

ESF II projekt Západočeské univerzity v Plzni

reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/18_056/0013239



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

POVRCHY A JEJICH ÚPRAVY

■ Přednášky: doc. Ing. Olga Bláhová, Ph.D.

■ Skripta: Ing. Václav Kraus, CSc.

■ Obsah předmětu

- Povrch a jeho vlastnosti (struktura povrchu, vlastnosti)
- Porušování povrchu (koroze, opotřebení)
- Způsoby ochrany výrobků (úprava prostředí, volba materiálu, konstrukční řešení, elektrochemické a dočasné ochrany)
- Předběžné úpravy povrchu (mechanické, chemické)
- Organické povlaky (nátěry, plasty, technologie nanášení)
- Anorganické povlaky (konverzní vrstvy, žárové stříkání, smaltování)
- **Kovové povlaky a vrstvy** (žárové ponorem, postříkem, difúzní, fázovou transformací, chemické a **elektrochemické**, fyzikální a fyzikálně chemické)
- PÚ plastů
- **Hodnocení povrchových úprav - cvičení**



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

POUŽITÁ LITERATURA

V. Kraus:

POVRCHY A JEJICH ÚPRAVY [skripta]

ZČU Plzeň 2000

<http://tzs.kmm.zcu.cz/pou.htm>

M. Thürner, V. Trojan:

Technologie povrchových úprav a technologie

<http://www.ceu.cz/ippc/columns/technologie.asp>

Povrchová úprava

<http://www.povrchovauprava.cz>

Povrcháři

<http://www.povrchari.cz>



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

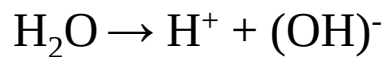
MT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Elektrolýza

elektrolyt:

vodič 2. typu
iontová vodivost

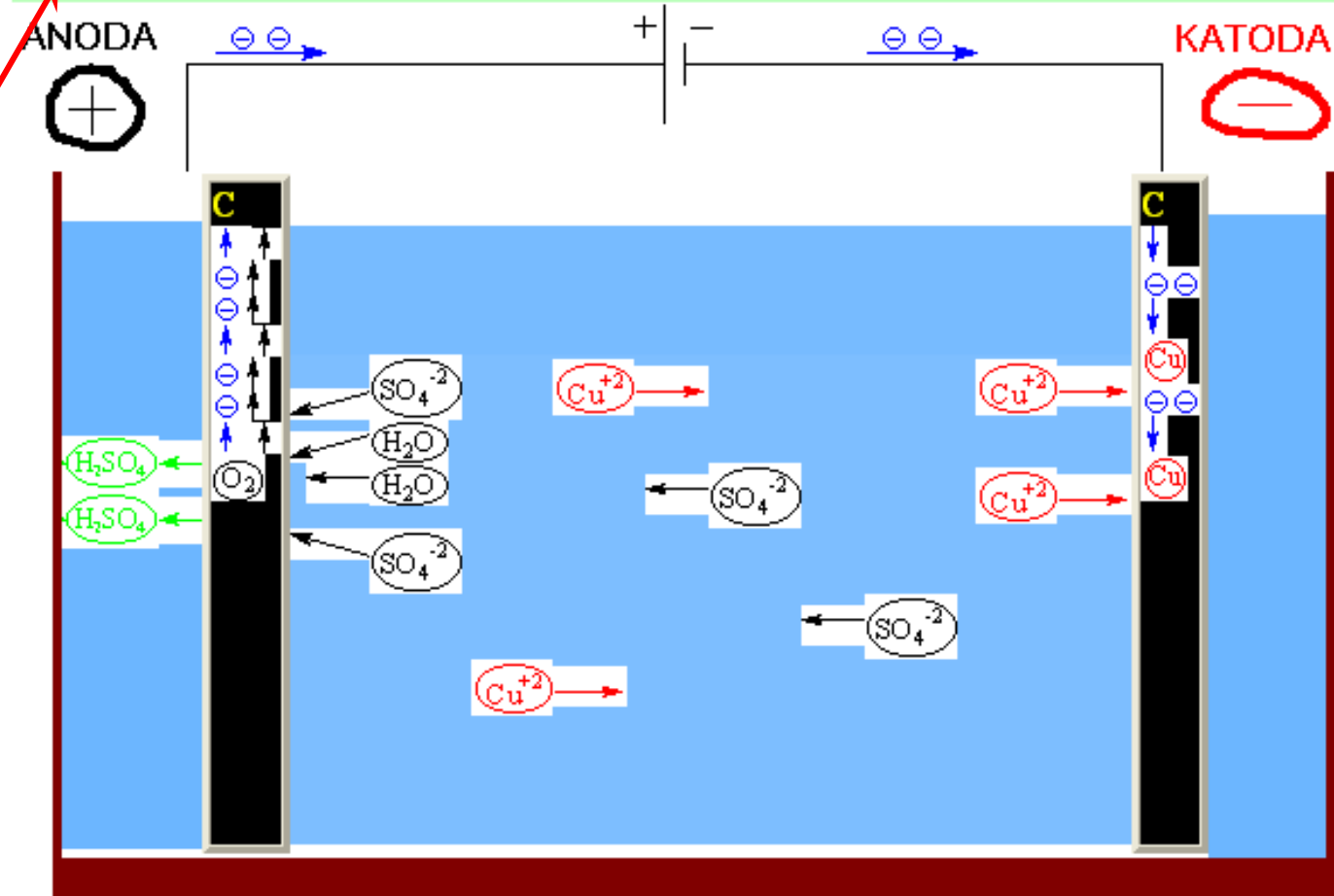
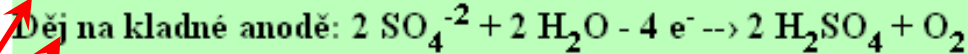
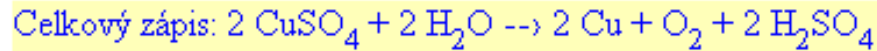
rozklad (disociace)
elektrolytu
ss proudem:



kovy →

kationty:
vyučování
na katodě
(redukce)

