

Česká zemědělská univerzita v Praze  
Technická fakulta

## **Povrchové úpravy a jejich využití v praxi**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Hrabě, Ph.D.

Autor bakalářské práce: Jan Doubek

PRAHA 2009

Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita v Praze	Fakulta: technická
Katedra: materiálu a strojírenské technologie	Akademický rok: 2007/2008

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Jan Doubek**

Studijní obor: Informační a řídicí technika v APK

Studijní zaměření:

Název práce: Povrchové úpravy a jejich využití v praxi

### Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

- shromáždit literární poznatky o povrchových úpravách

Osnova práce:

1. Úvod.
2. Rozdělení povrchových úprav.
3. Využití jednotlivých typů povrchových úprav v praxi.
4. Závěr.

Metodika práce:

- současný stav řešeného problému (literární rešerše)
- závěry a přínos práce

Rozsah práce: 30 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Seznam doporučené odborné literatury:

- DORAZIL, E.: Strojírenské materiály a povrchové úpravy. Brno, VUT, 1988, 330s.  
KUČERÍKOVÁ, V.: Organické povrchové úpravy. Bratislava, STK 1974, 99 s.  
MACHOVÁ, E.: Galvanické povrchové úpravy. Bratislava, STK, 1974, 102 s.  
SEDLÁČEK, V.: Povrchy a povlaky kovů. Praha, ČVUT, 1992, 176 s.  
STEDFELD, R. L.: Metals Handbook. Vol. 5., Surface cleaning, finishing, and coating.  
9. ed. Metals Park, Ohio, American Society for Metals 1982. XVI, 715 s.  
HAVLÍČEK, J. aj.: Provozní spolehlivost strojů. 2. přepr. vyd. Praha, SZN, 1989, 616 s.  
PLUHAŘ, J. aj: Nauka o materiálech. Praha, SNTL, 1989, 552 s.  
POŠTA, J.: Technologie údržby a oprav. Praha, ČZU, 1995, 198 s.  
Časopisy: Strojírenská technologie, MM Průmyslové spektrum, TM Svařování – dělení-  
spojování materiálů, Technik  
Firemní literatura: katalogy, prospekty

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Hrabě, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 7. 12. 2007

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. 4. 2009



prof. Ing. Milan Brožek, CSc.

vedoucí katedry



prof. Ing. Jiří Klíma, CSc.

děkan

V Praze dne 7.12.2007



**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Petra Hraběte, Ph.D. a použil jen pramenů citovaných v příložené bibliografii

V Praze dne .....

Podpis .....

## **Povrchové úpravy a jejich využití v praxi**

Abstrakt: Tato práce je zaměřena na povrchové úpravy výrobků a je rozdělena na dvě části, první obsáhlejší obsahuje rozdělení povrchových úprav do skupin, a to na předběžné úpravy, kovové povlaky, nekovové povlaky a organické nátěry. U každé skupiny jsou shrnuty nejzákladnější a nejpoužívanější typy úprav. Poslední část je věnována použití jednotlivých povrchových úprav materiálů v praxi.

Klíčová slova: povrch, úprava, koroze, povlak.

## **Surface modification and its practical usage**

Summary: This writing is focused on products surface modification and it is separated into two parts. The first part (more extensive) contains separation of surface modification into groups, respectively preliminary modification, metallic, non-metallic coating and organic painting. Each of groups are summarized the most essential and the most used kind of modifications. The last part is dedicated to the usage of each of practical material surface modification.

Key words: surface, modification, corrosion, coating.

1. Úvod.....	1
2. Rozdělení povrchových úprav .....	3
2.1 Předběžné úpravy povrchu .....	3
2.1.1 Mechanická úprava povrchu.....	3
Omílání .....	3
Broušení, leštění a kartáčování .....	3
Otryskávání .....	4
Speciální způsoby .....	5
2.1.2 Chemické a elektrochemické úpravy povrchu .....	5
Odmašťování .....	6
Moření.....	7
Odrezování.....	9
Leštění.....	9
2.2 Kovové povlaky .....	10
2.2.1 Elektrolytické pokovování.....	10
Niklování.....	11
Mědění .....	13
Chromování .....	13
Zinkování.....	13
Cínování.....	14
Stříbření.....	14
Mosazení .....	14
2.2.2 Chemické pokovování.....	15
2.2.3 Žárové stříkání kovů .....	16
2.2.4 Žárové pokovení v roztavených kovech.....	16
2.2.5 Chemicko – tepelné zpracování.....	17
Cementování.....	17
Nitridování.....	18
Nitrocementování a karbonitridování .....	18
Termodifuzní chromování.....	18
Termodifuzní zinkování .....	19
Termodifuzní hliníkování.....	19
2.2.6 Mechanické pokovování.....	19
2.2.7 Laserové vytváření povlaku .....	19
2.2.8 Iontová implantace .....	20
2.3 Nekovové anorganické povlaky .....	20
2.3.1 Konverzní povlaky a vrstvy.....	20
Oxidace oceli.....	20
Oxidace hliníku.....	21
Fosfátování.....	21
Chromátování.....	21
2.3.2 Keramické smaltování.....	21
2.3.3 Vysokotavitelné keramické povlaky .....	22
2.3.4 Anorganické nátěry .....	22
2.3.5 Vyzdívky a obklady .....	22
2.4 Organické povlaky .....	22
2.4.1 Organické povlaky z nátěrových hmot .....	22
2.4.2 Povlaky z plastů .....	24
Žárové stříkání plastů .....	24
Vířivé nanášení.....	24

Plátování plasty .....	24
Nanášení plastisolu .....	25
Naprašování práškových plastů v elektrickém poli vysokého napětí .....	25
2.5 Dočasná ochrana .....	26
3. Využití jednotlivých typů úprav v praxi .....	26
3.1 Využití předběžných úprav povrchu .....	26
3.1.1 Využití mechanických úprav .....	26
3.1.2 Využití chemických a elektrochemických úprav povrchu .....	27
3.2 Využití kovových povlaků .....	27
3.2.1 Využití elektrolytického pokovení .....	27
3.2.2 Využití chemického pokovení .....	27
3.2.3 Využití žárového stříkání kovů .....	28
3.2.4 Využití žárového pokovení v roztavených kovech .....	28
3.2.5 Využití chemicko – tepelného zpracování .....	28
3.2.6 Využití mechanického pokovování .....	28
3.2.7 Využití laserového vytváření povlaků .....	28
3.2.8 Využití iontové implantace .....	29
3.3 Využití nekovových anorganických povlaků .....	29
3.3.1 Využití konverzních povlaků a vrstev .....	29
3.3.2 Využití keramického smaltování .....	29
3.3.3 Využití vysokotavitelných keramických povlaků .....	29
3.3.4 Využití anorganických nátěrů .....	29
3.3.5 Využití vyzdívky a obkladů .....	29
3.4 Využití organických povlaků .....	30
3.4.1 Využití organických povlaků z nátěrových hmot .....	30
3.4.2 Využití povlaků z plastů .....	30
3.5 Využití dočasné ochrany .....	30
4. Závěr .....	31

## 1. Úvod

Materiály a z nich vyrobené předměty jsou po celou dobu své životnosti namáhány jak funkčně, tak i vlivem okolního prostředí. To může mít za následek, že výrobek ztrácí své vlastnosti, vzhled i stav. Jelikož je nejčastěji znehodnocen tak, že je nejdříve napaden jeho povrch a z něho se pak dále vada šíří do nitra, věnuje se povrchovým úpravám materiálů velká pozornost a za tímto účelem vznikl i obor „povrchových úprav“, který zasahuje do všech hospodářských odvětví a svým významem rozhoduje o tom, jak dlouho výrobek vydrží, jak bude vypadat a také kolik bude stát. Tento obor je začleněn i do naší státní ekonomiky a díky němu se ušetří i tolik potřebné finance.

Jen škody způsobené korozi se kvalifikovaně odhadují na 4 % hrubého domácího produktu. V České republice je to přibližně 25 mld. korun ročně. Proto má dnes ve většině firem zabývajících se produkcí zejména kovových, ale i nekovových výrobků, nezastupitelné místo právě povrchová úprava materiálů. Povrchových úprav se nejvíce využívá hlavně ve strojírenství i když převážná část technologie povrchových úprav je chemická. Aby povrch výrobku mohl odolávat vlivům a namáháním patří mezi nejčastější požadavky povrchových úprav otěruvzdornost, žáruvzdornost, tvrdost, ale i vzhled a hlavně korozivzdornost. Korozivzdornost patří mezi nejdůležitější požadavky na povrchovou úpravu a koroze je i nejčastějším důvodem snižování životnosti a spolehlivosti povrchu materiálu.

**Korozi** lze specifikovat jako samovolné rozrušování kovů vlivem reakce s okolním prostředím, což se na materiálu projevuje různě, např. úbytkem materiálu a tvorbou korozních produktů nebo změnou vlastností materiálu, jako třeba změnou tažnosti nebo pevnosti.

Aby nedocházelo ke změnám na materiálu korozi, je třeba povrchy kovů nějakým způsobem chránit. Tuto ochranu můžeme rozdělit do dvou skupin, a to na ochranu trvalou, kam se řadí hlavně povlaky - kovové, nekovové a organické a ochranu dočasnou, kam řadíme konzervační prostředky, antikorozi obalové materiály. Korozi lze také ovlivnit správným zvolením materiálu, u kterého budeme dobře znát jeho fyzikální a mechanické vlastnosti a dále pak jeho chování za různých podmínek v různých prostředích. Koroze však nepůsobí jenom na kovy ale také např. i na plasty, dřevo, sklo, beton a mnoho dalších.



