ale také vhodné volbě konstrukčního materiálu, vhodným navržením konstrukce, tak aby se snížilo riziko lokálního korozního napadení. Slitiny železa jsou stále nejvíce využívaným konstrukčním materiálem. Proto je důležité porozumět problematice koroze u těchto slitin a věnovat jí značnou pozornost.

Konstrukce ze slitin kovů podléhají v atmosféře, půdě a vodě účinkům elektrochemické koroze. Degradace materiálů se projevuje rozmanitě podle mechanismu korozního napadení. Rovnoměrné korozní napadení lze poměrně snadno předpovědět a lokalizovat. Lokální formy napadení mohou být v některých případech obtížně rozpoznatelné.

Důležitým faktorem v oblasti protikorozní ochrany je stálý vývoj a výzkum nových technologií. S tím úzce souvisí i snižování nákladů a minimalizaci dopadů na životní prostředí. Povrchové úpravy materiálů brzdí a omezují korozní a destrukční děje a tím vedou k úsporám materiálů a surovin.

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BARTONÍČEK, R. *Navrhování protikorozní ochrany*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1980. 287 s.

ŠČERBEJOVÁ, Marta. *Strojírenská technologie*. 1. vyd. Brno: Vysoká škola zemědělská, 1993, 132 s. ISBN 80-7157-083-4.

TRETHEWEY, Kenneth R a John CHAMBERLAIN. *Corrosion: for science and engineering*. 2nd ed. Harlow: Longman, 1998, xiv, 466 s. ISBN 0-582-238692.

KUBÁTOVÁ, Hana. *Nátěry kovů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2000, 104 s. ISBN 80-247-9035-1.

TULKA, Jaromír. *Povrchové úpravy materiálů*. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2005, 136 s. ISBN 80-214-3062-1.

HLUCHÝ, Miroslav a Václav HANĚK. *Strojírenská technologie 2: Koroze, základy obrábění, výrobní postupy*. 2., upr. vyd. Praha: Scientia, 2001, 176 s. ISBN 80-718-3245-6.

ČÍHAL, Vladimír. *Korozivzdorné oceli a slitiny*. 1. vyd. Praha: Academia, 1999, 437 s. ISBN 80-200-0671-0.

OSTRÁ, Vlasta. *Atlas korozního napadení a povrchových úprav*. Praha: České vysoké učení technické, Fakulta strojní, 2011. [PDF dokument] Dostupné na WWW: [http://u12133.fsid.cvut.cz/podklady/\\_aktuality/Atlas\\_korozniho\\_napadeni.pdf](http://u12133.fsid.cvut.cz/podklady/_aktuality/Atlas_korozniho_napadeni.pdf)

KŘÍŽ, Rudolf a Pavel VÁVRA. *Strojírenská příručka* 8. svazek: V-Tváření, W-Výrobky ze slinovaných prášků, X- Výrobky z plastů, Z- Svařování součástí, Z- Protikorozní ochrana materiálu. 1. vyd. Praha: Scientia, 1998, 255 s. ISBN 80-718-3054-2

KREIBICH, Viktor. *Teorie a technologie povrchových úprav*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické, 1996, 89 s. ISBN 80-01-01472-x.

ÚK MKI, *Korozní inženýrství*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, [online]. Dostupné na WWW: [http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni\\_inzenyrstvi\\_se/index.htm](http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/index.htm)

*Časopis Povrcháři*, [online]. Dostupné na WWW:  
<http://www.povrchari.cz/index.php?show=casopis&lang=cze>

*Odborný časopis pro stavebnictví a strojírenství Konstrukce*, [online].  
Dostupné na WWW:  
<http://www.konstrukce.cz/>

ČSN EN ISO 7384, Korozní zkoušky v umělé atmosféře, Všeobecné požadavky. Praha:  
Český normalizační institut 1994, 8 s.

ČSN EN ISO 9227 (03 8132): Korozní zkoušky v umělých atmosférách – Zkoušky  
solnou mlhou. Praha, Český normalizační institut, 2012. 24 s.

ČSN EN ISO 3231: Nátěrové hmoty – stanovení odolnosti vlhkým atmosférám  
s obsahem SO<sub>2</sub>. Praha: Český normalizační institut 1998. 12 s.

ČSN 03 8131: Korozní zkouška v kondenzační komoře. Praha, Český normalizační  
institut, 1973. 7 s.