anionty:
oxidace na anodě



Periodická tabulka prvků

Vzácné
plyny

Prvky

elektronegovní

Polokovy

Kovy T

Kovy B

Group**

Period

Kovy A

1 IA 1A	2 IIA 2A											13 IIIA 3A	14 IVA 4A	15 VA 5A	16 VIA 6A	17 VIIA 7A	18 VIII 8A
1 <u>H</u> 1.008																	2 <u>He</u> 4.003
2 <u>Li</u> 6.941	4 <u>Be</u> 9.012											5 <u>B</u> 10.81	6 <u>C</u> 12.01	7 <u>N</u> 14.01	8 <u>O</u> 16.00	9 <u>F</u> 19.00	10 <u>Ne</u> 20.18
3 <u>Na</u> 22.99	12 <u>Mg</u> 24.31	3 IIIB 3B	4 IVB 4B	5 VB 5B	6 VIB 6B	7 VIIB 7B	8 ----- -----	9 ----- -----	10 VIII ----- -----	11 IB 1B	12 IIB 2B	13 <u>Al</u> 26.98	14 <u>Si</u> 28.09	15 <u>P</u> 30.97	16 <u>S</u> 32.07	17 <u>Cl</u> 35.45	18 <u>Ar</u> 39.95
4 <u>K</u> 39.10	20 <u>Ca</u> 40.08	21 <u>Sc</u> 44.96	22 <u>Ti</u> 47.88	23 <u>V</u> 50.94	24 <u>Cr</u> 52.00	25 <u>Mn</u> 54.94	26 <u>Fe</u> 55.85	27 <u>Co</u> 58.47	28 <u>Ni</u> 58.69	29 <u>Cu</u> 63.55	30 <u>Zn</u> 65.39	31 <u>Ga</u> 69.72	32 <u>Ge</u> 72.59	33 <u>As</u> 74.92	34 <u>Se</u> 78.96	35 <u>Br</u> 79.90	36 <u>Kr</u> 83.80
5 <u>Rb</u> 85.47	38 <u>Sr</u> 87.62	39 <u>Y</u> 88.91	40 <u>Zr</u> 91.22	41 <u>Nb</u> 92.91	42 <u>Mo</u> 95.94	43 <u>Tc</u> (98)	44 <u>Ru</u> 101.1	45 <u>Rh</u> 102.9	46 <u>Pd</u> 106.4	47 <u>Ag</u> 107.9	48 <u>Cd</u> 112.4	49 <u>In</u> 114.8	50 <u>Sn</u> 118.7	51 <u>Sb</u> 121.8	52 <u>Te</u> 127.6	53 <u>I</u> 126.9	54 <u>Xe</u> 131.3
6 <u>Cs</u> 132.9	56 <u>Ba</u> 137.3	57 <u>La*</u> 138.9	72 <u>Hf</u> 178.5	73 <u>Ta</u> 180.9	74 <u>W</u> 183.9	75 <u>Re</u> 186.2	76 <u>Os</u> 190.2	77 <u>Ir</u> 190.2	78 <u>Pt</u> 195.1	79 <u>Au</u> 197.0	80 <u>Hg</u> 200.5	81 <u>Tl</u> 204.4	82 <u>Pb</u> 207.2	83 <u>Bi</u> 209.0	84 <u>Po</u> (210)	85 <u>At</u> (210)	86 <u>Rn</u> (222)
7 <u>Fr</u> (223)	88 <u>Ra</u> (226)	89 <u>Ac~</u> (227)	104 <u>Rf</u> (257)	105 <u>Db</u> (260)	106 <u>Sg</u> (263)	107 <u>Bh</u> (262)	108 <u>Hs</u> (265)	109 <u>Mt</u> (266)	110 --- 0	111 --- 0	112 --- 0		114 --- 0		116 --- 0		118 --- 0

Prvky
elektropozitivní

Nekovy

Využití elektrolytických procesů

- elektrolytické leštění nerezových ocelí a slitin Cu
- elektrolytické odmaštění
- elektrolytické naleptání povrchu kovů před pokovením
- snímání zmetkových povlaků
- elektrolytické zpracování oplachových vod

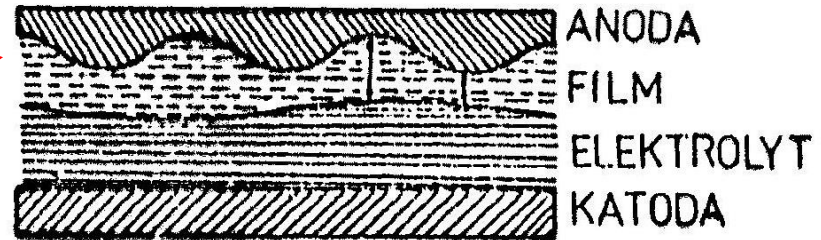
- **povrchové úpravy**

anodická oxidace hliníku

galvanické povlaky: (galvanostegie) podíl na produkci PÚ v ČR cca 5 %

použití:

- protikorozní ochrana
 - dekorativní vlastnosti
 - funkční vlastnosti povrchu: tvrdost, otěruvzdornost, nízký koeficient tření, elektrická vodivost, nízký přechodový odpor, odrazivost ...
 - renovace opotřeбенých součástí: tlusté vrstvy
- vytváření skořepin nebo folií - povlaky na modelech složitých tvarů: formy **(galvanoplastika)** nejčastěji Ni, tloušťka 0,8 – 3 mm, až 10 mm



Princip galvanického pokovování

Působení vnějšího ss elektrického pole →

- disociace elektrolytu → kationty kovů
- elektrochemická redukce:



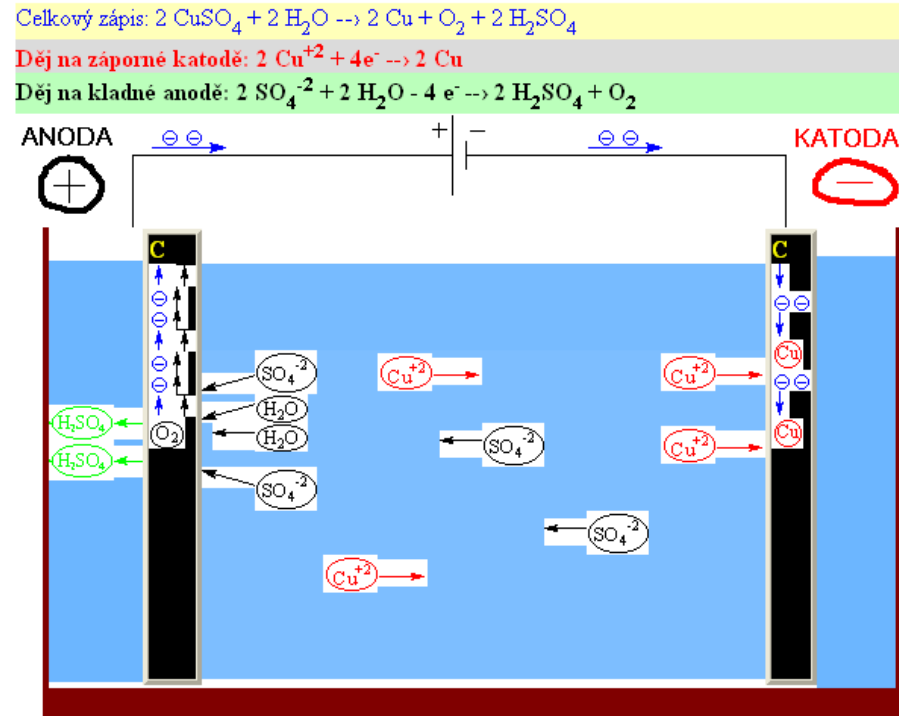
→ vytváření povlaků (čisté kovy, slitiny)
na elektricky vodivých površích (katoda)

Zdroje kovů:

1. elektrolyty (vodné roztoky)
kovové ionty v roztoku:
vodou rozpustné sloučeniny
(soli drahých kovů, Cr_2O_3 ...)
2. taveniny solí
3. nevodné roztoky organických rozpouštědel
4. rozpustné anody - uvolňování kovových iontů do roztoku $\text{Me} \rightarrow \text{Me}^{n+} + n e^-$

Materiály:

- kovy (slitiny)
- nejčastěji vylučované kovy: $_{24}\text{Cr}$, $_{28}\text{Ni}$, $_{29}\text{Cu}$, $_{30}\text{Zn}$ více než 90%



Galvanické lázně

- Kyselé (z jednoduchých solí)
- Alkalické

Složky:

- **Kovonosné (kovové) soli:** sírany, chloridy, dříve toxické kyanidy ...
 - **lázně s jednoduchými solemi**
lepší **proudová účinnost**
 - poměr mezi teoretickým a skutečně vyloučeným množstvím kovu
 - **lázně s komplexními solemi**
lepší **hloubková účinnost**
 - menší lokální rozdíly tloušťky povlaku
- **Pomocné látky:**
vliv na formu vylučovaného kovu a na technologické vlastnosti lázní
 - anorganické sloučeniny: kyseliny, zásady - stabilizace pH
 - silně disociované soli: úprava vodivosti, proudové a hloubkové účinnosti
 - organické látky, většinou povrchově aktivní
úprava vlastností vylučovaného povlaku:
vliv na velikost a uspořádání vylučovaných krystalů kovu

Galvanické lázně

- intenzivní míchání (pohyb katody, probublávání tlakovým vzduchem, injektory ...)
- zvýšená teplota
- katoda: vylučování plynného vodíku
- anoda: vylučování plynného kyslíku (ozónu), chloru ...