U dřeva je kladen důraz hlavně na odolnost vůči UV záření, vodě, zašpinění a také na vzhled. Navíc u dřeva hrozí další nebezpečí, a to, napadení dřevokazným hmyzem, houbami nebo plísněmi, a proto by měla být aplikována i ochrana před biologickým poškozením.

U betonu působením CO<sub>2</sub> spolu se srážkovou vodou dochází k postupné karbonatizaci, což se projevuje snižováním pH. Snižování pH betonu je vyvoláváno i reakcí s dalšími škodlivými látkami přítomnými v ovzduší. To má negativní vliv hlavně na betonové konstrukce, kde snižování pH prochází do stále hlubších částí až dosáhne železné výztuže a tím dojde ke zvětšování jejího objemu narůstající vrstvou oxidů železa. Dojde k obnažení prvků výztuže a ztrátě její pevnosti a stále postupující celkové destrukci železobetonové výztuže.

U plastů a skla se vhodnou povrchovou úpravou může předejít např. poškrábání, zlepší se otěruvzdornost, tvrdost, pevnost a zvýší se životnost.

## 2. Rozdělení povrchových úprav

### 2.1 Předběžné úpravy povrchu

Každý materiál se musí před samotnou povrchovou úpravou řádně připravit, čímž se zajistí celková kvalita výrobku. Samotná předběžná příprava je pak jedním ze základních činitelů ovlivňujících životnost povrchových úprav.

#### 2.1.1 Mechanická úprava povrchu

U těchto úprav je hlavním účelem očistit povrch a tím zlepšit mechanické vlastnosti povrchu a zajistit podmínky pro co nejlepší přilnavost následujících vrstev.

#### Omílání



Provádí se ve velkých bubnech nebo zvonech za pomoci působení omílacích těles na omílané výrobky dochází k úběru materiálu a jeho vyhlazování. Omílané výrobky se společně s omílacími tělesy různě převalují a překlápí (obr.1). Používá se hlavně při velkém množství malých dílců ve velkých sériích. Při omílání dochází k vyhlazování povrchu jak brusnou, tak i leštící metodou a docílíme mimo jiné i zaoblování hran, odstraňování ostřin nebo okují i k povrchovému zpevňování součástí. Jako omílací prostředky se používají umělé korundy, kovový ale též i organický materiál, navíc se přidává chemický prostředek, který při omílacím procesu čistí jak omílané výrobky, tak i omílací tělesa. [4]

Obr.1 – omílací tělíska s omílanými tělesy [7]

#### Broušení, leštění a kartáčování

Broušení je jemné obrábění nástrojem opatřeným brusivem, přičemž se výchozí povrch postupně vybrušuje na stále nižší drsnost. Postupuje se od nejhrubších brusiv k jemnějším. Po této operaci by mělo následovat leštění, což je odstraňování nejjemnějších stop po předchozím jemném broušení. Provádí se leštícími nástroji, na které jsou nasazeny

leštící kotouče. Na výši lesku má hlavní vliv leštící pasta. Ta by se měla volit podle tvrdosti leštícího kotouče. Při předlešťování platí, že čím tvrdší kotouč, tím mastnější pasta a při dolešťování měkký kotouč a sušší jemnější pasta. Po broušení a před leštěním se většinou aplikuje i kartáčování, a to kvůli zjemnění upravovaného povrchu, respektive k odstranění oxidické vrstvy, která vznikla po předchozím broušení. Dle metody se používají drátěné, ale i měkké kartáče z umělých nebo přírodních vláken. [2]

## Otryskávání

Při otryskávání jsou vrhány na předmět volná zrna různých materiálů, které na předmět vhání stlačený vzduch, tlaková voda, metací kolo nebo kombinace tlaku, vzduchu a vody. Zrno pak podle své tvrdosti, tvaru, velikosti a rychlosti dopadu na předmět vykoná odpovídající práci, a to čištění od korozních produktů, zbytky starého nátěru, písku, grafitu apod. (obr. 2), dále pak dodání vhodné drsnosti povrchu upravovaného výrobku.

Ostrá tvrdá zrna působí podle úhlu dopadu a vysekávají z povrchu částice kovu, přičemž zbaví předmět nečistot, rzi, okují a výsledný povrch je podle velikosti a druhu otryskávaného materiálu příslušně zdrsňen.

Při dopadu tupých a tvrdých zrn naproti tomu nedochází k úběru materiálu, ale povrch se otloukáním očistí, zpevní a upravený povrch je pokryt malými důlky.

Pro otryskávání se nejčastěji používají zrna z korundu, ocelová drť, balotina, kuličky, sekaný drát nebo v některých případech skořápky ořechů. [2]



*Obr.2 – aplikace otryskávání před a po operaci [8]*

## Speciální způsoby

U rozměrných kovových předmětů, jako jsou části konstrukce, nádrže, dopravní zařízení, vodní stavby aj. se aplikace tradičních předběžných úprav aplikuje velmi špatně. Proto je nutno provádět úpravu speciálními způsoby.

Mezi speciální způsoby lze zařadit i kartáčování, tím se často odstraňují volné zbytky korozních produktů. Pro čištění ocelových předmětů se používají kartáče z ocelového rovného nebo vlnitého drátu. Pro úpravu povrchu neželezných kovů jsou vhodnější dráty z jiných materiálů, např. ze slitin mědi-mosazi a bronzu. Čištění lze provádět ručně nebo strojně. Kartáčováním však nelze skoro nikdy dosáhnout dokonalého odstranění všech nečistot. V pórech kovu zůstávají zbytky koroze, která se může za určitých podmínek znovu rozšiřovat pod nátěrem. V takovém případě je nejvhodnější pro dokonalé očištění povrchu použít kartáčování v kombinaci s chemickým čištěním.

Oklepávání – touto metodou se odstraňují pevně lpící okuje a silné vrstvy korozních produktů na rozměrných předmětech, u kterých nemůže dojít k deformaci. Používají se většinou pneumaticky poháněná zařízení, která pohybují ocelovými dráty, kladívky, trny, apod.

Opalování plamenem – při tomto způsobu se povrch, ze kterého byly jinými způsoby (např. kartáčováním) odstraněny volně ulpívající zbytky koroze, přejíždí speciálním hořákem s kyslíkoacetylenovým plamenem. Následkem rozdílné roztažnosti korozních produktů a základního kovu se rez uvolňuje a je tlakem plynů odfukována. Zbylá rez se vysušuje a unikají z ní těkavé sloučeniny urychlující korozi. [5]

Čištění kapalinou o vysokém tlaku – Vodní paprsek o velké výtokové rychlosti je vrhán na upravovanou plochu. Užívá se k odstraňování hrubých nečistot, případně k odstraňování podkorodovaných starých nátěrů. Tato technologie vyžaduje speciální vysokotlaké zařízení a je závislá na možnosti čištění odpadních vod. [2]

### 2.1.2 Chemické a elektrochemické úpravy povrchu

Chemické a elektrochemické úpravy povrchu mají především význam v odstraňování nečistot z povrchu materiálu před následujícími úpravami.

Nečistoty, které mohou ulpět na kovovém povrchu během nejrůznějších výrobních procesů a s nimiž se při čištění povrchu setkáváme, lze zhruba rozdělit do dvou skupin:

a) Ulpělé (cizí) nečistoty - jsou k povrchu kovu vázány pouze adhezními silami. Patří sem především všechny zbytky mastných látek (např. zbytky konzervačních prostředků, brusných a leštících past, vrtacích emulzí, aj.), kovové nečistoty (např. kovový prach a kovové třísky), nerozpustné anorganické nečistoty (např. prach z ovzduší, grafit, zbytky brusiv a leštících prostředků). Protože sem patří převážně mastné látky, označuje se proces, kterým jsou odstraňovány jako odmašťování.

b) Vlastní nečistoty - jsou vázány k povrchu kovu chemisorpsí a jsou tedy s povrchem spojeny určitou chemickou vazbou. Jde o tzv. korozní zplodiny, které vznikají na povrchu kovu chemickou přeměnou kovu při reakci s prostředím. Jsou to jednak okuje, jež se skládají z oxidů kovu a vznikají chemickou korozí při tepelném zpracování a jednak rez, která je složena z hydratovaných oxidů kovu a která se tvoří pomalým působením atmosférické vlhkosti většinou za normální teploty převážně elektrochemickými ději. [2]

### **Odmašťování**

Používá se pro odstranění všech druhů ulpěných nečistot z povrchu, a to jednak vodou nesmáčené (ulpěné nečistoty), a to i vodou smáčené (vlastní nečistoty).

Lze rozdělit na odmašťování :

a) V organických rozpouštědlech: Nejjednodušší způsob odmašťování s vysokou čistící mohutností při poměrně jednoduchém čistícím procesu. Nelze však použít na vlhké povrchy a odstraňovat heteropolární nečistoty (anorganické soli, pot, otisky prstů) a likvidace použitých rozpouštědel je obtížná. Používá se například petrolej, benzín.