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Ukázka chemické koroze (Ostrá, 2011)</i> .....	11
<i>Obr. 2 Kovy dle potenciálu (<a href="http://vscht.cz">http://vscht.cz</a>)</i> .....	12
<i>Obr. 3 Korozní článek zinku s ocelí (Tulka, 2005)</i> .....	12
<i>Obr. 4 Materiál po napadení rovnoměrnou korozí (Ostrá, 2011)</i> .....	13
<i>Obr. 5 Povrch materiálu po napadení důlkovou korozí (Ostrá, 2011)</i> .....	14
<i>Obr. 6 Povrch materiálu po napadení bodovou korozí (Ostrá, 2011)</i> .....	14
<i>Obr. 7 Nitková koroze materiálu (Ostrá, 2011)</i> .....	15
<i>Obr. 8 Struktura materiálu po napadení mezikrystalovou korozí (Ostrá, 2011)</i> .....	15
<i>Obr. 9 Transkrystalová koroze (Bartoniček, 1980)</i> .....	16
<i>Obr. 10 Štěrbínová koroze vřetena uzavíracího ventilu (<a href="http://vscht.cz">http://vscht.cz</a>)</i> .....	17
<i>Obr. 11 Výrobky po nanesení chromátové vrstvy (<a href="http://galvanovna.mesit.cz">http://galvanovna.mesit.cz</a>)</i> .....	22
<i>Obr. 12 Výrobky po fosfátování (<a href="http://rosma.cz">http://rosma.cz</a>)</i> .....	23
<i>Obr. 13 Základní postupy protikorozní ochrany kovů (<a href="http://vscht.cz">http://vscht.cz</a>)</i> .....	24
<i>Obr. 14 Konstrukční úprava tvaru výrobku (Kříž, Vávra, 1998)</i> .....	25
<i>Obr. 15 Konstrukční řešení spoje materiálu svarem (Kříž, Vávra, 1998)</i> .....	25
<i>Obr. 16 Schéma nanášení barev štětcem a válečkem (Kříž, Vávra, 1998)</i> .....	30
<i>Obr. 17 Schéma vzduchového stříkání (Kříž, Vávra, 1998)</i> .....	31
<i>Obr. 18 Schéma stříkání nátěrových hmot (Kříž, Vávra, 1998)</i> .....	31
<i>Obr. 19 Máčecí systém (Kříž, Vávra, 1998)</i> .....	31
<i>Obr. 21 Zařízení pro nástřik plastů (<a href="http://cvut.cz">http://cvut.cz</a>)</i> .....	32
<i>Obr. 22 Nanášení plastů v elektrostatickém poli (Hluchý, Haněk, 2001)</i> .....	33
<i>Obr. 23 Elektrolytické pokovování (Hluchý, Haněk, 2001)</i> .....	34
<i>Obr. 24 Ukázka zinkových povlaků (<a href="http://rosma.cz">http://rosma.cz</a>)</i> .....	35
<i>Obr. 25 Ukázka chromových povlaků (<a href="http://rosma.cz">http://rosma.cz</a>)</i> .....	35
<i>Obr. 26 Ukázka měděného povlaku na součástkách (Ostrá, 2011)</i> .....	36
<i>Obr. 27 Ukázka niklových povlaků na součástkách (Ostrá, 2011)</i> .....	36
<i>Obr. 28 Ukázka niklových povlaků (<a href="http://bomex.cz">http://bomex.cz</a>)</i> .....	37
<i>Obr. 29 Schéma metalizační pistole (Tulka, 2005)</i> .....	38
<i>Obr. 30 Aplikace žárových povlaků (<a href="http://vagnercolor.cz">http://vagnercolor.cz</a>)</i> .....	38
<i>Obr. 31 Černění oceli v praxi (<a href="http://galvanika.cz">http://galvanika.cz</a>)</i> .....	39
<i>Obr. 32 Barevný a bílý elox (<a href="http://galvanika.cz">http://galvanika.cz</a>)</i> .....	40
<i>Obr. 33 Ukázka zkoušky v prostředí SO<sub>2</sub> (Ostrá, 2011)</i> .....	43



## 11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

<i>Tab. 1 Odhad korozní rychlosti oceli pro různé typy půd (<a href="http://vscht.cz">http://vscht.cz</a>).....</i>	17
<i>Tab. 2 Jednotlivé stupně korozní agresivity (Hluchý, Haněk, 2001).....</i>	18
<i>Tab. 3 Popis prostředí dle stupně agresivity (Ostrá, 2011).....</i>	19
<i>Tab. 4 Rozhodující činitelé pro volbu povrchové úpravy (Kříž, Vávra, 1998).....</i>	26
<i>Tab. 5 Podmínky pro zkoušky solnou mlhou (ČSN EN ISO 9227).....</i>	42
<i>Tab. 6 Parametry zkoušky v atmosféře SO<sub>2</sub> (Ostrá, 2011).....</i>	43
<i>Tab. 7 Podmínky pro zkoušku v kondenz. komoře (ČSN 038138).....</i>	44