Ekologie:

- zbytky škodlivých sloučenin: aerosol, odpadní vody, tuhé odpady ...
- omezení vzniku aerosolu
 - vytvoření ochranné vrstvy pěny na hladině lázně
 - pokrytí hladiny inertními částicemi plastu - méně účinné
- ochranné pomůcky

Standardní elektrodové potenciály některých kovů

■ více kovů v elektrolytu:

nejprve se vylučuje kov
s nejkladnějším
potenciálem

■ vodíkové přepětí:

rozdíl mezi
skutečným
a teoretickým
potenciálem
vylučování vodíku
- různé pro různé kovy

kov	potenciál [V]	kov	potenciál [V]
Sodík	- 2,71	Cín	- 0,14
Hořčík	- 1,55	Olovo	- 0,12
Hliník	- 1,33	Vodík	0, 00
Zinek	- 0,76	Antimon	+ 0,20
Chrom	- 0,56	Měď	+ 0,34
Železo	- 0,44	Stříbro	+ 0,80
Kadmium	- 0,40	Rtuť	+ 0,86
Kobalt	- 0,29	Zlato	+ 1,36
Nikl	- 0,23		

Elektrochemický ekvivalent

- **chemický ekvivalent:**

poměr atomové nebo molekulové hmotnosti a mocenství (M / n)

- **gramekvivalent:**

chemický ekvivalent v [g]

- **elektrochemický ekvivalent:**

množství látky vyloučené nábojem 1 C:

$$A_e = (M / n) / F \text{ [g / As]}$$

M molární hmotnost [g / mol]

n mocenství kationtu

F Faradayova konstanta = 96 487 C / mol

- celkový elektrický náboj 1 molu látky úplně disociované nebo ionizované na částice s elementárním nábojem

Faradayovy zákony

- 1. **F. z.:** zákon stálého elektrochemického působení: množství vyloučené látky je přímo úměrné velikosti elektrického náboje Q [$C = As$]:

$$m = A_e \cdot Q = A_e \cdot I \cdot \tau$$

$$A_e = (M / n) / F \text{ [g / As]}$$

m hmotnost vyloučené látky [g]

A_e elektrochemický ekvivalent [g / As]

I proud [A]

τ čas [s]

$$m = (M \cdot I \cdot \tau) / (n \cdot F)$$

$$F = 96\,487 \text{ [C / mol]}$$

- 2. **F. z.:** zákon o ekvivalentech: množství různých látek (x, y) vyloučených na elektrodách průchodem stejného el. náboje jsou v poměru svých chemických ekvivalentů M/n :

$$m_x : m_y = (M_x / n_x) : (M_y / n_y)$$

m hmotnost [g]

M molární hmotnost [g / mol]

n mocenství kationtu



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Výpočet času pokovení

Proudový výtěžek: $r = m_{\text{skut}} / m_{\text{teor}} \cdot 100$ [%]

- katodický 20 - 90% - vliv vodíku
- anodický i přes 100% - rozpouštění anod

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot h \cdot S = A_e \cdot I \cdot \tau \cdot r \quad (1. F. z.) \rightarrow$$

Čas pokovení pro danou tloušťku: $\tau = (\rho \cdot h \cdot S) / (A_e \cdot I \cdot r)$

- m hmotnost vyloučené látky [g]
- V objem vyloučené látky [mm³]
- ρ hustota [g.mm⁻³]
- h tloušťka povlaku [mm]
- S plocha předmětu [mm²]
- A_e elektrochemický ekvivalent [g.A⁻¹.s⁻¹]
- I elektrický proud [A]
- τ čas [s]
- r proudový výtěžek [%]



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Podmínky elektrolýzy

Polarizace elektrod:

odpor systému elektroda-elektrolyt k probíhajícímu elektrochemickému pochodu

- **Koncentrační:** změna koncentrace iontů v blízkosti elektrod
 - snížení: míchání, vyšší T
- **Odporová:** potencionální spád ($E = I \cdot R$) na rozhraní elektroda-elektrolyt (má odpor R)
 - snížení: zvýšení vodivosti elektrolytu – chemické depolarizátory
- **Chemická:** dehydratace iontů při vylučování kovů
 - snížení: vyšší T

Rozkladné napětí E_r : minimální napětí pro nepřetržité vybíjení iontů ss proudem –
překonání polarizace elektrod

Svorkové napětí E_s : pro dosažení potřebné proudové hustoty:

$$E_s = E_r + I \cdot R$$

I - pokovovací proud

R - odpor elektrolytu



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Podmínky elektrolýzy

Složení pokovovacích roztoků →
krystalická stavba

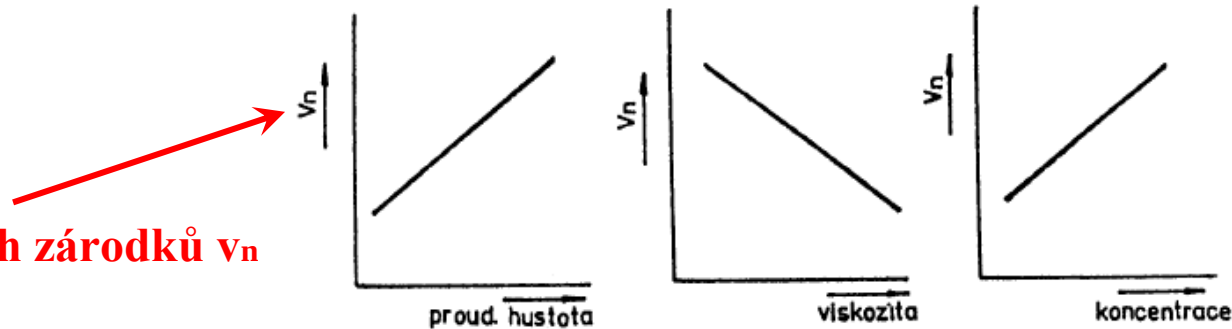
Lázně s jednoduchými solemi:

- Hrubozrnné povlaky - malá polarizace elektrod
- lepší proudová účinnost
poměr mezi teoretickým a skutečně
vyloučeným množstvím kovu

Lázně s komplexními solemi:

- Jemnozrnné povlaky - velká polarizace elektrod
- lepší hloubková účinnost:
menší lokální rozdíly tloušťky povlaku

Krystalická stavba povlaku



rychlost tvoření krystalových zárodků v_n
krystalizační rychlost v_r

jemnozrnné povlaky:

- velká v_n , malá v_r

první zárodky: na aktivních centrech (geometrické výčnělky, trhlinky ...)