Rozpouštědla z řady chlorovaných uhlovodíků (trichlorethylen a perchlorethylen) jsou nehořlavá a poměrně stálá. Přes tyto velmi dobré vlastnosti je vzhledem k obtížným způsobům likvidace a negativním vlivům na životní prostředí jejich používání nadále nevhodné a neperspektivní. [2]

b) Ve vodných alkalických roztocích: Univerzální způsob čištění povrchu, vhodný pro většinu výrobků. Je vhodné zejména pro odstraňování rostlinných a živočišných tuků (které po působení zmýdelňují), avšak nehodí se pro minerální oleje a tuky, které jsou chemicky odolnější a nedají se tímto způsobem odstranit. Nedoporučuje se však používat u výrobků, které mají drobné dutiny anebo jsou příliš členité, mají kapilární otvory apod., neboť voda se po odmaštění z takových míst špatně odstraňuje a povrch po sušení koroduje. [5]

Použitím elektrického proudu je možné zintenzivnit a zlepšit odmaštění v alkalických roztocích. Elektrolyzou dochází k disociaci látek alkalického roztoku. Na katodě se pak vylučuje vodík a alkalický kov, který je nestálý a slučuje se ihned s vodou na alkalický hydroxid. Je-li předmět katodou, je odmašťování zintenzivněno chemickým působením koncentrovaného hydroxidu a mechanickým odtrháváním mastnot vznikajícími bublinami vodíku. Zde ale hrozí možnost difúze vodíku do povrchu materiálu. Na anodě se kovy rozpouštějí a vylučuje se kyslík, který je opět schopen zintenzivnit mechanickým účinkem odmašťování.

Lze tedy elektrolytické odmašťování rozdělit podle způsobu zapojení předmětu v lázni na katodické, anodické a katodicko–anodické.

Do skupiny odmašťování v alkalických roztocích lze zařadit i použití s ultrazvukem a odmašťování s použitím vodní páry, neboť jde jen o zvýšení účinnosti alkalických odmašťovacích roztoků.

c) *Vodnými tenzorovými prostředky*: Řadí se mezi nejmladší technologie. Čištění probíhá v lázních, které jsou tvořeny tenzorovými přípravky na bázi amion–kation aktivních či neionogenních tenzorů s řadou dalších přísad. Většinou jde o prostředky slabě alkalické s nízkým obsahem solí. Provozní teploty jsou oproti alkalickým vodným prostředkům podstatně nižší (50 – 60° C) a doba odmašťování je poměrně krátká (1 – 10 minut).

d) *V emulzích*: Spočívá v ponořování předmětů do organického rozpouštědla, které obsahuje určité množství organických emulgátorů. Rozpouštědlo rozpouští mastnoty, snižuje jejich viskozitu, přičemž penetraci rozpouštědla do vrstvy nečistot podporuje přítomný emulgátor. Po určité době se tělesa z rozpouštědla vyjmou a opláchnou se ve vodě, přitom se jak nečistoty, tak použitá rozpouštědla odstraní z povrchu ve formě vodné emulze. [2]

## **Moření**

Moření, někdy označované jako odokujování, je chemický proces odstranění oxidů kovů vzniklých na povrchu materiálu předchozím tepelným zpracováním. Podle druhu zpracovávaného materiálu je volena vhodná kyselina. Pro uhlíkové oceli to je nejčastěji kyselina chlorovodíková (HCl), popř. v současnosti už méně kyselina sírová (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Moření vysoce legovaných, tzv. antikoročních ocelí probíhá ve směsné kyselině tvořené roztokem kyseliny dusičné (HNO<sub>3</sub>) a kyseliny fluorovodíkové (HF).

K moření mědi a měděných slitin je to stále kyselina sírová ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Kyselina fosforečná ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) je používána k moření výjimečně, spíše k fosfatizaci nebo odrezování. [11]

Při použití kyseliny sírové dochází k vnikání trhlinkami a póry do vrstvy okují a rozpouštění převážně  $\text{FeO}$  (je to ta část okují, která se stýká s kovem) a kovový povrch. Tlak vodíku jenž vzniká při rozpouštění kovu odtrhává okuje, které klesají ke dnu.

Při použití kyseliny solné dochází k rozpouštění kysličníku železa většinou na chlorid železnatý  $\text{FeCl}_2$ , např. dle rovnice:  $\text{FeO} + \text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . Jen malé množství odpadá čistě mechanicky působením vodíku. Kovový povrch je tedy kyselinou solnou mnohem méně napadán, než kyselinou sírovou.

Urychlení procesu je základním ekonomickým požadavkem technologie. Dosahuje se toho např. pohybem lázně či předmětů, anebo koncentrací mořidla. Rychlosti moření u kyseliny solné a sírové jsou rozdílné, u kyseliny sírové je možno obdržet pro průmysl celkem užitečné časy moření jedině za vyšších teplot přes  $60^\circ \text{C}$ , zatímco u kyseliny solné lze rychlost moření řídit změnou koncentrace (pracuje se za normální teploty i z důvodu výparů, které otravují okolí).

Také přítomnost solí má velký vliv na rychlost moření. Používáním se kyselina vyčerpává, a proto se doplňuje. Nelze to však opakovat mnohokrát, protože nastává obohacení lázně solemi, které ovlivňují průběh moření. Může docházet k vyloučení solí na předmět při jeho vyjímání. [5]

K nejčastějším potenciálním nebezpečím pro upravovaný materiál v povrchových úpravách patří především poškození vodíkem. Ten vniká do upravovaného materiálu při operacích moření a při všech katodických procesech v elektrolytech. Atomární vodík difunduje do materiálu a pokud nedojde k jeho bezprostřednímu odstranění způsobuje zkřehnutí tohoto materiálu. [6]

Pro ochranu kovu před napadením kyseliny a tím vnikání vodíku do kovu se používají inhibitory, což jsou vysokomolekulární organické látky, povrchově aktivní, které se přidávají v malé koncentraci do mořící lázně, vytvářejí tak na povrchu oceli tenkou ochrannou vrstvičku proti vnikání vodíku do kovu.

Elektrochemického úběru materiálu se používá také při elektrolytickém moření. Různé způsoby elektrolytického moření se od sebe liší jednak druhem použitého proudu a způsobem zapojení, jednak druhem elektrolytu. Při *katodickém* zapojení je mořený předmět katodou. Anodou jsou desky z tvrdého olova (někdy také grafitové nebo křemíkové oceli). Tímto způsobem se rozrušují a rozpouštějí okuje za významné podpory vodíku, který odtrhuje okuje. Při *anodickém* zapojení předmětu neuniká vodík, takže se materiál nemůže přemořit. *Katodicko-anodické* moření se používá proto, aby se odstranily nevýhody samostatného anodického nebo katodického pochodu. Předmět se nejdřív zapojí jako katoda, čímž se kysličníky okují zredukuje na FeO, který se při přepólování na anodu snadno rozpouští. Anodickým zapojením se rovněž odstraní nebezpečí vodíkové křehkosti. Při zapojení jako *středový vodič* je výhoda v tom, že není třeba přímého kontaktu v proudovém zapojení na předmět či drát. Porušení kontaktů může mít totiž za následek místní přehřátí materiálu vznikem elektrického oblouku. [5]

## **Odrezování**

Technologie, při které se z povrchu ocelových předmětů, které jsou pokryty pouze rzi (nejsou přítomny okuje) odstraňují korozní zplodiny.

Podstata chemického odrezání spočívá ve dvou způsobech:

- v odstranění rzi minerální kyselinou, která obsahuje inhibitory a látky usnadňující penetraci (oplachové odrezovače)
- v převedení korozní vrstvy na komplexy s vysokou adhezí k povrchu kovu tvořící anodickou ochranu kovu (bezoplachové odrezovače)

Rez je možné odstraňovat z povrchu oceli většinou kyselin. Nejčastěji se však používá odrezovačů na bázi kyseliny fosforečné. Odrezování je možné provádět ponorem do lázně nebo natíráním. [2]

## **Leštění**

Leštícího účinku lze dosáhnout chemicky nebo elektrochemicky. Chemickým způsobem se provádí ve speciálních leštících lázních, jejichž složení je stanoveno pro ocel i další kovy. Při elektrolytickém leštění na základě zvýšené koncentrace proudokřivek na vrcholcích nerovností dochází k intenzivnějšímu odleptávání vrcholků oproti prohlubním a



tím se celková výška nerovnosti snižuje až do určité mírné vlnitosti povrchu. Předmět se zavěšuje jako anoda a jako katoda slouží olověná deska. Tímto druhem leštění lze docílit větší odrazivosti povrchu než u mechanického leštění, avšak je náročný z hlediska likvidace lázní a hygieny práce. [2]

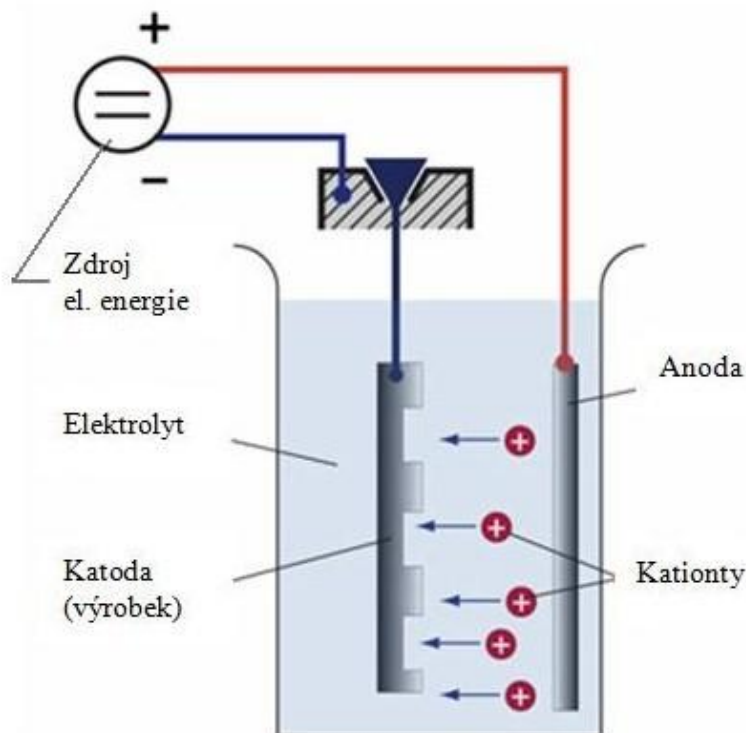
## **2.2 Kovové povlaky**

Zakotvení kovových povlaků na základním materiálu spočívá v několika základních způsobech:

- 1) Mechanický způsob – spočívá v nanesení ochranného povlaku či materiálu tlakem a používá se k vytváření tlustších ochranných povlaků.
- 2) Fyzikální způsob – je založen na fyzikálních procesech a dějích – tuhnutí, difúzi, kondenzaci, resp. napařování a naprašování kovů.
- 3) Chemický a elektrochemický způsob – je založen na chemických případně elektrochemických reakcích základního a povlakového kovu. [2]

### **2.2.1 Elektrolytické pokovování**

Jestliže do elektrolytu vložíme dvě kovové elektrody a připojíme je ke svorkám vnějšího stejnosměrného zdroje napětí, vznikne uvnitř elektrolytu mezi elektrodami elektrické pole, které vyvolá usměrněný pohyb iontů v roztoku. Kladné ionty (kationty) se začnou pohybovat ke katodě (elektrodě připojené k záporné svorce zdroje), záporné ionty (anionty) se pohybují k anodě (elektrodě připojené ke kladné svorce zdroje). Při průchodu elektrického proudu elektrolytem dochází - na rozdíl od kovového vodiče - k přenosu látky (obr.3). [12]



Obr.3 - Schéma principu pokovení [9]

Jako elektrolyt se používají většinou kyselá nebo alkalická lázeň, která umožňuje navázání a přenos kationů kovu, kterým pokovujeme. Nejčastěji to je nikl, měď, chróm a zinek.

Volba technologického postupu galvanického pokovování závisí na druhu zboží, druhu lázně, stavu povrchu zboží a technologickém vybavení galvanovny. Vlastnímu pokovení předchází dokonalá příprava povrchu, neboť přestup kovového iontu z roztoku na povrch katody a jeho začlenění do krystalové mřížky vyžaduje dokonale čistý a aktivovaný povrch. Velmi důležitý je též způsob zavěšení pokovovaných předmětů v elektrolytu a rozložení proudokřivek vzhledem k tvaru součástí. Předměty se pokovují ve vanách, v bubnech nebo na závěsech, zavěšených na dopravnících.

### Niklování

Niklování se řadí mezi nejstarší a nejrozšířenější způsob pokovování. Využívají se buď jako mezivrstva při chromování a nebo jako konečný povlak, kde se ale hodí spíše do podmínek kde hrozí velmi lehká nebo lehká koroze. Za podmínek středních a těžkých nikl koroduje. [5]

V běžné praxi se používá několik základních typů niklovacích elektrolytů. Dle způsobu použití lze tak vybrat nejvhodnější složení základní lázně.

Síranové lázně – Z těchto síranových elektrolytů lze vylučovat jemnozrné matné povlaky s malým vnitřním pnutím. S přidavkem různých leskutvorných přísad lze vylučovat i povlaky pololesklé a lesklé.

Chloridové lázně – Nositelem kovu v lázni je chlorid nikelnatý. Zvýšeným obsahem chloridů lze pracovat s vyššími proudovými hustotami bez nebezpečí pasivace anod. Lázně mají vysokou vodivost, avšak i některé nevýhody oproti cínovým lázním. Je to např. křehkost vyloučeného povlaku, silná agresivita lázně. Z chloridových lázní lze po přidavku leskutvorných a vyrovnávacích přísad vylučovat vysoce lesklé niklové povlaky.

Síranohořečnaté lázně – Tyto lázně jsou již zastaralé a spíše se hodí pro provozy s nižším technickým vybavením a tam, kde jsou kladeny velké nároky na výsledný povlak. V lázni je přítomen mimo síranu nikelnatého i síran hořečnatý. Vyloučené povlaky jsou jemnozrné a matné.

Fluoroboritanové lázně – Lázně s vysokou koncentrací kovu, takže je možno pracovat s vysokými proudovými hustotami. Lázně mají vysokou vodivost a vylučovací rychlost. Nejvíce se používá v galvanoplastice.

Sulfamátové lázně – Obdobné výhody jako lázně fluoroboritanové. Nevýhodou je vysoká cena základních chemikálií. Využití v galvanoplastice.

Lázně pro speciální účely – Niklovací lázně obohacené nevodivými částicemi karbidu křemíku, které se vylučují společně s niklem. Vytváří se tak povlak, který při následném chromování vytváří mikroporézní chromový povlak. Zvyšuje se tak korozní odolnost.

Černé niklování – Tyto povlaky jsou určeny jako dekorativní nebo pro použití v optice a elektronice. Nejsou vhodné jako protikorozní ochrana. Povlaky obsahují mimo niklu i další kovy a organické látky, jako je např. zinek, síra, siřník nikelnatý a další. [2]

## **Mědění**

Mezi nejvíce používané typy mědicích lázní patří elektrolyty kyanidové a lázně kyselé s leskutvornými přísadami. Dále existuje několik speciálních typů mědicích lázní, jako jsou např. lázně pyrofosforečnanové, fluoroboritanové, citranové a vinanové. [2]

## **Chromování**

Chrom je pro své přednosti, hlavně tvrdost, otěruvzdornost a odolnost proti atmosférické korozi za normálních i zvýšených teplot výhodným povlakem pro uzavírací vrstvy v systému ozdobně-ochranných povlaků i pro povlaky funkční.

Lesklý chromový povlak si svůj lesk udržuje velmi dlouho a vrstvy se dají eventuálně snadno mechanicky leštit. Tenčí vrstvy povlaku se využívají u dekorativních prvků, zatímco silnější vrstvy se díky své tvrdosti a odolnosti využívají pro další mechanické zpracování. [2]

Vylučování chromu z chromovací lázně se provádí za použití tzv. nerozpustných anod. Anody jsou olovené, tj. prakticky nerozpustné (musí se čistit). Tohoto způsobu se využívá tehdy, když kov při použití rozpustné anody by přecházel do roztoku v nevhodné formě, která by se nepříznivě projevila na průběh elektrolýzy. Kdyby bylo použito chromových anod, přecházel by chrom do roztoku ve formě trojmocné sloučeniny chromu, která je ve větším množství nevhodná. Poněvadž chrom musí být ve formě šestimocné, používá se při doplňování lázně kyselina chromová, která vzniká rozpouštěním kysličníku chromového. V lázni také musí být kyselina sírová. Aby se dosáhlo kvalitního povlaku musí se velmi přesně dodržovat parametry lázně - hlavně proudová hustota a teplota. [5]

## **Zinkování**

Elektrolytickým vylučováním zinkového povlaku, zejména na ocelových součástkách, se využívá anodového ochranného účinku zinku (zinek reaguje na okolní prostředí a vznikají tak korozní zplodiny, odolné vůči další korozi), zvláště tam, kde jsou tyto součástky vystaveny vlivům atmosféry nebo vody. Zinek je oproti oceli méně ušlechtilým kovem, proto jí poskytuje anodickou ochranu. Životnost zinkového povlaku lze ještě výrazně zvýšit chromátováním nebo fosfátováním.

V praxi se používá několik základních typů elektrolytů, ze kterých lze vylučovat matné i lesklé zinkové povlaky.

Kyanidové lázně – Zinek je v lázni obsažen ve formě zinečnanu a komplexního kyanidu. Lázně mají velmi dobrou hloubkovou účinnost. Proudový účinek je však malý a velká nevýhoda je práce se silně jedovatým kyanidem. S leskutvornými přísady vznikají lesklé povlaky.

Bezkyanidové alkalické lázně – Vhodné zejména pro hromadné procesy. Vyloučené povlaky jsou matné.

Slabě kyselé lázně – Nejmodernější typ lázní. Vyznačují se vysokou rychlostí vylučování, tažností povlaku i dobrou hloubkovou účinností.

Kyselé lázně – Vhodné pro kovování pásů a drátů díky tomu, že pracují při vysokých proudových hustotách. Povlaky jsou hrubší. [2]

### **Cínování**

Cín patří mezi kovy s dobrou korozní odolností. Kromě toho má i další výborné vlastnosti jako je pájitelnost, nejedovatost, dobré třecí vlastnosti, apod., proto se využívá v mnoha odvětvích průmyslu. Cín je možno vylučovat z alkalických i kyselých lázní.

Alkalické lázně – Dobrá hloubková účinnost a rozptyl, ale delší vylučovací doby.

Kyselé lázně – Používají se nejvíce lázně síranové, které většinou pracují s leskutvornými přísadami a vylučují lesklé povrchy. [2]

### **Stříbření**

Lázně pro stříbření jsou založeny výlučně na bázi kyanidů. Stříbro má jako ušlechtilý kov snahu vylučovat se na součástkách z oceli, bronzu, zinku, apod. Tím se značně snižuje přilnavost povlaků. Z tohoto důvodu je nutno předupravit základní materiál tak, aby byla zaručena co největší adheze. Obvykle se používá předniklování a předstříbření v lázních s velmi malou koncentrací kovu. [2]

### **Mosazení**

Slitinový mosazný povlak se pro své specifické vlastnosti používá v průmyslu mnohem méně než např. povlaky měděné. [2]

### 2.2.2 Chemické pokovování

Chemické pokovování poskytuje nejkvalitnější povlaky, jejichž tloušťka může být větší než 50  $\mu\text{m}$ . Podstatou procesu je vylučování 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. Výhodou chemického pokovování je především jednoduché zařízení pro vlastní pokovení a neomezená hloubková účinnost lázně, což znamená možnost pokovení uvnitř dutin, v potrubí, apod. Nevýhodou je menší vylučovací rychlost a regenerace nebo výměna lázně po jejím vyčerpání.