- vytvoření aktivních center (např. leštěním) → zvýšení v_n → jemnější struktura

zvýšení rychlosti vylučování:

- zvyšování teploty a proudové hustoty

překročení optimálních hodnot → povlaky hrubě krystalické nebo s nízkou přilnavostí

- přídavek organických látek koloidního charakteru s adsorpční schopností - obalují jednotlivá krystalizační centra na katodě a zabraňují narůstání rozměrných krystalů

- leskutvorné přísady → vyloučení lesklých povlaků

- reverzační zapojení předmětů

- katodické zapojení (delší doba): na předmětu se vylučuje kov

- anodické zapojení (kratší doba): kov se rozpouští vyšší rychlostí na vrcholcích drsnosti
→ snížení drsnosti povrchu → lesklý povlak

Krystalická stavba povlaku

■ Průběh krystalizace:

- povlaky s převážující lineární rychlostí krystalizace (kolmo na povrch): vláknité resp. sloupkové krystality
- povlaky s krystalickými dvojčaty
- povlaky s periodickou tvorbou krystalizačních zárodků s omezeným růstem krystalů

■ Elektrokystalizace kovového povlaku:

- transportní reakce kationtů vylučovaného kovu k povrchu katody: difúze a migrace
- přestup iontů fázovým rozhraním elektrolyt-elektroda, reakce s elektrony, vznik vylučovaného kovu
- difúze adsorbovaných atomů - vznik krystalizačních zárodků
- růst krystalitů vylučovaného kovu

■ Krystalizační proces - vliv krystalické stavby podkladového kovu:

- vazba povlaku: koherentní nebo slitinová

■ Fyzikální vlastnosti povlaků - jiné než kovy vzniklé metalurgicky

jiná struktura, vliv dalších současně vylučovaných látek

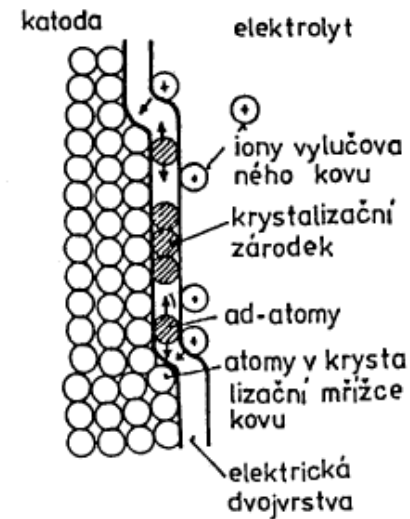
■ Nevýhody: pórovitost, vnitřní pnutí

■ Kyselé lázně:

rychlé, velká proudová katodová účinnost, malá hloubková účinnost
povlaky hrubozrnné, nestejněměrná tloušťka

■ Alkalické lázně:

pomalejší, menší proudová katodová účinnost, jemnozrnné, stejnoměrná tloušťka



Technologický postup

Předúpravy:

- - chemické odmaštění
- - elektrolytické odmaštění
- - moření
- - dekapování (aktivace povrchu)

Oplachy:

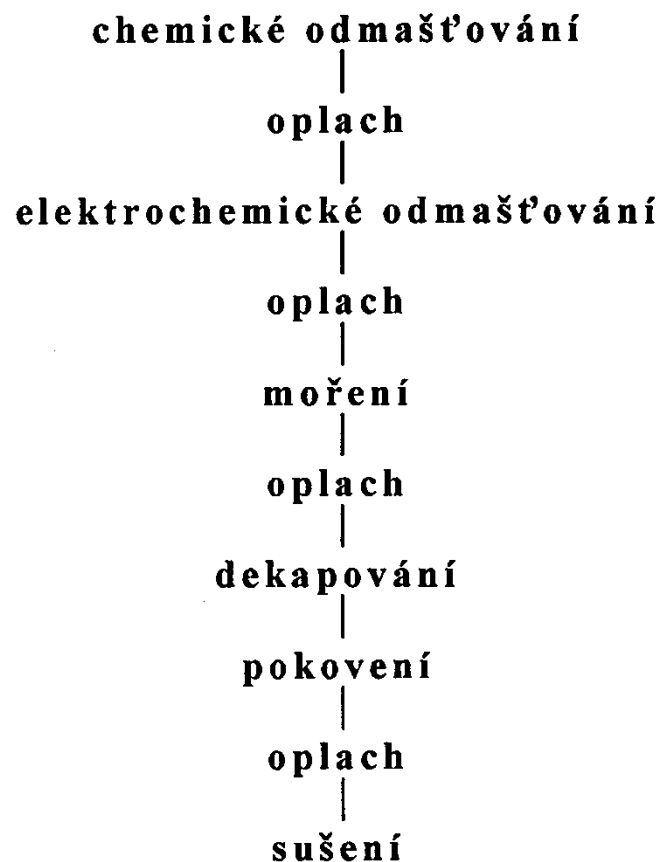
- - mezi jednotlivými operacemi - jednostupňové nebo více-
stupňové (čistá nebo demineralizovaná voda)

Pokovování:

- - ochranné povlaky (Zn, Cd, Sn, Pb ...)
- - dekorativní ochranné povlaky (Ni, Zn, Ag, Cu-Ni-Cr ...)
- - funkční povlaky (tvrdé chromování...)

Dokončovací operace:

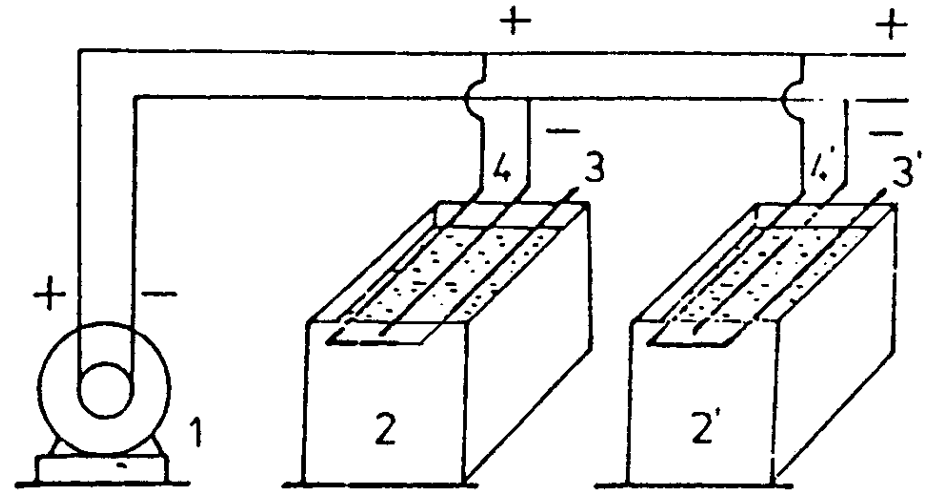
- - pasivace
- - chromátování
- - fosfátování
- - barvení
- - leštění



Zařízení pro galvanické pokovování

Zařízení dílny:

- zdroj a rozvod el. proudu
- regulační a měřicí přístroje
- vany: ocelový plech +
vyložení: pryž, polymer,
sklo, olovo, smalt ...
- vzduchotechnika
- přípravky
- filtrace
- mechanizace
- automatizace
- přidružená zařízení
předúpravy, dokončování



Zapojení van při galvanickém pokovování

1. dynamo
2. vany
3. anodové tyče:
- rozpustné, nerozpustné (grafit, nerez ocel, Pt ...)
4. katodové tyče

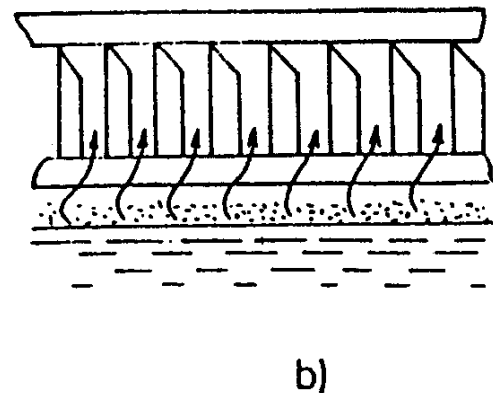
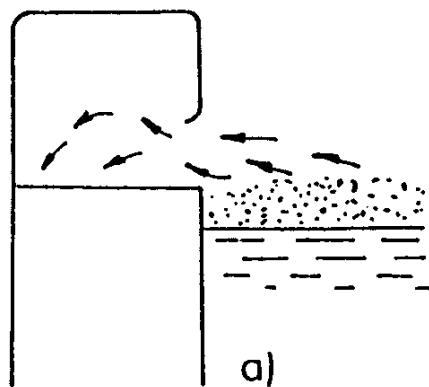
Zařízení pro galvanické pokovování

- soustava pracovních van s pracovními roztoky
- počet van - dle typu povlakového systému: jednovrstvý, dvouvrstvý, vícevrstvý
- objemy van - dle způsobu mezioperační dopravy, rozměrů výrobků, velikosti výrobní produkce: několik litrů až desítky m³

- míchání:
 - mechanické (pohyb katody)
 - čeření vzduchem
 - injektory
 - vyjimečně bez pohybu lázně

$$U = 4 - 15 \text{ V}$$

$$I = 1\,000 - 12\,000 \text{ A}$$



Odsávání výparů z lázní

a) Vana se štěrbinou

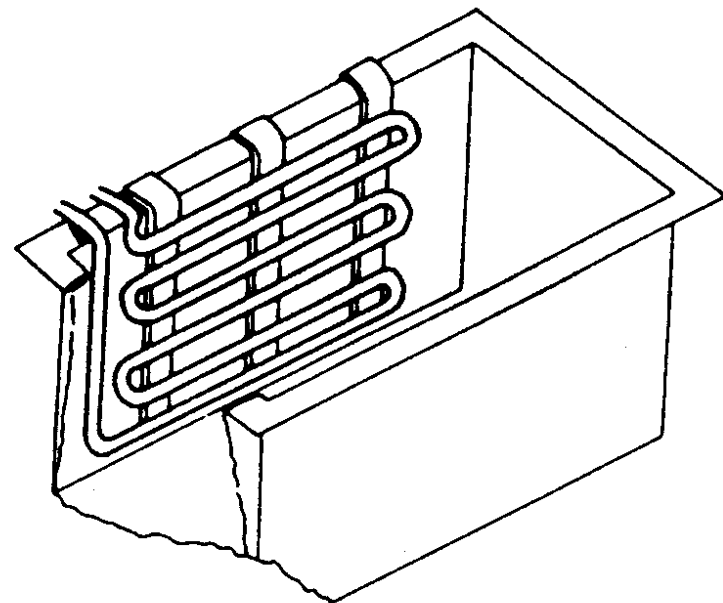
b) Říditelná soustava žaluziových klapek

Zařízení pro galvanické pokovování

Pokovování - dle tvaru, rozměrů, počtu kusů pokovovaných součástí:

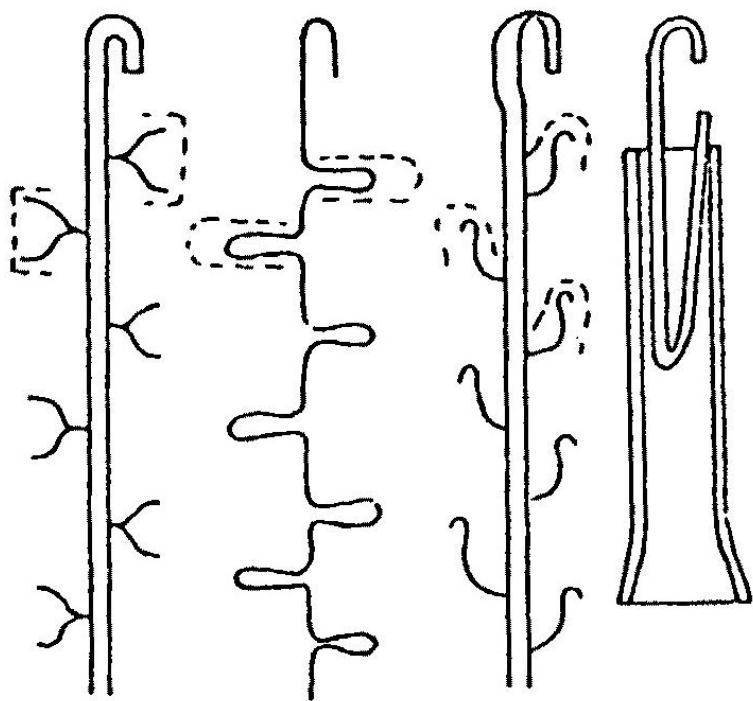
- - závěsové: pokovování kusové
dílece se upevňují na závěsy - průchod
celým technologickým procesem
- - hromadné: pokovování ve zvonech, bubnech ...
- - kontinuální: pokovování pásů,
drátů, plechových svitků ...

výrobní operace (dle materiálu):
zastudena nebo zatepla



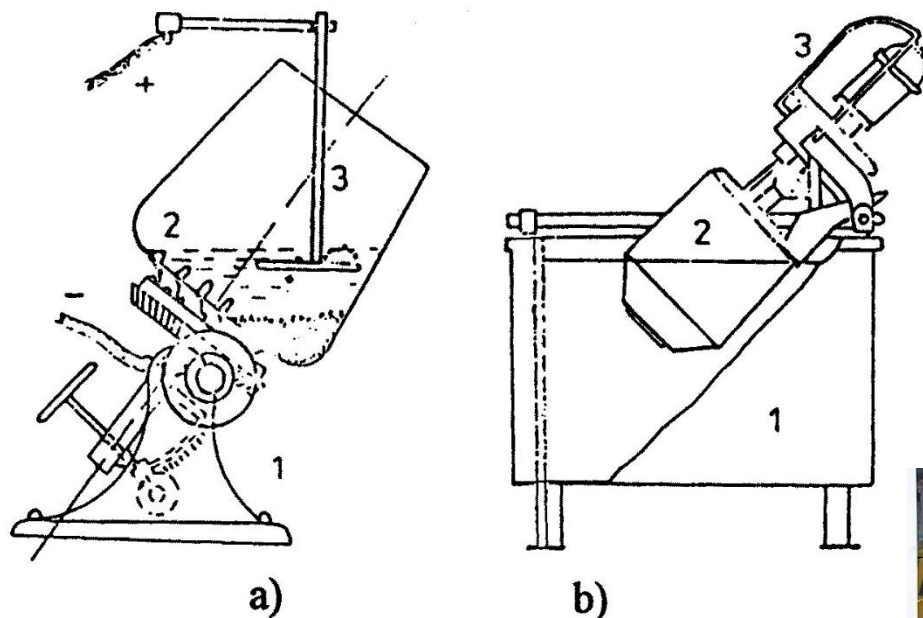
Vytápění galvanické vany topným článkem

Závěsové pokovování



Závěsy pro galvanické pokovování

Hromadné pokovování



Zvon pro galvanické pokovování

b) Ponořený do lázně

1. vana
2. zvon
3. pohon a sklápění

Zvon pro galvanické pokovování

a) Samostatný

1. stojan s pohonem a sklopným zařízením
2. lázeň
3. anoda



Pokovovací linka



Zinkování - způsoby

Zn - neúšlechtilý levný kov (katodická ochrana)

85% pokovované oceli opatřeno právě Zn povlakem

Metody:

1. Žárové pokovování v roztavených kovech
2. Termomodifúzní pokovování
3. Žárové stříkání kovů
4. Chemické pokovování
5. Elektrochemické (galvanické) pokovování
6. Fyzikální a fyzikálně-chemické povlakování