Bez použití elektrického proudu lze vylučovat povlaky z cínu, kadmia, kobaltu, mědi, niklu, olova, palladia, stříbra, zlata, chromu, železa a některých slitin.

Chemicky lze kovové povlaky vylučovat:

- Ponorem do roztoků kovových solí (většinou síranů).
- Potíráním – užívá se zejména pro rozměrná tělesa a aplikují se roztoky kovových solí, ve kterých mohou být i prášky kontaktních kovů.
- Vyvařováním, tj. ponorem do vroucích roztoků kovových solí. Tyto lázně vylučují dobře přilnavé tenké vrstvy, ale velmi pomalu.
- Kontaktem – kovový předmět, který se má pokovit se vodivě spojí s elektronegativním materiálem (např. Al nebo Zn). Kontaktní kov se rozpustí, ušlechtilější kov se z roztoku vylučuje na předmětu, jenž má být pokován. Používá se pro kovy, které se jinými způsoby špatně vylučují nebo pro dosažení větších tloušťek.
- Redukčně – do roztoku kovové soli se přidávají další roztoky, jež umožňují vyredukování kovu, jenž se pak vylučuje na kovovém nebo nekovovém základním předmětu.

Mědění a mosazení je nejdůležitější způsob chemického pokovení na bázi výměnné reakce. Nejjednodušším způsobem chemického mědění oceli je ponoření součástí do modré skalice. [2]

Cínování železa je obtížné, lépe lze chemicky vylučovat cín na mědi a mosazi. Získané vrstvy jsou dobře přilnavé, stejnoměrné, ale velmi tenké. [5]

Chromování – Nejlépe se zakotvuje u součástí, které jsou poměděné. Rychlost vylučování je malá (asi 2 mm za hodinu). Korozní odolnost je ovšem dobrá.

Niklování – se rozšířilo zejména po zavedení redukčního způsobu. Vzhledem k aplikacím, i k poměrně nejvíce propracované technologii patří chemické niklování k nejčastějším způsobům chemického pokovování. Niklovací lázně se používají buď kyselé nebo alkalické. Kyselé lázně jsou více rozšířeny. [2]

### **2.2.3 Žárové stříkání kovů**

Principem žárového stříkání kovu, neboli metalizace je nanášení natavených částic kovu speciálními pistolemi na povrch předmětu (pomocí proudu stlačeného vzduchu). Podle typu zdroje energie, který se používá k tavení stříkaného materiálu lze rozdělit metalizaci na plynovou, elektrickou a plazmovou. Materiál se do trysky metalizační pistole dodává buď v kapalném stavu, v prášku nebo v podobě drátu.

Pro dobrou přilnavost nastříkaného kovu na základní materiál je závislý na čistotě a drsnosti povrchu. Proto je vhodné zavést před stříkáním otryskávání nebo obrábění u válcových předmětů. [2]

### **2.2.4 Žárové pokovení v roztavených kovech**

Princip spočívá v tom, že předměty předem očištěné se přes tavidlo ponořují do roztaveného kovu. Povlak se vytvoří v případě, že dojde k reakci mezi základním a povlakovým kovem. Protože povlakové kovy jsou tekuté při procesu a tuhé za běžných podmínek, je tento způsob omezen na čtyři technické povlakové kovy a to zinek, cín, hliník a slitiny olova. Samotné olovo se pro žárové pokovení nehodí, protože nereaguje s ocelí. [2]

Žárové zinkování – zinkový povlak poskytuje dobrou korozní odolnost – pro většinu případů po celou dobu životnosti výrobku. Kromě toho je značně odolný proti mechanickému poškození. Životnost tohoto povlaku v atmosféře je dána tloušťkou povlaku a agresivitou atmosféry. Protože koroze zinku je rovnoměrná, lze pak na základě údajů o tloušťce povlaku

a korozní rychlosti snadno vypočítat životnost povlaku. Žárové zinkování probíhá při teplotě 440 – 470 °C.

Žárové cínování – povlaky cínu na oceli chrání ocel před korozi a dodávají povrchu krásný lesk. Povlak však musí být bezpórovitý, čehož lze většinou při tomto způsobu pokovení docílit. Cínuje se i litina. Teplota tání cínu je 232 °C. Cínuje se při teplotě 235 – 380 °C.

Žárové hliníkování – Hliníkový povlak má dobrou odolnost v atmosféře. Kromě toho však má značnou žáruvzdornost. Teplota tání hliníku je 650 °C a hliníková lázeň má teplotu 700 °C. Regulace tloušťky povlaku se provádí buď válci v hladině lázně nebo vzduchovou tryskou.

Žárové olovění – Olovo má schopnost odolávat korozi i v silně agresivních prostředích, jako jsou výpary některých kyselin, oxid siřičitý a jiné chemické látky. Odolnost olova je způsobena tím, že se na jeho povrchu vytváří (např. v kyselině sírové) vrstvička soli olova, která je těžko rozpustná ve vodě a ve zředěných kyselinách. Aby olověné povlaky chránily předměty proti korozi, je nutné, aby byly bezpórovité. Pro zvýšení přilnavosti olověného povlaku k železu se přidává do olova cín a antimon, které se železem reagují. [3]

## **2.2.5 Chemicko – tepelné zpracování**

Je způsob, při kterém se difúzně sytí povrchy oceli různými prvky (kovy i nekovy) a případné tepelné zpracování. Cílem je dosáhnout rozdílných mechanických vlastností nebo fyzikálně – chemických vlastností povrchu a jádra součásti. Základem je změna chemického složení povrchové vrstvy při zachování houževnatosti jádra. [3]

### **Cementování**

Způsob, při němž se povrch oceli sytí uhlíkem. Cílem je získání vysoké tvrdosti a odolnosti povrchu proti opotřebení při zachování houževnatého jádra oceli.

Vhodné pro cementování jsou nízkouhlíkové oceli (0,1 – 0,3 % C). Povrchová vrstva se obohatí uhlíkem na eutektoidní nebo těsně nad eutektoidní koncentraci (0,8 – 1,0 % C). Požadované vlastnosti cementované součásti získají až po tepelném zpracování (kalení a popouštění). Ocel se cementuje v rozmezí teplot 850 – 950 °C v několika prostředích. Nacementované vrstvy mívají tloušťku 0,5 až 1,5 mm (někdy až 4 mm).



Cementování v sypkém prostředí (v prášku) – Výrobky jsou v uzavřených krabicích a jsou zasypány práškovou směsí mletého dřevěného uhlí se 7 až 20 % uhličitanu barnatého ( $\text{BaSO}_3$ ).

Cementování v plynném prostředí – Cementační atmosféry jsou složité směsi plynů  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ . Atmosféra se získá tzv. krakováním směsi kapalných uhlovodíků. Dále je třeba použít plynotěsných šachtových elektrických pecí s nucenou cirkulací atmosféry.

Cementování v kapalném prostředí – Používají se lázně roztavených chloridových solí s přísadou kyanidů ( $\text{KCN}$  a  $\text{NaCN}$ ), které jsou aktivními složkami lázně. Tyto lázně jsou však jedovaté a tak se moc nepoužívají. [3]

### **Nitridování**

Způsob, při němž se povrch oceli nasycuje dusíkem. Cílem je získat velmi tvrdou povrchovou vrstvu. Výhodou nitridování oproti cementaci je to, že se požadovaných vlastností dosáhne již při vlastním procesu nitridace. Odpadá tedy následující tepelné zpracování.

Povrch nitridované součásti se nasycuje dusíkem za teploty 500 – 550 °C na koncentraci až 12 % N. Zdrojem dusíku je čpavek, který s povrchem oceli disociuje. Tloušťka nitridované vrstvy bývá v rozmezí 0,2 – 0,6 mm a tvrdost se pohybuje v rozmezí 1000 – 1200 HV. [3]

### **Nitrocementování a karbonitridování**

Oba postupy jsou charakteristické tím, že sycení povrchu oceli se provádí zároveň uhlíkem i dusíkem.

Rozdílné jsou teploty pochodu, množství C a N v povrchové vrstvě a způsob, kterým se dosahuje požadovaných vlastností vrstvy. [3]

### **Termodifuzní chromování**

Uskutečňuje se při teplotách 900 – 1300 °C ve směsích prášků, v plynu a ve směsích roztavených solí. Dosahuje se tak vysoké korozní odolnosti a žáruvzdornosti. Tloušťky vrstev dosahují 0,05 – 0,3 mm. Doba chromování je 1 až 12 hodin podle způsobu a požadované tloušťky. [2]

## **Termodifuzní zinkování**

Provádí se dvěma způsoby. Nejčastější způsob je tzv. scherdzování, které spočívá v žihání předmětů ve směsi práškového zinku a křemičitého písku při teplotách 350 – 410 °C. Proces nasycování zinkem trvá 1 až 10 hodin a dosahuje se tloušťky vrstev 0,03 až 0,08 mm.

Méně častý způsob spočívá v nasycování povrchu zinkem v parách zinku při teplotách 700 až 1000 °C v peci s atmosférou vodíku. [2]

## **Termodifuzní hliníkování**

Využívá se z důvodu zvýšené žáruvzdornosti a korozní odolnosti. Proces probíhá při teplotách 700 – 1100 °C po dobu 0,5 – 6 hodin, přičemž se dosahuje tloušťky vrstvy 0,1 až 0,8 mm. Nejčastěji se provádí v práškových směsích, v roztaveném hliníku. [2]

### **2.2.6 Mechanické pokovování**

Principem je vytvoření povlaku z jemného práškového kovu, rozptýleného ve formě vodné suspenze ve vsázce pokovovaných předmětů se skleněnou balotinou, umístěnou v rotujícím vícebokém bubnu nebo zvonu. Působením kinetické energie balotiny a součástí dochází k postupnému navalování kovového prášku na povrch předmětu a vzniku fyzikální vazby mezi částicemi prášku a pokovovaným povrchem. Pro úspěšnou tvorbu povlaku je nezbytné aktivovat všechny zúčastněné kovové povrchy, což se provádí přidávkou směsi vhodných chemických látek tzv. promotorů.

Nejčastěji se pokovuje zinkem, slitinami Cu-Sn a Zn-Sn. Při mechanickém pokovování se výrazně snižuje nebezpečí vzniku vodíkové křehkosti. [2]

### **2.2.7 Laserové vytváření povlaku**

Proces vytváření povlaku je možno řídit dvojitým způsobem. Buď se roztaví prakticky jen přídatný materiál a pouze velmi tenká vrstvička základního materiálu. V tomto případě jde o laserové navařování.

Druhá možnost spočívá v tom, že kromě přídatného materiálu se roztaví i základní materiál do značné hloubky, takže podíl prvků pocházejících ze základního materiálu je pak v povlaku též značný. Tento postup byl nazván povrchovým legováním. [2]

### **2.2.8 Iontová implantace**

Tato technologie se řadí mezi velmi progresivní technologie povrchových úprav. Je to proces zavádění příměsí do materiálu ve formě urychlených iontů. Pronikání atomů do mřížky není závislé na difúzi a je částečně ovlivněno poruchami krystalické mřížky a oxidickým povlakem. Velkou výhodou této metody je, že se aplikuje na výrobek jako konečná operace (bez jakýchkoliv následujících úprav) a že nenastávají žádné rozměrové změny. [2]

### **2.3 Nekovové anorganické povlaky**

Ochranná funkce těchto povlaků vychází z charakteru těchto materiálů a způsobu jejich vytváření, přitom chrání především bariérovým způsobem (např. smalty), případně změnou korozní odolnosti (např. pasivace, oxidace) materiálu i dalšími způsoby (např. katodicky u anorganických povlaků a vrstev s obsahem zinku). Vazby nekovových povlaků jsou obdobně jako u kovových povlaků od způsobu jejich vytváření a jsou mechanické, fyzikální a chemické. [2]

#### **2.3.1 Konverzní povlaky a vrstvy**

Tenkým nekovovým povlakům resp. vrstvám, které vznikají přeměnou základního upravovaného materiálu nebo jeho kovového povlaku chemickými nebo elektrochemickými reakcemi, říkáme konverzní. Jsou to uměle vytvořené povlaky oxidů, fosforečnanů a chromanů kovů, přičemž tyto povlaky se vytvářejí směrem od povrchu do materiálu.

#### **Oxidace oceli**

Provádí se černění oceli ve vodných alkalických lázních, kdy se vytváří na povrchu kovu tenký oxidický povlak hnědočerné až černé barvy, který zlepšuje vzhled i korozní odolnost výrobků.

Při alkalickém černění vzniká reakcí koncentrovaného louhu s železem za přítomnosti oxidační látky železnatá sůl ( $\text{Na}_2\text{FeO}_2$ ), která se působením oxidačních látek ( $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{NaNO}_3$ ) oxiduje na sůl železitou ( $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_4$ ). Při vzájemném působení železnaté a železité soli se tvoří přesycený roztok oxidu železnoželezitého, který krystalizuje na povrchu výrobků a vytváří černý povlak.

## **Oxidace hliníku**

Používá se jako ochrana proti korozi, kterou tvoří uměle vytvořený oxid hlinitý ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) na hliníkových součástech. Elektrochemický proces vytvoření oxidického povlaku spočívá v anodické oxidaci hliníku ve vodném roztoku kyseliny sírové, resp. chromové, kdy je předmět zapojen jako anoda a katoda je hliníková nebo olověná.

## **Fosfátování**

Patří mezi nejrozšířenější způsoby chemické úpravy povrchu oceli, při kterém se na povrchu oceli vytvářejí nerozpustné krystalické terciární fosforečnany zinku, vápníku a manganu. Důležitou vlastností fosfátování je jejich schopnost vázat na sebe některé organické látky (např. vazelíny, impregnační oleje a především nátěrové hmoty).

## **Chromátování**

Je to nejrozšířenější způsob pasivace. Nejobvykleji používané chromátové povlaky jsou vytvářeny chemickou reakcí chromu s kovovým povrchem v přítomnosti jiných složek, tzv. aktivátorů, v kyselé chromátovací lázni. [2]

### **2.3.2 Keramické smaltování**

Smalty jsou typickým představitelem nekovových anorganických povlaků. Jejich ochranná funkce spočívá ve vytvoření bariéry z nerozpustného, celistvého povlaku nataveného na podkladovém kovu, který izoluje kov od působení agresivních prostředí. Základní podmínkou této funkce je vyhovující přídržnost a neporéznost povlaku.

Smalty – jsou v podstatě skla modifikovaných vlastností, které umožňují jejich přilnavost k povrchu kovů. Smalt chrání bariérovým způsobem, a proto nesmí být povlak pórovitý, což do značné míry zaručuje jeho dostatečná tloušťka.

Vrstvy smaltu se na povrch nanášejí poléváním, máčením nebo stříkáním a po vysušení se vypalují při 800 až 950 C°. [2]

### **2.3.3 Vysokotavitelné keramické povlaky**

Vysokotavitelné keramické povlaky – oxidy, karbidy, nitridy, koridy a fernety. Lze je nanášet žárovým stříkáním[2]

### **2.3.4 Anorganické nátěry**

Vyznačují se velkým obsahem zinku (90 – 95 %), jako pojivo křemičitan olovnatý a vytvrzují se reakcí s fosforečnany. Nanášejí se natíráním nebo stříkáním. Ocel katodicky chrání jako jiné zinkové povlaky a mají i podobné použití. [2]

### **2.3.5 Vyzdívky a obklady**

Mají za úkol především chránit nosný materiál proti těžkým korozním podmínkám a abraznímu a tepelnému vlivu prostředí. Jako obkládací a vyzdívkové materiály se nejčastěji používají dlaždice, cihly nebo bloky kameninové, porcelánové, skleněné nebo z kyselinovzdorného betonu, zakládané do hydraulických nebo kyselinovzdorných tmelů. [2]

## **2.4 Organické povlaky**

Ochranný účinek organických povlaků je založen především na bariérovém principu. U některých, kde by pro malou tloušťku ochranné vrstvy byl bariérový účinek omezený, je ještě doplňován inhibičním působením látek v nich obsažených. [2]

### **2.4.1 Organické povlaky z nátěrových hmot**

Představují nejrozšířenější způsob povrchové úpravy výrobků. Je to dáno poměrně vysokým ochranným účinkem nátěrových systémů a zároveň i snadností a dostupností způsobů vytváření těchto povlaků.

Nátěr je definován jako souvislý povlak požadovaných vlastností vzniklý nanesením a zaschnutím jedné nebo několika nátěrových vrstev na upravovaném povrchu. Podle počtu nanesených vrstev se rozeznávají nátěry jedno a vícevrstevné, které se dělí do skupin podle vlastností a účelu, vzhledu a pořadí v nátěrovém systému.

Nátěrovými hmotami nazýváme tekuté až prstovité hmoty, které pokud jsou naneseny v tenké vrstvě na povrch předmětu, vytvářejí souvislý film.

Základními složkami nátěrových hmot jsou filmotvorné složky, pigmenty, plnidla a těkavé složky.

Filmotvorné složky jsou převážně netěkavé organické látky, které mohou vytvářet tuhý souvislý film různé tloušťky. Jsou to vysychavé oleje (lněný, tungový), přírodní pryskyřice (kalafuna, šelak, kopály a jiné) používané zejména v kombinaci s jinými filmotvornými látkami, deriváty celulózy (nitrocelulóza, acetylcelulóza a jiné), deriváty kaučuku (chlorovaný kaučuk, cyklizovaný kaučuk), asfalty (přírodní a získané z ropy) a syntetické pryskyřice (alkalidy, epoxidy, vinylové polymery a celá řada dalších).

Pigmenty jsou nejčastěji oxidy kovů nebo solí. Rozdělujeme je dle jejich funkce při ochraně proti korozi do tří skupin:

1. Inhibiční – suřík, zinková žluť, olovičitan divápenatý, zinkový prach a jiné.
2. Neutrální – chroman olovnatý, titanová běloba, oxid železitý a jiné
3. Stimulující – grafit, saze, některé oxidy železa

Pigmenty jednotlivých skupin se ve styku s chráněným kovem chovají za přítomnosti vody a kyslíku, případně jiných látek rozdílně. Inhibiční pigmenty korozi zpomalují, neutrální nemají na průběh koroze vliv a stimulující korozi zjevně zrychlují. [4]

Plnidla jsou jemně rozemleté minerální látky (těživec, mastek, křída a jiné) nerozpustné v pojivech, které vhodně upravují technologické vlastnosti, např. zabraňují smrštění filmu po uschnutí apod. [5]

Těkavé složky umožňují nanesení nátěrové hmoty na chráněný povrch, čímž je jejich funkční úloha v podstatě splněna. Není žádoucí, aby zbytky těkavých složek zůstaly v nátěrovém filmu.

Rozpouštědla se volí podle rozpustnosti filmotvorných složek. Nejběžnější jsou toluen, xylen, etylalkohol, aceton a další. Podle rychlosti odpařování se dělí na lehká, střední a těžká.

Ředidla jsou rozpouštědla nebo jejich směsi, kterými se upravuje tekutost nátěrových hmot na předepsanou vhodnou konzistenci pro určitou technologii nanášení. [4]

## **2.4.2 Povlaky z plastů**

Povlaky z plastů se vytvářejí z řady polymerů jako např. polyvinylchloridu, polyethylénu, polyesteru, epoxidu, polyamidu, teflonu, teflexu, akrylátu a celulózy, nejen jako protikoroziční ochrana, ale i jako ochrana proti opotřebení, lepivosti, atd.

Povlaky z plastů se nejčastěji nanášejí žárovým stříkáním, vířivým (fluidním) nanášením, naprašováním v elektrostatickém poli vysokého napětí, plátováním a nanášením plastisolu. [2]

### **Žárové stříkání plastů**

Je v podstatě podobné práškové metalizaci, rozdíl je ve způsobu tavení prášku. Tepelná vodivost plastů je řádově dvakrát až třikrát nižší než u kovů a k natavení zrn v celém průřezu během letu by bylo třeba teploty, při níž by docházelo k rozkladu povrchu částic. A proto se používá trysek, u nichž je omezen přímý styk plamene s částicemi plastů a nižších teplot nosného prostředí tak, že se natavuje jen povrch částic. Celkové dotavení a slnutí nastává účinkem tepla předeřhátého předmětu a vlivem plamene pistole. Podmínkou dobré jakosti je vhodná rychlost nástřiku a krátká doba působení tepla, aby nenastával rozklad nanášeného plastu. [2]

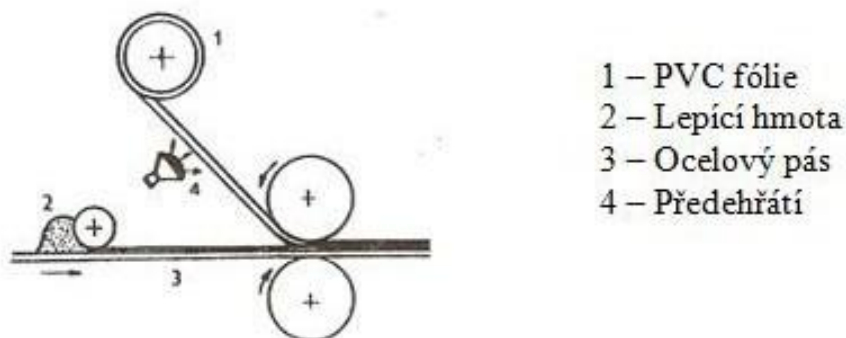
### **Vířivé nanášení**

Princip této metody spočívá v tom, že se předeřháté předměty se ponořují do zčeřeného prášku. Předeřhátý předmět se ve zčeřeném prášku plastu obalí a vlivem akumulovaného tepla se tento obal slévá v celistvý povlak. Víření prášku se provádí pórovitou vložkou ve dně nádoby, do které se vhání tlakový vzduch. Provzdušněním prášku nabývá tento vlastností kapaliny, nastává turbulentní proudění prášku (fluorizace) a součásti se tak dobře ponořují do práškového plastu. Zařízení pro vířivé nanášení pozůstává z nádoby s dvojitým dnem. Vnitřní dno tvoří pórovitá vložka. Do prostoru dvojitého dna je vháněn tlakový vzduch. [2]

### **Plátování plasty**

Plátováním se upravují zejména měkké hlubokotažné oceli a slitiny lehkých kovů. Jako povlakové materiály se používají různé termoplasty, polyetylén a polyamid. Jsou to především kovové pásy a plechy, ale i dráty a trubky opatřené povlaky z plastů, které spojují

dobré pevnostní vlastnosti kovů s korozní odolností, izolační schopností a barevností plastů. Plátovaný drát se vyrábí na speciálních vytlačovaných lisech. Plátují se též vnější nebo vnitřní povrchy trubek. Nanášení plastů na kovové pásy naválcováním je zobrazeno na obr.4.



Obr. 4 – princip nanášení plastu na kovové pásy metodou naválcování [10]

### Nanášení plastisolu

Důležitým faktorem pro nanášení je tekutost a viskozita plastisolu. Při vyšší viskozitě roste tloušťka a zhoršuje se rovnoměrnost povlaku. Po nanesení povlaku je nutno provést úplnou homogenizaci povlaků, tj. dokonalé rozpouštění polymerů ve změkčovadlech – želatinace.

Povlaky z měkčeného PVC mají pěkný vzhled, barevný odstín, jsou pružné proti otěru a abrazi. Jsou použitelné do teplot 60 – 80 °C. [2]

### Naprašování práškových plastů v elektrickém poli vysokého napětí

Touto technologií lze nanášet široký sortiment práškových hmot, přičemž pro své všestranné uplatnění jsou nejvhodnější především epoxidy. Této technologii se používá i k nanášení na předměty členité a rozměrné. Za studena, tj. bez předehřívání lze vytvářet povlaky o konečné tloušťce 30 až 150 mikronů, při předehřívání je možno docílit také i tloušťky až několik mm. Použitím elektrostatičkého zařízení se docílí téměř bezztrátového využití prášku. Při tomto způsobu nanášení prášku je tento injekčním sacím účinkem dopravován z nádrže do pistole. Zde jsou práškové částice nabíjeny. Náboj u elektrostatičkých pistolí dodává generátor vysokého napětí a nebo u elektrokinetičkých pistolí je získán otěrem o stěnu teflonového nástavce pistole.



Na stříkaném předmětu je prášek přidržován až do vytvrzení (natavení) především silou elektrostatického náboje. Konečná vytvrzovací teplota se pohybuje v rozsahu 160 – 220 °C po dobu 2 až 20 minut (dle druhu plastu). [2]

## **2.5 Dočasná ochrana**

Dočasná protikorozní ochrana je ochrana proti atmosférické korozi nechráněných kovových povrchů výrobku či zařízení po dobu jejich skladování či přepravy. Prostředky dočasné ochrany jsou konzervační prostředky (konzervační oleje, vosky, vazelíny, emulze, snímací laky, snímací hmoty, apod.) a antikorozi obalové materiály (papíry či fólie s vypařovacími nebo kontaktními inhibitory koroze, apod.)

Ochranný účinek konzervačních prostředků a antikorozi obalových materiálů je dán jednak jejich bariérovou ochranou (povlak konzervačního prostředku nebo obalový materiál zabraňuje přístupu vzdušné vlhkosti k nechráněnému kovovému povrchu) a zároveň inhibičním účinkem inhibitorů koroze v povlaku konzervačních prostředků či na obalovém materiálu zpomalujících či zamezujících korozní působení agresivních složek atmosféry (oxid siřičitý, chloridy, apod.)

Škála prostředků dočasné ochrany je velmi široká a výběr vhodného prostředku se musí provádět podle konkrétních vlastností výrobku či zařízení a podle podmínek prostředí, ve kterém budou skladovány či přepravovány. [2]

## **3. Využití jednotlivých typů úprav v praxi**

### **3.1 Využití předběžných úprav povrchu**

Využívají se hlavně za účelem zajištění požadované čistoty povrchu před samotným nanášením povlaku nebo úpravy povrchu.

#### **3.1.1 Využití mechanických úprav**

Omílání se používá pro vyhlazování povrchu jako brusná a leštící operace a je to technologie vhodná pro hromadnou úpravu menších dílců o velkých sériích. Broušení se zavádí hlavně pro odstranění hrubých nerovností nebo nedokonalostí povrchu materiálu, např. při úpravě odlitků a výkovků. Leštění je jedna z nejnákladnějších operací z mechanických úprav, proto se volí jen tam, kde jsou maximální nároky na jakost povrchu. Kartáčováním se odstraňují volné zbytky korozních produktů a používá se pro čištění kovových a neželezných

materiálů. Oklepávání se využívá u rozměrných těles a odstraňují se jím pevně lpící okuje a silné vrstvy korozních produktů. Opalování plamenem se odstraňuje rez na rozměrných předmětech. Čištění kapalinou o vysokém tlaku se využívá pro odstranění hrubých nečistot a podkorodované staré nátěry.

### **3.1.2 Využití chemických a elektrochemických úprav povrchu**

Odmašťováním se odstraňují ulpělé nečistoty, které jsou buďto tukového charakteru nebo to jsou nečistoty vázané adhezními silami (prach, kovové třísky, apod.). Moření se používá pro odstranění korozních produktů z povrchu kovu. Odrezování slouží k odstranění rzi z kovového povrchu. Leštění se aplikuje pro dosažení lesklého povrchu.

### **3.2 Využití kovových povlaků**

Využívají se buďto jako katodické ochranné povlaky (fungují jako katoda, jsou tedy ušlechtlejší) nebo jako anodické ochranné povlaky (ochranou funkci mají korozní zplodiny na povrchu povlaku)

#### **3.2.1 Využití elektrolytického pokovení**

Niklováním se potahuje měď, mosaz, případně i plastické hmoty. Měděné povlaky se používají jako mezivrstva při ochranném nebo dekorativním pokovování, jako mezivrstva při cínování, stříbření nebo zlcení ocelí, jako ochranný povlak proti cementaci oceli, v galvanoplastice nebo i jako dekorativní povlak. V posledním případě je však nutno vyloučený povlak chránit vhodným nátěrem proti koroznímu účinku vnější atmosféry. Chromování se díky své přednosti (tvrdost) používá pro uzavírací vrstvy v systému ozdobně-ochranných povlaků i pro povlaky funkční. Zinkování se používá zejména na ocelových součástkách. Cínování se využívá v mnoha odvětví průmyslu, ale nejvíce pro úpravu drobných součástek a v elektrotechnickém průmyslu. Stříbření se nejvíce používá v elektrotechnickém průmyslu, kde se využívá dobrých elektrických vlastností. Mosazení nachází největší uplatnění jako dekorační povlak žlutého kovu při výrobě galanterních předmětů a pro zlepšení přilnavosti pryže k oceli.

#### **3.2.2 Využití chemického pokovení**

Mědění a mosazení se používá pro ocelové dráty před tažením za studena, nebo pro hromadné úpravy drobných součástek. Cínování se používá hlavně na hliníku a jeho slitinách pro usnadnění zabíhání pístových strojů. Cínování mědi a mosazi se používá především pro

potřeby elektrochemického průmyslu. Chromování se používá na předměty, které potom slouží jako dekorativní. Niklování patří mezi nejčastější způsob chemického povlakování. Povlakuji se jím hliník, měď, mosaz, ale i plastické hmoty.

### **3.2.3 Využití žárového stříkání kovů**

Využívá se jako usnadnění nanášení povlaků na upravovaný předmět. Rztavený kov se nanáší speciálními pistolemi.

### **3.2.4 Využití žárového pokovení v roztavených kovech**

Žárovým zinkováním se upravuje široký sortiment výrobků (pásy, plechy, dráty, pletivo, řetězy, trubky, konstrukce, konstrukční díly a plechové spotřební zboží). Žárové cínování se používá zejména na pokovení plechů a zařízení pro potravinářské účely. Žárové hliníkování se průmyslově rozšířilo na hliníkování drátů a pásů. Žárové poolování se aplikuje na plechy, které se pak používají ke zhotovení palivových nádrží a pro zařízení chemického průmyslu.

### **3.2.5 Využití chemicko – tepelného zpracování**

Cementování se využívá u drobných součástí za získáním tvrdého povrchu. Nitridace se nejčastěji využívá pro ocele. Termodifuzní chromování se nejčastěji používá u součástí, které slouží jako dekorativní. Termodifuzní zinkování je nejmodernější a nejnovější technologií antikorozi ochrany a využívá se pro drobné součástky. Termodifuzní hliníkování se používá u nízkouhlíkových ocelí a žáruvzdorných slitin.

### **3.2.6 Využití mechanického pokovování**

Je technologie pro hromadné zpracování drobných součástí a nejvíce se využívá pro pokovování spojovacího materiálu a výrobků z ocelí s vyššími pevnostními parametry.

### **3.2.7 Využití laserového vytváření povlaků**

Jedna z technologií, kterými lze vytvářet slitinové povlaky na celé řadě kovových materiálů.

### **3.2.8 Využití iontové implantace**

Využívá se k vytvoření široké škály vlastností povrchů materiálů, zejména vlastností mechanických, protikorozních, elektrických a optických.

### **3.3 Využití nekovových anorganických povlaků**

Nekovové povlaky chrání materiály zejména barierovým způsobem nebo změnou korozní odolnosti.

#### **3.3.1 Využití konverzních povlaků a vrstev**

Oxidické povlaky na oceli mají většinou zvýšit ochranný účinek proti korozi a dodat povrchu materiálu určitý dekorační vzhled. Oxidace hliníku se používá pro povrchy hliníku a jeho slitin. Fosfátování se používá jako podklad před nanášením nátěrových hmot nebo pro záběh točivých strojních částí i když je lze s úspěchem použít i jako ochranné povlaky proti korozi. Elektrolytické zinkování a následná úprava zinkového povlaku chromátováním, je v současné době jedna z nejrozšířenějších povrchových úprav ocelových dílců. [2]

#### **3.3.2 Využití keramického smaltování**

Smaltování se nejčastěji využívá v potravinářském a chemickém průmyslu. [5]

#### **3.3.3 Využití vysokotavitelných keramických povlaků**

Využívají se na součástky, kde jsou kladeny podmínky na výbornou odolnost proti žáru a často i proti kyselinám a roztaveným kovům.

#### **3.3.4 Využití anorganických nátěrů**

Používají se pro ochranu kovů proti korozi

#### **3.3.5 Využití vyzdívky a obkladů**

Využívá se jako ochrana konstrukčních materiálů (konstrukční oceli a železobeton).

### **3.4 Využití organických povlaků**

Organické povlaky se využívají buďto formou nátěrových hmot a nebo jako povlaky z plastů

#### **3.4.1 Využití organických povlaků z nátěrových hmot**

Organické povlaky se dle druhu dají použít jako nátěry na ocel, železo, dřevo, plasty. Mají jak antikorozi ochranu, tak i dekorativní charakter.

#### **3.4.2 Využití povlaků z plastů**

Povlaků z plastů se díky své elektrické nevodivosti nejčastěji používají jako elektrická izolace, ale používají se i jako vnitřní povrchy trubek, plátují se jimi dráty a nanášejí se na kovové pásy.

### **3.5 Využití dočasné ochrany**

Používá se jako ochrana proti atmosférické korozi nechráněných kovových povrchů výrobků během jejich skladování nebo přepravě. [2,5]

#### 4. Závěr

V bakalářské práci jsou shrnuty všechny základní (a nejpoužívanější) druhy povrchových úprav a povlaků materiálu a jejich využití v praxi, i když jen formou rešeršního rozboru dostupných pramenů. Jako zdroje pro tuto práci jsem použil a nejvíce čerpal z literatury od autora Ing. Viktora Kreibricha, CSc., který se problematikou povrchových úprav materiálů zabývá velmi dlouho.

Téma povrchové úpravy a povlaky materiálů jsem si pro práci vybral z důvodu zájmu o tento obor a zároveň jsem si chtěl prohloubit znalosti a proniknout hlouběji do pro mne zajímavého odvětví. Nabyté poznatky jsem se snažil shrnout do své bakalářské práce.

Z prostudované literatury vyplývá, že povlaky lze shrnout do tří skupin, a to do kovových, nekovových a organických. V práci jsem se zaměřil více na kovové povlaky, u kterých je patrné, že technologie v tomto oboru jde stále dopředu a vznikají tak dokonalejší moderní metody ochrany povrchu předmětů, jako jsou laserové a iontové. U nekovových povlaků je způsob úpravy ustálený a nové průlomové metody nevznikají. Mezi nejpoužívanější metody se však stále pro svoji ekonomičnost a snadnost vytváření ochrany řadí nátěry, i když z hlediska antikorozi ochrany není dodnes znám absolutně pro vodu a plyny nepropustný polymer.

Lze tedy shrnout, že pro mnohé korozní systémy, kde se počítá s velkovýrobou drobných součástí s určitou životností je výhodné, zejména ekonomicky, použít pouze jeden druh ochrany. Na druhou stranu u větších konstrukcí, kde se očekává maximální funkčnost a dlouhá doba životnosti je lepší kombinovat dvě nebo více metod protikorozi ochrany. Ekonomicky nejdostupnější je použití katodické ochrany společně s ochrannými povlaky.

Dokud bude existovat koroze, budou existovat i povrchové úpravy a povlaky materiálu. Do výzkumu nových úprav jsou vkládány nemalé finanční prostředky a je jen otázka času, kdy další nové metody ochrany vzniknou. Velká naděje je vkládána např. do nanotechnologie.

## **Použitá literatura:**

1. Sedláček V. - Povrchy a povlaky kovů, ČVUT, 1992. 176 s. ISBN 80-01-00799-5
2. Kreibich, V. - Teorie a technologie povrchových úprav, ČVUT, 1999. 89 s.  
ISBN 80-01-01472
3. Suchánek, V., Stibalová, H., Kreibich, V. - Speciální technologie povrchových úprav, ČVUT, 1993. 115 s. ISBN 80-01-01018-X
4. Kreibich V. - Strojírenské materiály a povrchové úpravy, ČVUT, 1987. 80 s.
5. Dorazil, E., Hrstka, J. - Strojírenské materiály a povrchové úpravy, VUT Brno, 1988. 330 s. ISBN 55-607-88
6. Kreibich, V. - Příčiny a důsledky nevhodných aplikací povrchových úprav, ČVUT, 2004. 29 s.
7. Dostupné z: [http://www.wheelabratorgroup.cz/Omilaci\\_tehnika.htm](http://www.wheelabratorgroup.cz/Omilaci_tehnika.htm), staženo 10.4.2009
8. Dostupné z: <http://www.technosro.cz/tryskaci-systemy.php>, staženo 10.4.2009
9. Dostupné z: <http://www.galvanovnaomega.cz/pokov/pokoveni.html>, staženo 10.4.2009
10. Kreibich, V. - Teorie a technologie povrchových úprav, ČVUT, 1999, str. 85, článek Plátování plastů
11. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/moreni-kovu-z-pohledu-ekologie/>, staženo 10.4.2009
12. Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/elektrina/fyz4.htm>, staženo 10.4.2009