Elektrochemická úšlechtilost	Korozní odolnost
Au	Au
Ag	Zr
Cu	Ti
Pb	Ag
	- Cr a CrNi oceli – pasivní stav
Sn	Cr
Ni	Cu
Cd	Ni
Fe	
Cr	Pb
	- Cr a CrNi oceli - aktivní stav
Zn	Al
Mn	Sn
	- ocel a litina -
Zr	Fe
Ti	Cd
Al	Zn
	- Mg slitiny -
Mg	Mg
	Mn

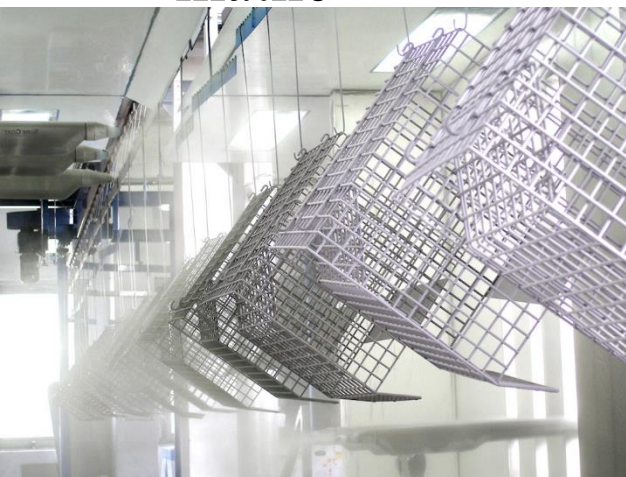
Galvanické zinkování

Alkalické lázně

- kyanidové (soli HCN)
 - dobré provozní vlastnosti
 - velmi dobrá hloubková účinnost
 - toxické
- bezkyanidové
 - relativně nejedovaté
 - menší proudová hustota
 - matné

Kyselé lázně

- slabě kyselé (moderní)
 - chloridové sloučeniny + leskutvorné přísady
 - velká vylučovací rychlost
 - dobrá hloubková účinnost
 - pružiny, litinové součásti...
- Kyselé: chloridové nebo síranové:
 - báze ZnSO_4 :
 - velká vylučovací rychlost
 - malá hloubková účinnost



Zlepšení vzhledu elektrolyticky vytvořených Zn povlaků:

krátkého ponoření do roztoku 5% kyseliny dusičné

→ stříbrobílý povlak

Zinkování

Materiály k pokovení

- ocel, litina, zinkové slitiny...

Předúprava

- odstranění okují, barev, rzi, mastnoty

Problémy

- dutiny bez zajištěného odtoku
- díly plošně svařované
- povrchy hrubé, zkorodované a tepelně zpracované: snížený lesk a drsný povrch



Tloušťka

- 8 - 12 μm (max. 30 μm)

Zkouška v korozní komoře

- Zn povlak s modrým chromátem: odolnost do 50 hod.
- Zn povlak se žlutým chromátem: 240 hod. do výskytu bílé koroze
- Zn povlak s utěšňovacími laky: zvýšení odolnosti o 200 hod.



Technologický postup

Přípravné operace:

- **CHEMICKÉ ODMAŠTĚNÍ**
 - odstranění mastnot
- **MOŘENÍ**
 - odstranění koroze a okují
- **ELEKTROCHEMICKÉ ODMAŠTĚNÍ**
 - odstranění zbytků mastnot
- **DEKAPOVÁNÍ**
 - aktivace povrchu



Technologický postup

- GALVANICKÉ POKOVENÍ
 - elektrolytické vylučování zinkové vrstvy
- OPLACHY
 - mezi jednotlivými operacemi
 - jednostupňové nebo vícestupňové



Technologický postup

Dokončovací operace:

- **CHROMÁTOVÁNÍ**
(modré, žluté, olivové)
 - zlepšení korozní odolnosti
 - zlepšení vzhledu
- **UTĚSNĚNÍ**
(laková vrstva)
 - podstatně zlepšuje korozní odolnost zinkového povlaku
- **SUŠENÍ**
 - vytěsnění zbytků vlhkosti z pórů



Galvanické zinkování - využití

1. Spojovací materiál
2. Drobné předměty
3. Hlubokotažné plechy na karoserie automobilů ...



Mědění

Použití:

- mezivrstvy pod Ni, Cr, Sn, Ag, Au ...

tloušťka cca $25\ \mu\text{m}$

- vrstva proti cementaci

- tiskařské formy, válce:

tloušťka cca $0,8 - 3\ \mu\text{m}$

- dekorace: Cu + transparentní lak

- **galvanoplastika:**

vytváření forem: např. model

z elastomeru s nanesenou práškovou Cu

Kyselé lázně:

- nejčastěji CuSO_4 + leskutvorné přísady
- nejedovaté
- vyšší rychlost
- malá hloubková účinnost
- nelze bez mezivrstvy

Povlaky: pórovité

Alkalické kyanidové lázně:

- kyanid měďnosodný $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{CN})_3$
- jedovaté
- zvýšená teplota
- kyanid sodný - dostatečný proudový výtěžek
- hydroxid sodný - zvýšení vodivosti
- uhličitan sodný - zlepšení kvality povlaku
- leskutvorné přísady:
thiokynatan draselný KCNS, vodní sklo ...
- vysoká přilnavost
- vyšší hloubková účinnost
- nižší výtěžek a rychlost

Povlaky:

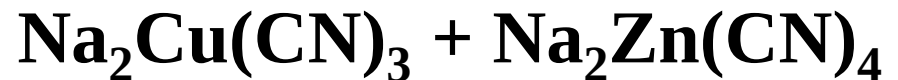
- jemnozrnná struktura
- matný vzhled



Mosazení

Lázně většinou kyanidové

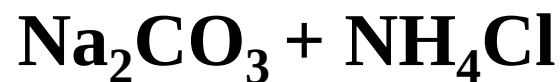
Nositel kovu:



Použití:

- dekorativní: barva bílá až červená (galanterie)
- zlepšení adheze pryže k oceli

Stabilizace



nutná údržba lázní



Kadmiování

Jedovaté a karcinogenní účinky → omezování

Porovnání se Zn

- stříbrnější lesk
- lepší kluzné vlastnosti
- nízký přechodový odpor
- lepší pájitelnost



Lázně

- alkalické kyanidové



- velká hloubková účinnost

- kyselé



- vysoký proudový výtěžek



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Alkalické lázně

ciničitany: Na_2SnO_3 nebo K_2SnO_3

pasivace anod

+ CH_3COONa (octan sodný)

+ H_2O_2 (oxidace dvojmocných iontů)

- dobrá hloubková účinnost
- matnější vzhled
- nepórovitý povlak



Cínování

Kyselé lázně

SnSO_4 + formaldehyd

+ leskutvorné přísady

- lesklé povlaky
- potravinářský průmysl: nejedovatost
- strojírenství: pájitelnost, třecí vlastnosti ...

Elektrochemická ušlechtilost	Korozní odolnost
Au	Au
Ag	Zr
Cu	Ti
Pb	Ag
	- Cr a CrNi oceli – pasivní stav
Sn	Cr
Ni	Cu
Cd	Ni
Fe	
Cr	Pb
	- Cr a CrNi oceli - aktivní stav
Zn	Al
Mn	Sn
	- ocel a litina -
Zr	Fe
Ti	Cd
Al	Zn
	- Mg slitiny -
Mg	Mg
	Mn

Niklování

Lázně:

- síranové (sulfátové)
 - jemnozrnné, matné, nižší pnutí
- chloridové
 - vyšší proudové hustoty, vyšší pnutí
- síranohořečnaté
- fluoroboritanové
sulfamátové
 - jemnozrnné, matné, nižší pnutí
 - vysoká vylučovací rychlost,
 - galvanoplastika, drahé

Elektrochemická ušlechtilost	Korozní odolnost
Au	Au
Ag	Zr
Cu	Ti
Pb	Ag
	- Cr a CrNi oceli – pasivní stav
Sn	Cr
Ni	Cu
Cd	Ni
Fe	
Cr	Pb
	- Cr a CrNi oceli - aktivní stav
Zn	Al
Mn	Sn
	- ocel a litina -
Zr	Fe
Ti	Cd
Al	Zn
	- Mg slitiny -
Mg	Mg
	Mn



Niklování

Použití:

- ocel, litina, Zn, Cu, mosaz ...
- proti korozi
- proti opotřebení
- dekorativní vzhled

Typy:

- matné, pololesklé - možnost leštit
- lesklé
- nikl - seal: mikroporozita: dekorativní, funkční
- saténový nikl: nevodivé přísady až 15%
matný povrch saténového vzhledu
- černé povlaky: optika
- duplexní povlaky: s mezivrstvou Cu
- triplexní povlaky:
Cu ($5\text{ }\mu\text{m}$) + Ni (1 až $20\text{ }\mu\text{m}$) + Cr (1 až $2\text{ }\mu\text{m}$)
- disperzní povlaky:
Ni + SiC + P, Ni + TiC, Ni + diamant (odolnost proti opotřebení)



Chromování - způsoby

^{24}Cr - neušlechtilý pasivovatelný kov (drahý)
(legura do korozivzdorných ocelí: min. 12 %)

Metody:

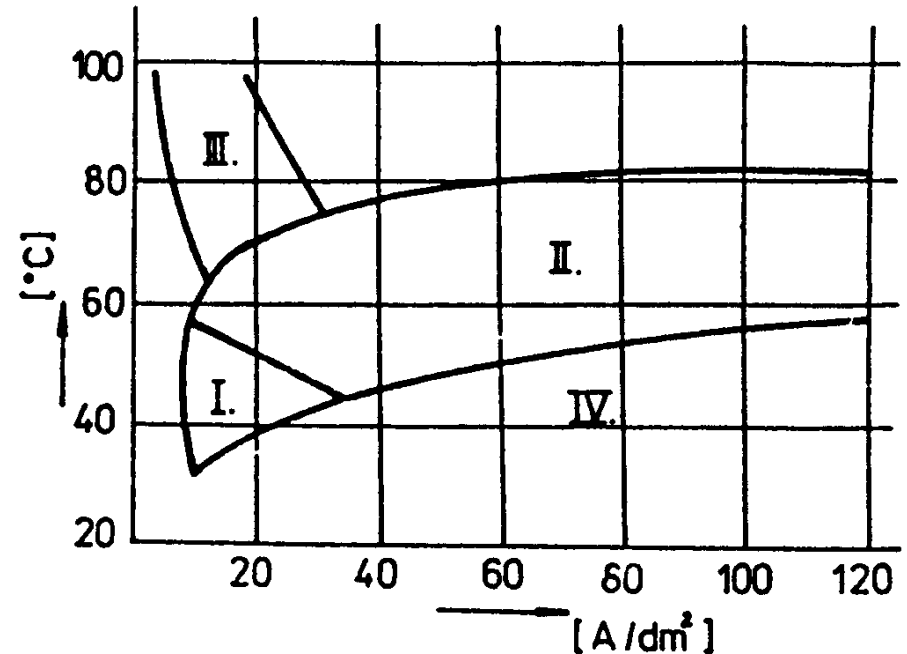
1. Termodifúzní pokovování (inchromování)
2. Chemické pokovování
3. Žárové stříkání kovů
4. **Elektrochemické (galvanické) pokovování**
5. Fyzikální a fyzikálně-chemické povlakování

Elektrochemická ušlechtilost	Korozní odolnost
Au	Au
Ag	Zr
Cu	Ti
Pb	Ag
	- Cr a CrNi oceli – pasivní stav
Sn	Cr
Ni	Cu
Cd	Ni
Fe	
Cr	Pb
	- Cr a CrNi oceli - aktivní stav
Zn	Al
Mn	Sn
	- ocel a litina -
Zr	Fe
Ti	Cd
Al	Zn
	- Mg slitiny -
Mg	Mg
	Mn

Chromování

Vlastnosti povlaků

- odolnost proti většině chemikálií (kromě HCl a horké H_2SO_4)
- Na katodě se vylučuje vodík:
 - vyšší křehkost
 - vysoká tvrdost - dle podmínek, klesá při teplotách nad 350°C
 - vnitřní pnutí: mohou vznikat trhlinky
- malá smáčivost, odpuzuje vodu a mastnoty
- reflexní mohutnost 65 % (do 550°C)
- nelze pájet



Typy chromových povlaků (proudová hustota - teplota)

- I. lesklé - na dokonale lesklý podklad (Ni, Cu...) tloušťka: $1\ \mu\text{m}$
- II. tvrdé, tloušťka: $0,2 - 0,8\ \mu\text{m}$ až několik mm
- III. křehké: nevhodné
- IV. mléčné: matné, měkké

Dekorativní chromování

■ Černé

spotřební průmysl, optika
lázeň:

H_2CrO_4 + soli kyseliny octové
+ další organické látky



■ Mikroporézní

1. povlak Ni - seal:
2. 20 000 mikročástec na 1 cm² (póry)
3. povlak Cr: 0,25 μm



■ Mikrotrhlinkové

1. povlak Ni
2. beztrhlinkový povlak Cr
3. normální povlak Cr (vnitřní pnutí)
nevhodné pro členité díly

Cr povlak = katoda – rozklad do mnoha
galvanických článků – malé napětí →
podklad se nerozpouští



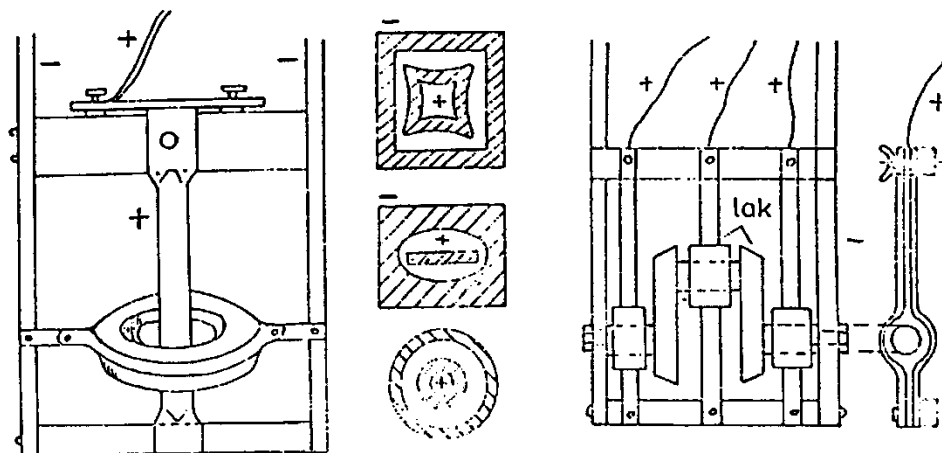
Tvrdé chromování

- lázně na bázi fluorokřemičitanů
- vyšší rychlost vylučování
- tvrdost: 800 - 1 200 HV
- tloušťka: až několik mm
- lze dále opracovat
- malé opotřebení
- vyšší životnost
- i pro renovace



Postup:

- aktivace povrchu (bez mezipovlaku):
přepólování - anodické leptání
- ochrana nepokovených míst:
snímatelné laky, izolační pásy
- lázně:
nižší obsah fluorokřemičitanů →
vyšší proudové hustoty 25 - 75 A / dm² →
vyšší rychlost vylučování
nízká proudová účinnost
přípravky s pomocnými katodami a anodami:



Přípravky pro tvrdé chromování:

vnitřní chromování

chromování čepů

Stříbření

- Ušlechtilý kov
- Korozivzdornost
- Elektrická a tepelná vodivost
- Elektrotechnika
- Bižuterie
- Hudební nástroje ...
- Ocel
- Bronz
- Zinek ...
- Mezipovlak: Cu, Ni, mosaz ...

- Lázně:
- Alkalické kyanidové
- Slitinové povlaky:
+ Sb – vyšší tvrdost, lepší
přechodový odpor ...



Zlacení

- Lázně:
- Kyanidové
- Chloridové + fosforečnan + ferrokyanid
- Bižuterie
- Luxusní předměty
- Mosaz – bez mezipovlaku
- Ocel – mezipovlak: Cu, mosaz



Slitinové povlaky

■ Zn-Ni

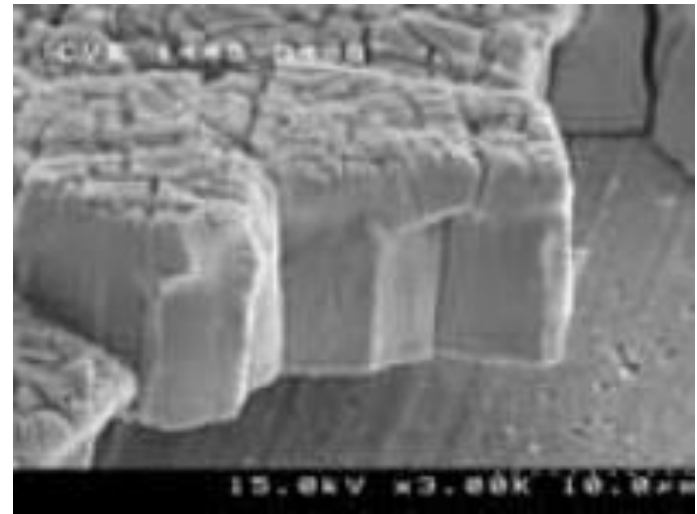
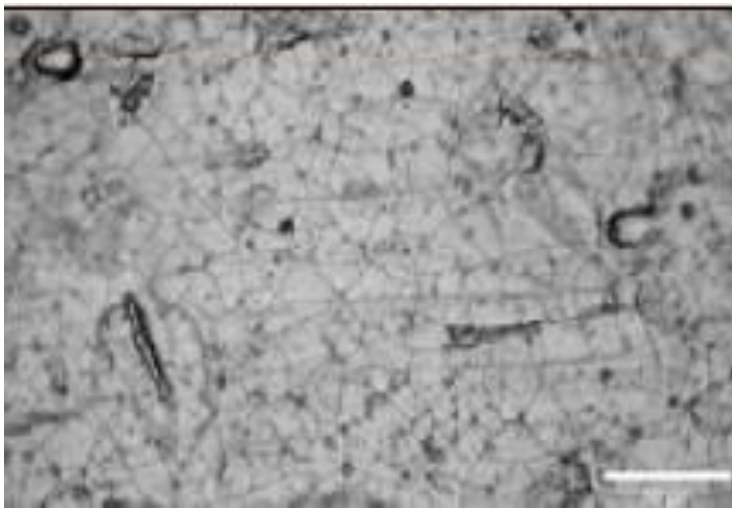
■ Vlastnosti:

pololesklé, dobře přilnavé, tvrdé, otěruvzdorné
nejvyšší korozivzdornost: 12-15 % Ni, selektivní
odstraňování Zn

zlepšení: pasivace Cr, utěsnění laky

Zkouška v neutrální solné mlze:

až 3000 hodin do koroze podkladu



Slitinové povlaky

■ Ni-P

- bez silných komplexotvorných přísad, bez halogenidů a těžkých kovů (Pb, Cd ..)
lesklé povlaky Ni-P s obsahem až 12% P
tvrdost povlaku po nanesení až 550 HV (až 1100 HV po tep. zpracování)
- výhody proti chemickému nanášení Ni:
 - rychlejší a cenově výhodnější (cca o 30%)
 - tloušťky povlaků od 0,2 μm až více než 1 mm
 - žádné nebezpečí nekontrolovatelného vylučování
 - není potřebná druhá vana
 - regulovatelný obsah P
 - výhodné pro součásti s jednoduchou geometrií
- výhody proti konvenčnímu elektrolytickému nanášení Ni:
 - lepší korozní odolnost
 - vyšší tvrdost
 - diamagnetismus
 - možnost používání nerozpustných anod

■ Ni-P-diamant (zrna 2 - 3 μm)

- vysoká odolnost proti opotřebení



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Slitinové povlaky

■ Cd-Ti

- pro ocelové díly s pevností v tahu 1 500 MPa
- kyanidová lázeň (toxická) + titanová pasta
- v povlaku částice Ti (0,1 – 0,7 hm. %)
 - jemně pórovitý povlak:
 - eliminuje vnikání H do materiálu
 - lepší odvod H skrz povlak
- omezení vodíkové křehkosti:
 - odvodíkování: 190°C, 23 hod.
- lze chromátovat



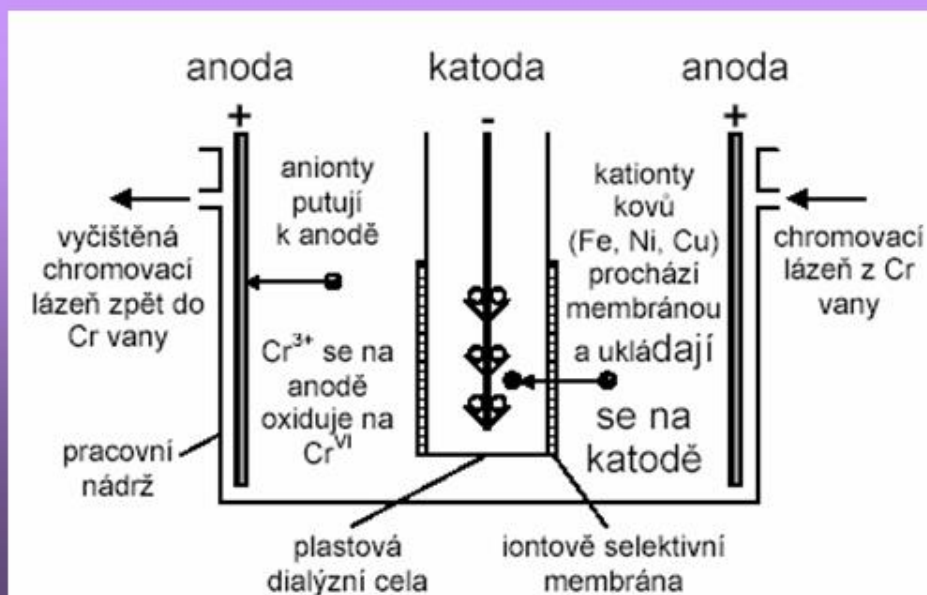
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Regenerace lázní



- Elektrodialyzér pro regeneraci chromovací lázně
- Princip funkce elektrodialyzéru
katoda - kal - čištění



ESF II projekt Západočeské univerzity v Plzni

reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/18_056/0013239



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY