

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, porušování povlaků)
- **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, postřikem, difúzní, fázovou transformací, chemické a elektrochemické, fyzikální a fyzikálně chemické)
- **Hodnocení povrchových úprav (PÚ) - cvičení**



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

MŠMT
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>

<http://cs.wikipedia.org>



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

MT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Způsoby ochrany povrchu

1. úprava prostředí
2. volba materiálu
3. konstrukční opatření
4. optimální technologie výroby
5. elektrochemické ochrany
6. dočasné ochrany
7. povrchové úpravy



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

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

1. Úprava prostředí

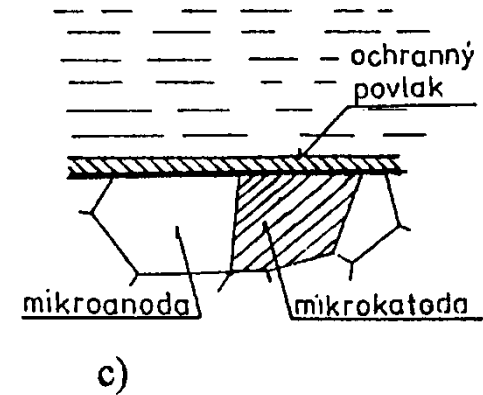
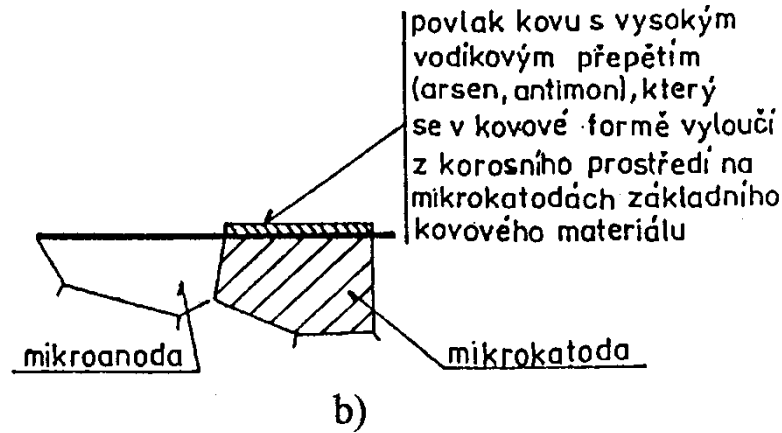
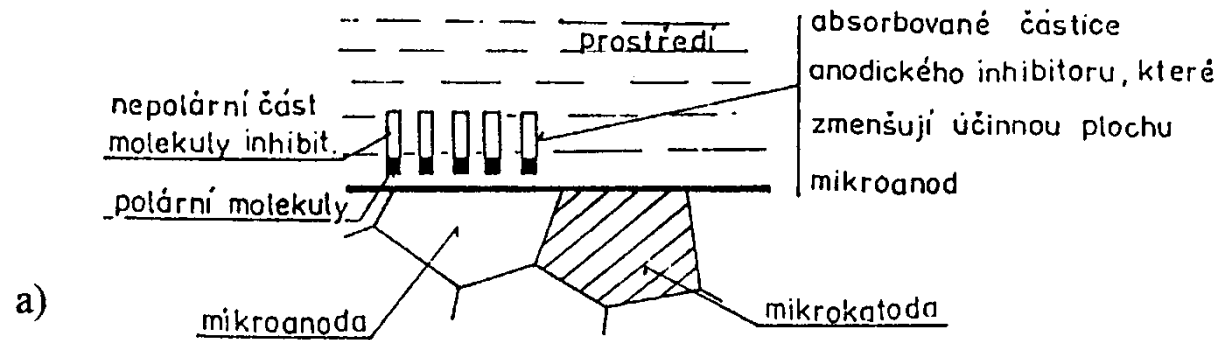
- Odstranění činitelů zvyšujících stupeň agresivity prostředí
- Ovlivnění vlastností prostředí látkami zabraňujícími nebo zpomalujícími porušování

Rozhodující činitele charakterizující prostředí:

- **Atmosféra:**
 - **vlhkost** - snížení pod krit. mez 60 % (větrání, vysoušení, vakuování..)
 - **teplota** - zvýšení → snížení vlhkosti
 - **prašnost** - snížení (abraze, elektrochemická koroze ...)
- **Pecní atmosféra:**
 - **vzduch** - vyloučení (reaktivita kyslíku)
(ochranné atmosféry, změna parciálních tlaků plynů ...)
- **Voda:**
 - **aktivní složky** (kyslík, plyny ...): vliv na oxidaci a kavitační opotř.
 - odstranění (uzavřené systémy, ohřev, snížení tlaku, vazba na alkalizační látky ...)

Inhibitory

- **Látky zpomalující průběh koroze**
- Změna vlastností fázového rozhraní kov - prostředí
- Ocel - bez oxidačních látek vzniká gelovitý fosforečnan železnatý - min. ochrana
- Hydrolyza křemičitanů alkalických kovů: ionty reagují s kationty kovu → vznik komplexního ochranného povlaku



Funkce inhibitorů:

- a) anodická účinnost
- b) katodická účinnost
- c) vytvoření povlaku

Inhibitory

Pasivační inhibitory:

- Anorganické inhibitory:

- dusitan sodný: skladování a přeprava oceli (máčení, impregnovaný papír, emulze při obrábění ...)
- chromany, fosforečnany, křemičitany, boritany: vody chladicích systémů: neutrální i zásadité prostředí

- Organické inhibitory (absorpční): škrob, dextrin, kliš ...

- Povlakové inhibitory: benzoan sodný: úprava vodních prostředí s neutrální reakcí, obaly ...

Maziva

Ochrana před adhezivním opotřebením:

- Oddělení mikronerovnosti
- Chemická ochrana
- Snížení koeficientu opotřebením: 10 - 1000x



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

2. Volba materiálu

Kritéria:

Stupeň odolnosti:

- trvale kovový stav povrchu (funkční nebo vzhledové důvody)
- určitý stupeň degradace není na závadu (korozní zplodiny, opotřebení)

- **termodynamická stálost**
odolnost proti přeměně na sloučeniny: standardní elektrodový potenciál
- **schopnost pasivace**
nestálé kovy v oxid. prostředích: Ti, Al, Cr, Mg, Fe ...
slitiny: FeCr, NiCr ...
- **schopnost vytvoření stabilních korozních vrstev:**
Zn(OH)₂ na Zn v neutrálním prostředí
PbSO₄ na Pb v H₂SO₄
oxidy na oceli Atmofix v atmosféře ...
- **stupeň chemické čistoty:**
legování: pozitiva: pasivace
negativa:
 - selektivní koroze (mosaz, litina...)
 - katodické příměsi (Cu, Fe, CuAl₂...) v Al

Volba materiálu

Odolnost proti opotřebení:

- Mechanické vlastnosti:
tvrdost, pevnost mezifázového rozhraní
- Struktura:
velikost, rozložení a množství strukturních složek
- Legování
- Tepelné zpracování
- Prášková metalurgie (SK)
- Kompozity (keramika, pryž, plasty ... + plniva)

Aspekty volby materiálu:

- Ekonomické:
náročné podmínky:
 - použití kvalitnějšího a dražšího materiálu
 - použití levnějších materiálů s vhodnou úpravou
- Ekologické (zákaz Cr, Cd...)



Faktory pro volbu materiálů

- **namáhání:**
statické
dynamické (chvění, nárazy)
- **teplota:**
- maximální provozní
- funkčních ploch
- **okolní prostředí:**
složení, koncentrace agresivních látek -
korozní působení, mechanické působení
- **typ opotřebení:**
adhezivní, abrazivní, erozivní, kavitační,
únavové, vibrační, kombinace
- **konstrukce** strojů, zařízení - spojování
materiálů, vnitřní pnutí ...
- **možnost údržby**
- **ekonomická a ekologická hlediska**

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

Periodická tabulka prvků

Vzácné
plyny

Prvky
elektronegativní

Prvky
elektronegativní

Polokovy

Kovy T

Kovy B

Period

Group**

Kovy A

1

2

3

4

5

6

7

Prvky
elektropozitivní

1 IA 1A	2 IIA 2A											13 IIIA 3A	14 IVA 4A	15 VA 5A	16 VIA 6A	17 VIIA 7A	18 VIIIA 8A
1 <u>H</u> 1.008																	2 <u>He</u> 4.003
3 <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
11 <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 ----- -----	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
19 <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
37 <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
55 <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)
87 <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

Nekovy

Vazby mezi atomy

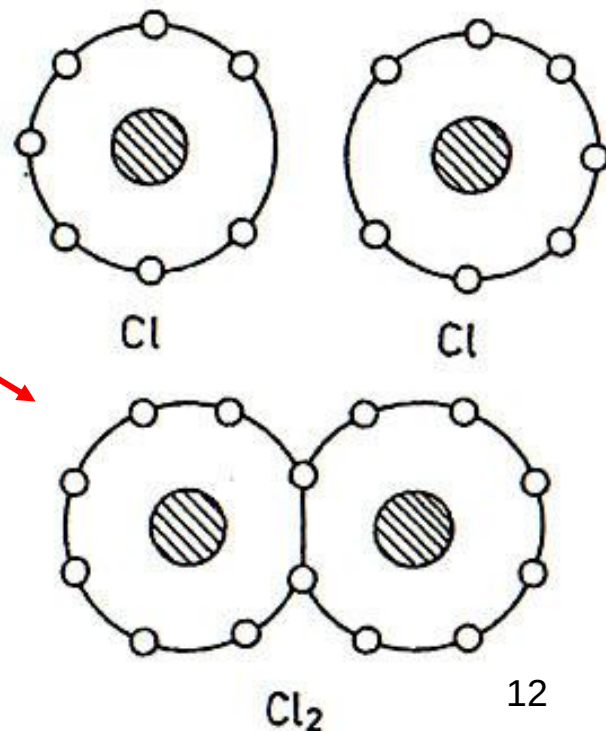
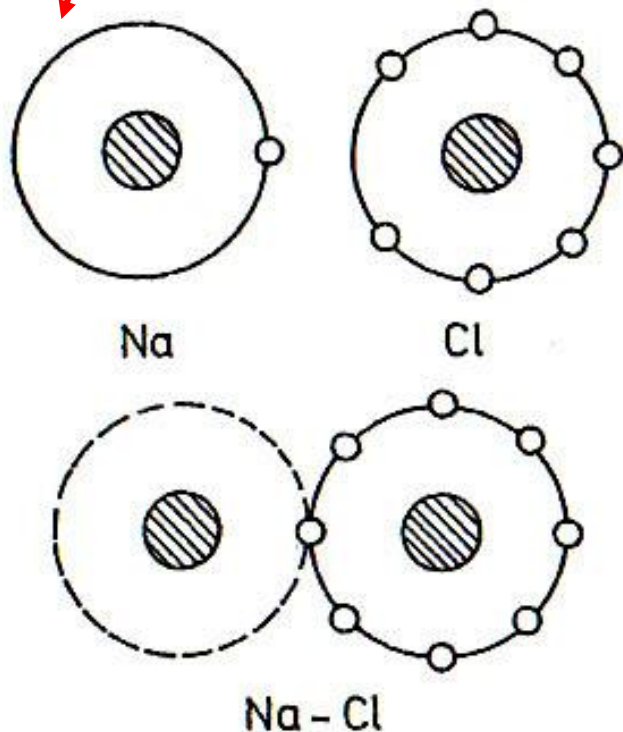
Fyzikální vazba:

- vazba Van der Walsova (dipólové působení) - slabá vazba mezi atomy: plyny, kapaliny, makromolekulární látky ...

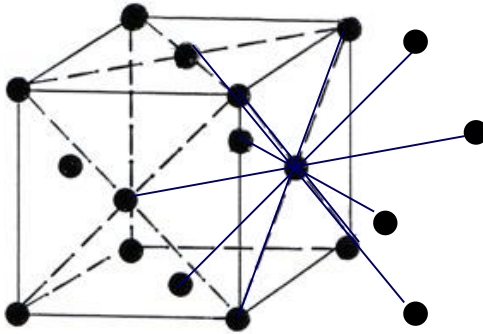
Chemické vazby:

snaha o uzavření valenční sféry a vytvoření elektronového oktetu

- vazba iontová
- vazba kovalentní
- vazba kovová
- elektronegativní + elektropozitivní atomy (NaCl ...)
- sdílení elektronů - velmi pevná (diamant ...)
- volné e^- ve valenční sféře → elektrický proud

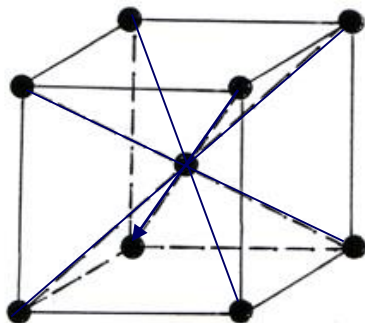


Krystalové mřížky kovových soustav



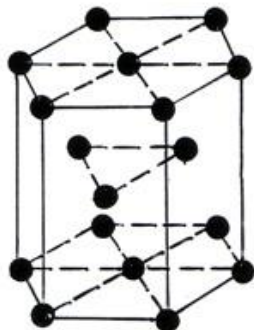
Kubická plošně středěná

- četnost mřížky: 4
 $8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2 = 4 \text{ at. / buňku}$
rohy + stěny
- koordinační číslo: 12
- Fe, Ni, Cu, Al, Ag, Pb, Au ...



Kubická prostorově středěná

- četnost mřížky: 2
 $8 \cdot 1/8 + 1 \cdot 1 = 2 \text{ at. / buňku}$
rohy + střed
- koordinační číslo: 8
- Fe, Cr, V, Mo, Ta, alkalické kovy ...



Šesterečná těsně uspořádaná

- četnost mřížky: 6
 $12 \cdot 1/6 + 2 \cdot 1/2 + 3 \cdot 1 = 6 \text{ at. / buňku}$
rohy + podstavy + střed
- koordinační číslo: 12
- Mg, Be, Zr, Ti, Zn, Cd ...

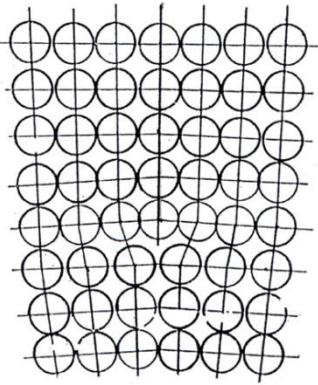
Četnost mřížky:

počet atomů v
buňce

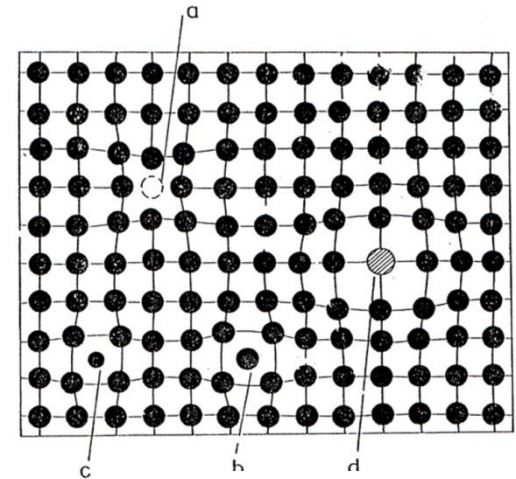
Koordinační číslo:

počet atomů v
mřížce se stejnou
vzdáleností
a pravidelným
uspořádáním
kolem vytčeného
atomu

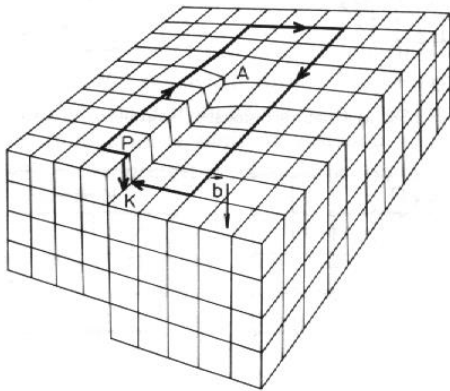
Poruchy krystalových mřížek



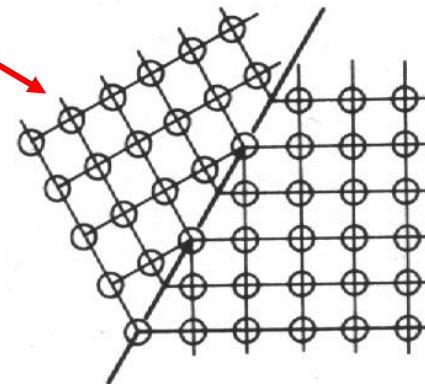
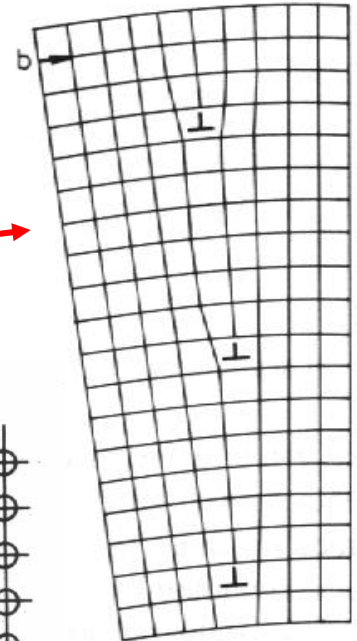
- Bodové
 - a) vakance
 - b) intersticie vlastní
 - c) intersticie příměsi
 - d) substituční atom



- Čárové
 - hranové
 - šroubové



- Plošné
 - vrstevné chyby
- Objemové
 - hranice zrn
 - malouhlové
 - velkouhlové
 - dutiny
 - precipitáty
 - segregace



Korozní odolnost slitin Fe

${}_{26}\text{Fe}$: alotropický prvek (více krystalických modifikací)

$T_t = 1539^\circ\text{C}$, $\rho = 7,85 \text{ kg/dm}^3$, $R_m = 180 \text{ MPa}$

Minerály:

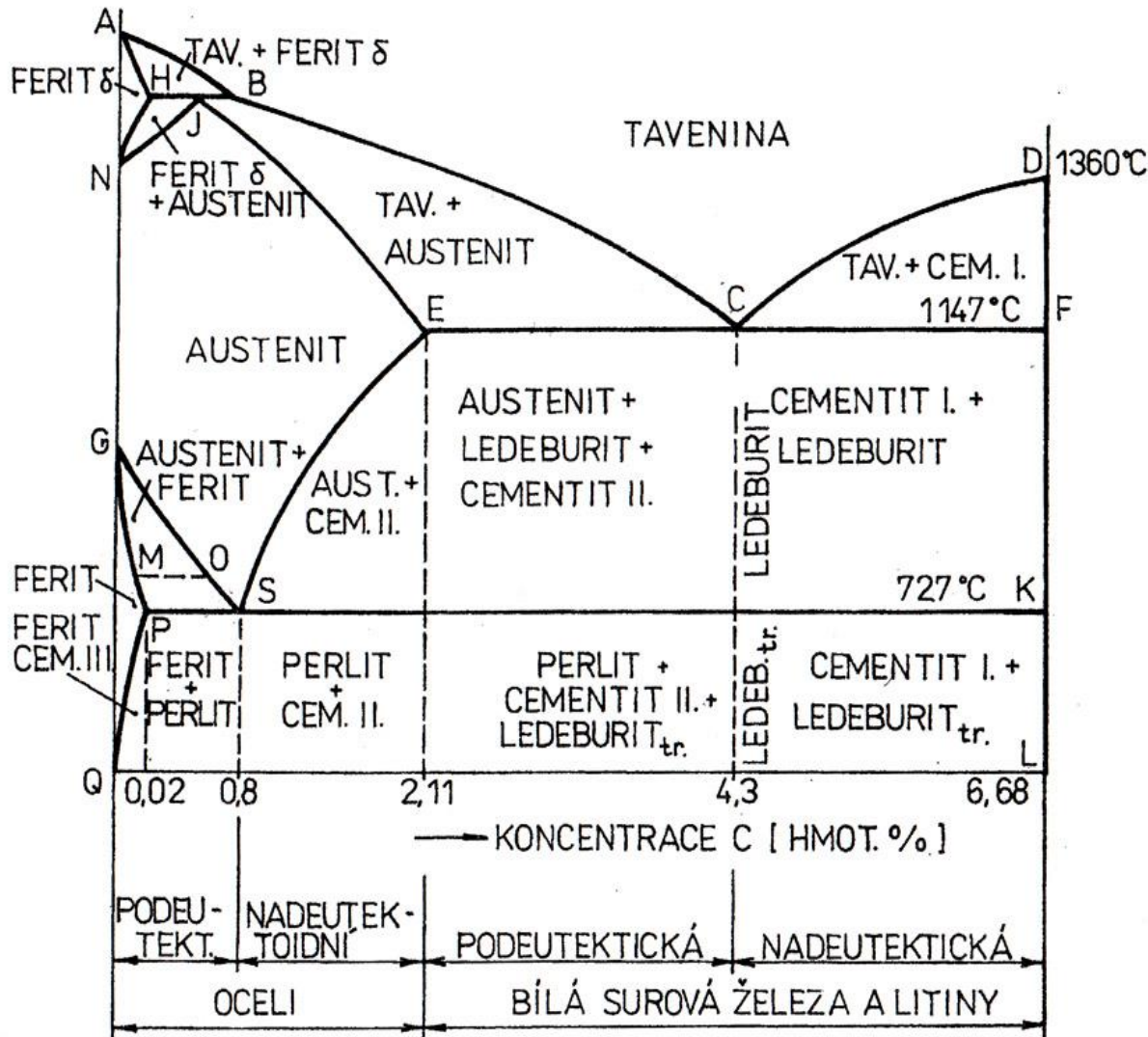
- hematit (krevel) Fe_2O_3
- limonit (hnědel) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- magnetit (magnetovec) Fe_3O_4
- pyrit FeS_2 (nevhodný pro výrobu Fe)

Slitiny: oceli, litiny ...



Diagram metastabilní soustavy

Fe-Fe₃C - strukturní popis



FÁZE:

- TAVENINA
- TUHÉ ROZTOKY:
 - Ferit (TR uhlíku v α Fe)
 - Austenit (TR uhlíku v γ Fe)
 - δ ferit (TR uhlíku v δ Fe)
- INTERMEDIÁLNÍ FÁZE:
 - Cementit (Fe₃C)

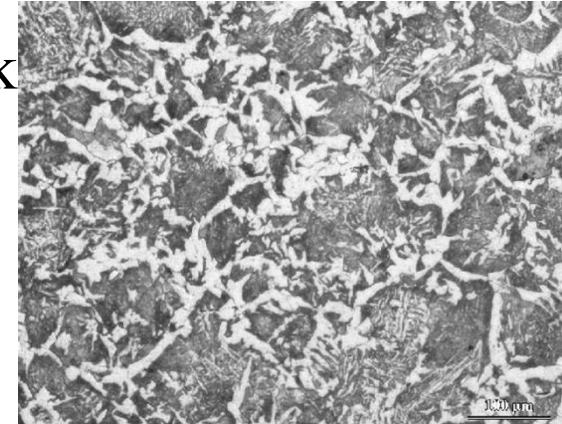
SMĚSI FÁZÍ:

- Perlit (eutektoid)
- Ledeburit (eutektikum)
- Ledeburit transformovaný

Korozní odolnost ocelí

- **Uhlíkové oceli**

- atmosféra, půda, voda: několik desetin mm/rok
- alkalické roztoky:
 - ochranná vrstva nerozpustných hydroxidů
 - louhová křehkost - vyšší T a koncentrace $\rightarrow$ mezikrystalická koroze
- kyselina sírová, dusičná - pasivní stav
- ostatní kyseliny - rychlé rozpouštění



- **Legované oceli** (Atmofix: $_{14}\text{Si}$, $_{24}\text{Cr}$, $_{29}\text{Cu}$, $_{15}\text{P}$)

- ochranná oxidová vrstva

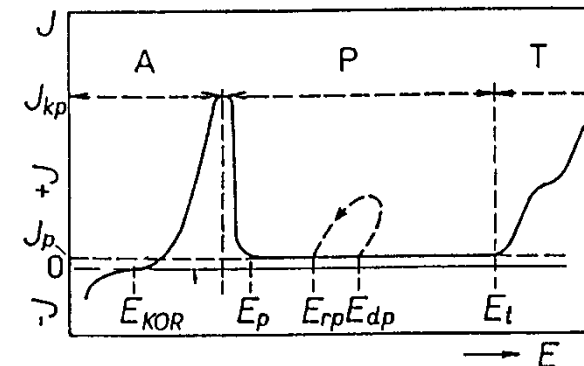
- **Vysokolegované oceli**

nad 12% $_{24}\text{Cr}$ v TR

$_{28}\text{Ni}$, $_{42}\text{Mo}$, $_{29}\text{Cu}$...

- pasivní stav

- odolnost v aktivním stavu



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

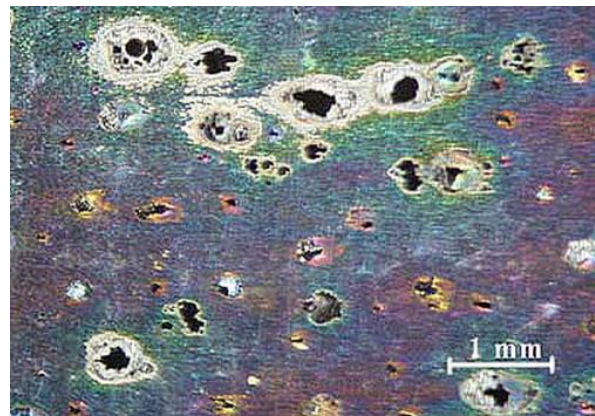
Korozní odolnost ocelí

- **Martenzitické korozivzdorné (Cr) oceli:**
 - vhodné zpracování: kalení: nad 900°C , popuštění cca 750°C
vznik karbidů při $500 - 650^{\circ}\text{C} \rightarrow$ ochuzení matrice o $_{24}\text{Cr} \rightarrow$ mezikrystalická koroze
- **Feritické korozivzdorné (Cr) oceli:** 17-18% $_{24}\text{Cr}$, $_{22}\text{Ti} \dots$,
 - nekalitelné
 - atmosféra, neutrální roztoky s oxidačními látkami (bez $_{17}\text{Cl}$)
pasivační vrstva
 - kyseliny s oxidačním charakterem (HNO_3)
odolnost roste s obsahem $_{24}\text{Cr}$
 - alkalické prostředí: dobrá odolnost,
při vyšších koncentracích horší než uhlíkové oceli
 - oxid siřičitý, redukční prostředí: lepší než austenitické oceli
 - žáruvzdornost: $_{24}\text{Cr}$ do 26% + $_{14}\text{Si}$, $_{13}\text{Al} \dots$ - až do $1\,050^{\circ}\text{C}$

Korozní odolnost ocelí

Austenitické korozivzdorné (Cr) oceli - aktivní stav

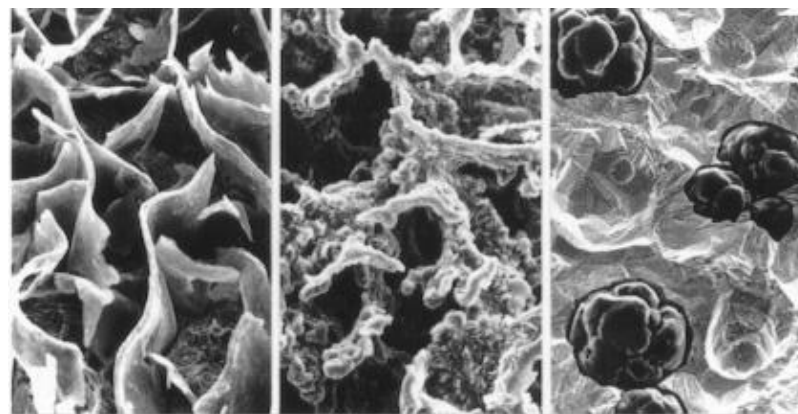
- $_{24}\text{Cr}$, $_{28}\text{Ni}$, $_{25}\text{Mn}$...
- náchylné k mezikrystalické korozi
omezení $_{6}\text{C}$, rozpouštěcí žíhání, stabilizace $_{22}\text{Ti}$, $_{41}\text{Nb}$...
- přírodní podmínky: výborná odolnost
- mořská voda s kyslíkem - bodová koroze
- H_2SO_4 - aktivní stav, rychlejší koroze
- H_3NO_3 - koroze v pasivním stavu
- HCl - malá odolnost, rychlé rozpouštění
- alkalické prostředí - dobrá odolnost
- žáruvzdornost - více $_{24}\text{Cr}$, $_{14}\text{Si}$ - až do $1\,000^\circ\text{C}$



Korozní odolnost litin

Větší odolnost než uhlíkové oceli - více ${}^6\text{C}$, licí kůra

- kyseliny s oxidačním charakterem ($\text{HNO}_3 \dots$)
chromové litiny 25 - 35% ${}^{24}\text{Cr}$:
odolnost proti mechanickému opotřebení,
zvýšená žáruvzdornost
- H_2SO_4 , HNO_3 - křemíkové litiny 14 - 16% ${}^{14}\text{Si}$
- HF - křemíkové litiny s ${}^{50}\text{Mo}$: křehké, lze pouze brousit
- náchylnost k mezikrystalické korozi:
 - omezení ${}^6\text{C}$
 - stabilizace ${}^{22}\text{Ti}$, ${}^{41}\text{Nb}$
 - rozpouštěcí žíhání
- Slabě kyselé prostředí:
 - **Přednostní napadení Fe**, grafit = katoda



Pyroferal: ${}^{26}\text{Fe} + 1,2 \% {}^6\text{C} + 35 \% {}^{13}\text{Al}$

T až 1200°C i v silně agresivních prostředích - oxid siřičitý

Korozní odolnost slitin Cu



Měď $_{29}\text{Cu}$: $T_t = 1\,083^\circ\text{C}$, $\rho = 8,94\text{ kg}\cdot\text{dm}^{-3}$

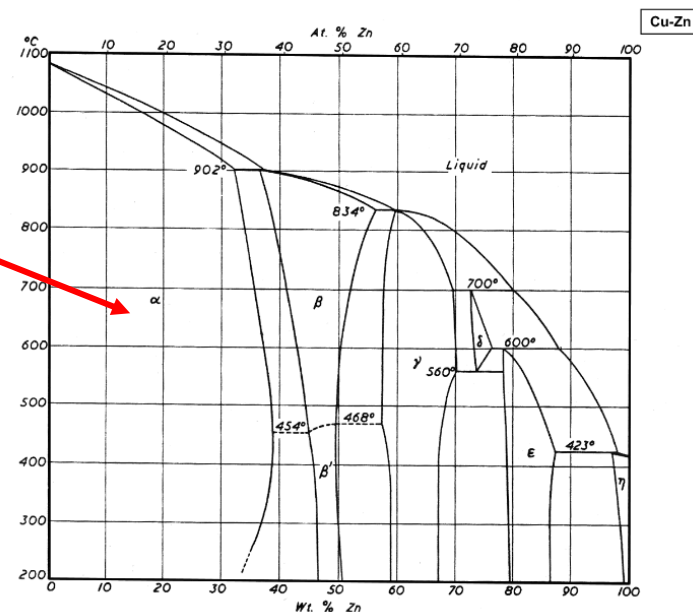
- atmosféra, vodní prostředí, mořská voda:
velká stálost, ochranná vrstva: sírany, uhličitany
- vodní pára: odolnost do 500°C
- alkalické prostředí: odolnost do koncentrace 50%, do 80°C
- kyselá, oxidační prostředí: nelze použít

Mosazi (Cu + Zn)

- výhodnější jednofázové
- atmosféra: dobrá odolnost až do 500°C
- organické kyseliny: nelze použít
- přísady:

$_{50}\text{Sn}$
 $_{25}\text{Mn}$
 $_{13}\text{Al}$
 $_{33}\text{As}$, $_{51}\text{Sb}$

zvyšuje odolnost v mořské vodě
zvyšuje odolnost ve vodě a páře
zvyšuje odolnost za vyšších T
snižují sklon k selektivní korozi



Korozní odolnost slitin Cu

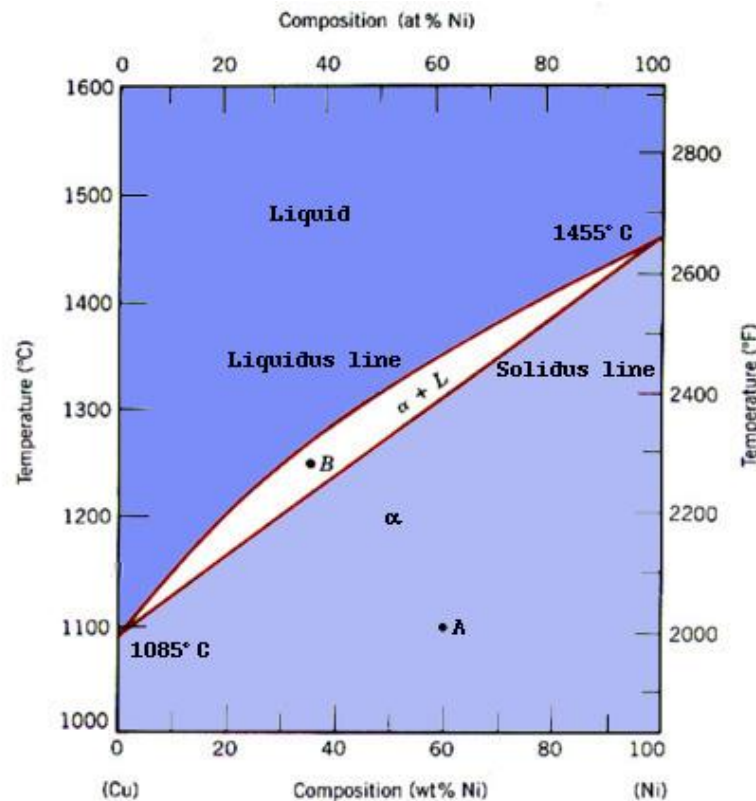
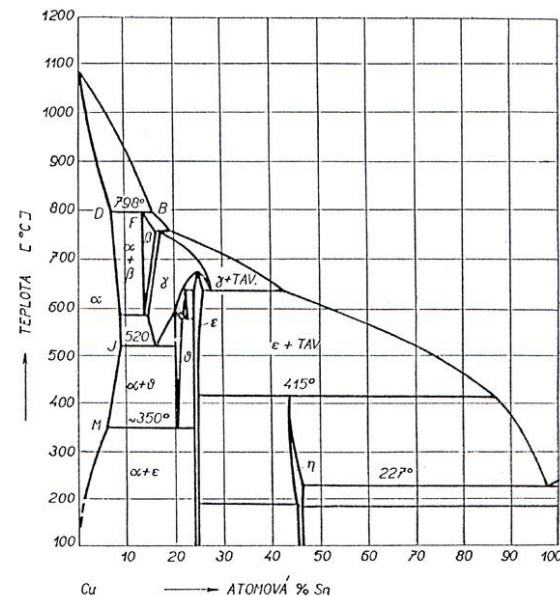
- **Bronzy (Cu + Sn ...)**

- atmosféra, neoxidační roztoky solí, kyseliny: velká odolnost
- vysoké T : + $_{50}\text{Sn}$ a $_{13}\text{Al}$: odolnost až do 700°C



- **Kupronikl (Cu + Ni)**

- 15% $_{28}\text{Ni}$
odolává kyselině chlorovodíkové, chloridovým roztokům, mořské vodě
- 30% $_{28}\text{Ni}$
odolává nasycenému roztoku NaOH až do 80°C



Korozní odolnost slitin Al

- **Hliník $_{13}\text{Al}$:** $T_t = 660^\circ\text{C}$, $\rho = 2,7 \text{ kg.dm}^{-3}$

- mírná atmosféra, voda: velmi dobrá odolnost
- oxid siřičitý: při větších koncentracích urychluje korozi
- mořská voda: bodová koroze
- anorganické kyseliny: odolává pouze dusičné

- **Dural Al4CuMg**

- vytvrditelný, malá korozivzdornost, nutná ochrana (eloxování ...)

- **Hydronalium AlMg**

- slabé kyseliny, mořská voda, potraviny, slabé alkalické roztoky: dobrá odolnost



Korozní odolnost slitin Pb

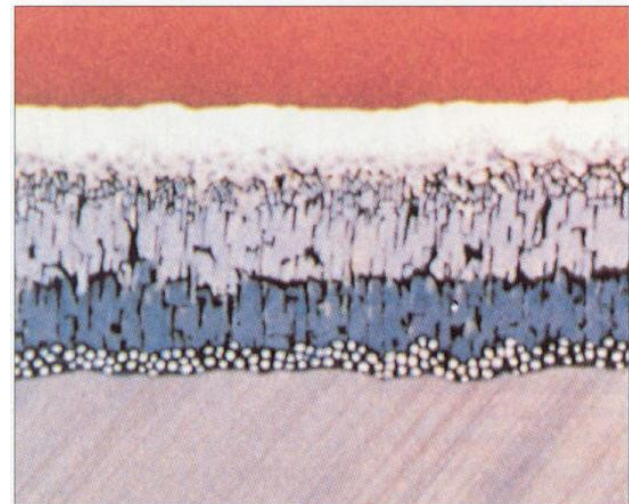
Olovo $_{82}\text{Pb}$

- šedý kov s namodralým nádechem
- bcc bez alotropické přeměny
- $T_t = 327^\circ\text{C}$, $\rho = 11,3 \text{ kg.dm}^{-3}$
- páry Pb a oxidy Pb – jedovaté
- odolnost vůči radiaci → stínění
- tvrdé olovo + 0,5-10% $_{51}\text{Sb}$
- měkké pájky + $_{50}\text{Sn}$
- kompozice: slitiny pro kluzná ložiska
- těžký kov → průrazné náboje (nejedovatá náhrada: W - drahé)
- legování oceli - zlepšení obrobiteľnosti
- olověné sklo - zvýšení indexu lomu
- odolnost:
 - atmosféra: dobrá
 - silné organické sloučeniny: dobrá
 - H_2SO_4 : vynikající



Korozní odolnost slitin Zn

- **Zinek $_{30}\text{Zn}$**
- namodrale bílý kov
- hexagonální - bez alotropické přeměny
- $T_t = 450^\circ\text{C}$, $\rho = 7,1 \text{ kg}\cdot\text{dm}^{-3}$
- velmi dobře slévateľný, ale křehký
- slitiny + $_{29}\text{Cu}$ - mosazi
- korozní odolnost:
 - venkovní atmosféra: 20x pomalejší koroze než uhlíková oc.
 - neutrální prostředí: dobrá
 - kyseliny, silnější zásady: dobrá
 - povrchové vody, půdy: dobrá
 - průmyslová atmosféra s kyselými složkami: zhoršení koroze
- pozinkování plechů - odolnost proti korozi:
5x delší životnost



Eta fáze

Zeta fáze

Delta fáze

Gamma fáze

Korozní odolnost slitin Sn

- **Cín ₅₀Sn**
- stříbřitě bílý, měkký, tvárný kov
- $T_t = 232^\circ\text{C}$, $\rho = 7,26 \text{ kg}\cdot\text{dm}^{-3}$
- alotropní:
kosočtverečný $\rightarrow$ pod 160°C tetragonální (bílý) $\rightarrow$ pod $13,2^\circ\text{C}$ kubický (šedý Sn) - rozpad předmětů (cínový mor)
- slitiny: bronzy, pájky...
- odolnost: atmosféra, organické kyseliny...
- využití: potravinářství: slitiny nad 50% Sn (plechovky, povlaky, staniol...)



Korozní odolnost slitin Ni

- **Nikl $_{28}\text{Ni}$:** $T_t = 1\,455^\circ\text{C}$, $\rho = 8,9\text{ kg}\cdot\text{dm}^{-3}$
 - atmosféra, vodní prostředí i mořské: velká stálost
 - vodní pára: odolnost do 450°C
 - alkalické prostředí: vynikající odolnost
 - kyselá, prostředí: nelze použít
 - neoxidační kyseliny bez kyslíku: odolný
 - redukční prostředí ($_{6}\text{C}$, $_{16}\text{S}$...): zhoršení vlastností
- **Monel**
 - 35% $_{29}\text{Cu}$
 - agresivní atmosféry, neutrální a kyselé roztoky solí: velká stálost
- **Inconel**
 - 70% $_{28}\text{Ni}$ + 15 - 22 % $_{24}\text{Cr}$ + 4 - 6 % $_{26}\text{Fe}$...
 - oxidační prostředí - odolnější než monel
 - odolný v přítomnosti halogenů, oxidů dusíku, sirovodíku
 - dobré mechanické vlastnosti, žáruvzdornost
- **Nimonic**
 - NiCr - žárupevnost, žáruvzdornost



Korozní odolnost slitin Mg

- **Hořčík $_{12}\text{Mg}$**
- nejlehčí kov
- hexagonální
- $T_t = 650^\circ\text{C}$, $\rho = 1,74 \text{ kg.dm}^{-3}$
- $R_m = 170 \text{ MPa}$
- křehký
- nevhodný pro konstrukční materiály
- **slitiny:** + Al, Zn $\Rightarrow R_m = 350 - 400 \text{ MPa}$



Nevýhody:

- není odolný vůči chemickým vlivům
- možnost samovznícení (dříve: blesky pro fotografie)
- vysoká cena
- drahá recyklace



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

Korozní odolnost Ti

Titan $_{22}\text{Ti}$:

$T_f = 1\,668^\circ\text{C}$, $\rho = 4,55\text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$

- vynikající odolnost: pasivační adsorpční vrstva kyslíku
- silně oxidující prostředí i s ionty $_{17}\text{Cl}^-$: odolnost do $T = 500^\circ\text{C}$
- koncentrované redukční prostředí: malá odolnost při vyšších T
- HF, roztoky fluoridů: nelze použít

- přísady:

0,2% $_{46}\text{Pd}$: odolnost v redukčním prostředí: HCl , H_2SO_4 ,
kyselina mravenčí (HCOOH),
kyselina šťavelová (HOOC-COOH),
roztoky MgCl_2 a AlCl_3

20 - 30% $_{42}\text{Mo}$: odolnost v HCl a H_2SO_4



Kovy se vysokou teplotou tání

Zirkonium $_{40}\text{Zr}$: $T_t = 1\,855^\circ\text{C}$

- jaderná energetika
- chemický a farmaceutický průmysl

Vanad $_{23}\text{V}$: $T_t = 1\,915^\circ\text{C}$

- legura

Niob $_{41}\text{Nb}$: $T_t = 2\,477^\circ\text{C}$

- legura: žáruvzdornost, žárupevnost

Molybden $_{42}\text{Mo}$: $T_t = 2\,623^\circ\text{C}$

- legura: žárupevnost

Tantal $_{73}\text{Ta}$: $T_t = 3\,017^\circ\text{C}$

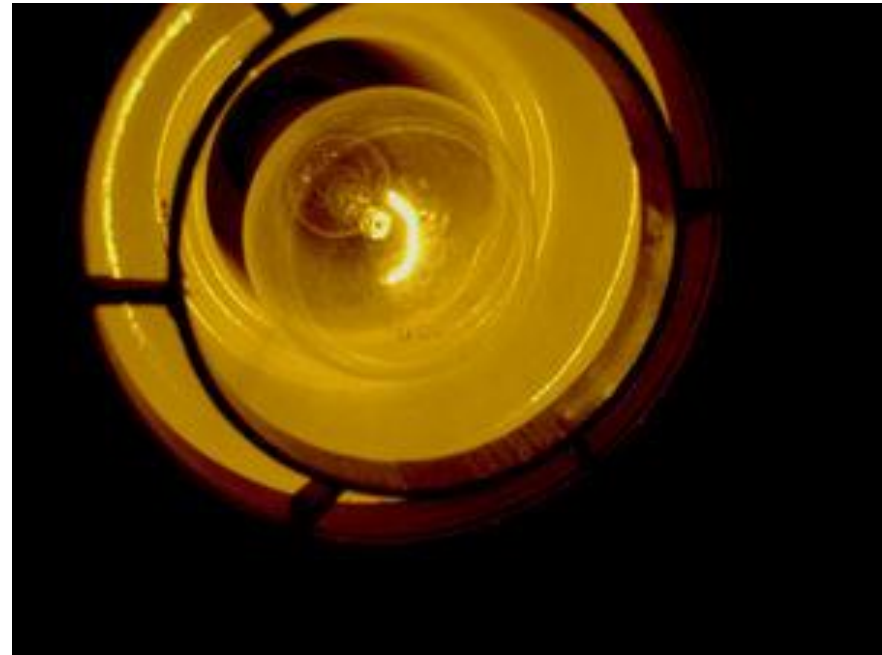
- legura: žárupevné oceli
- chemická zařízení, farmacie, chirurgie



Nástroje vyrobené z chrom - vanadové oceli

Korozní odolnost slitin W

- **Wolfram $_{74}\text{W}$**
- nejvyšší teplota tání: $T_t = 3\,420^\circ\text{C}$
 $\rho = 19,25\text{ kg}\cdot\text{dm}^{-3}$
- legura: RO
- žáruvzdornost
- vlákna žárovek
- svařitelnost - elektrody
- namáhané řezné nástroje



Korozní odolnost ušlechtilých kovů

Stříbro $_{47}\text{Ag}$

- působením sirovodíku (obsahuje ho i pot) černá:
 - vznik sulfidu stříbrného - dá se odstranit vyvařením v sodě
- stomatologie: amalgámy + % 50 Hg

Zlato $_{79}\text{Au}$

- rozpouští se v lučavce královské:
směs kyseliny chlorovodíkové + dusičné

Platina $_{78}\text{Pt}$

- největší odolnost proti chemickým vlivům ze všech kovů

Platinové kovy

- těžké: Pt, Ir, Os
- lehké: Pd, Ru, Rh



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

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Korozní odolnost polymerů

Rozdělení polymerů

- **TERMOPLASTY** (polyetylén, polypropylén, polystyrén, polyamid,...)
zahřátím na jistou teplotu přecházejí do plastického stavu, **změna je vratná**
- **REAKTOPLASTY** (fenolformaldehydová pryskyřice, melaminová pryskyřice,...)
zahřátím na jistou teplotu se vytvrzují (sítování); **změna je nevratná**
- **ELASTOMERY** (kaučuky-přírodní, izoprenový, chloroprenový, silikonový,...)
vykazují elastický stav, tj. malou silou velká deformovatelnost
- **Výhody**
 - dobrá odolnost proti atmosféře
 - dobré izolační vlastnosti
 - dobrá zpracovatelnost
 - dobrá chemická odolnost
- **Nevýhody**
 - nízké provozní T - hořlavost
 - fyzikální působení prostředí - difúze, bobtnání
 - omezené pevnostní vlastnosti - vliv T a času:
stárnutí: vliv UV záření, vlhkosti, kyslíku ...
změna struktury - zesíťení → zkřehnutí, propustnost plynů a kapalin

Korozní odolnost polymerů

- **Polární látky**

- nerovnoměrně rozdělený elektrický náboj v molekulách → lze rozlišit kladný a záporný pól molekuly
kladné a záporné póly takových molekul se přitahují: voda ...
- látky dobře rozpustné ve vodě (hydrofilní): karboxylové kyseliny, alkoholy...
- PVA, PU ...
- rozrušují se v polárních prostředích:
kyseliny, roztoky hydroxidů a solí, alkoholy, estery ...

- **Nepolární látky**

- nerozpustné ve vodě (hydrofobní): uhlovodíky, tuky, vosky...
- se skupinami -OH, -COOH
- obsahují málo polární halogeny
- PE, PP, PS, PVC, PTFE ...
- rozrušují se v nepolárních prostředích:
alifatické, aromatické, chlorované uhlovodíky: benzen, toluen, xylen ...

Korozní odolnost pryže

- **Vodné roztoky kyselin**
kromě silně oxidujících
odolává do 60°C
- **Neutrální vodné roztoky**
odolává do 100°C
- **Organická rozpouštědla:**
aromatické a alifatické uhlovodíky: bobtnání

Korozní odolnost skla

- Velká odolnost
 - ochranná vrstva kyseliny křemičité
- Vodné roztoky
 - vyluhování ochranné vrstvy → rozpustné sloučeniny
- Málo koncentrované minerální kyseliny
 - vyluhování rozpustných složek
 - ochranná vrstva gelu kyseliny křemičité
- Větší koncentrace
 - nepatrné napadení
- Kyselina fluorovodíková, fosforečná, horké alkalické roztoky - rozpouštění



Korozní odolnost keramických materiálů

- **Mechanické vlastnosti**
 - lepší než sklo
- **Žáruvzdornost**
- **Dobrá korozivzdornost**
 - zlepšování: povrchové glazury

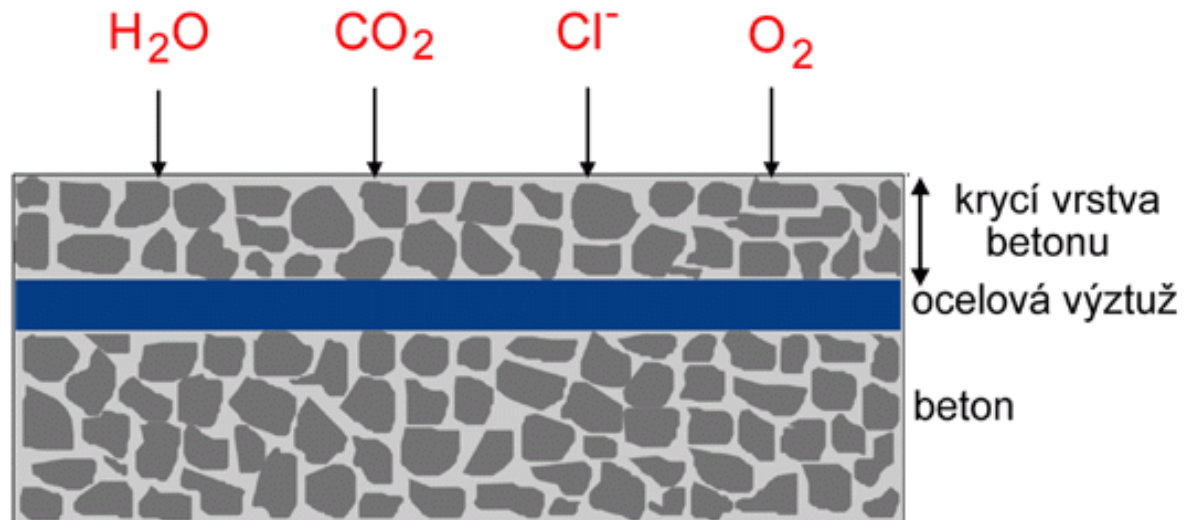


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Korozní odolnost betonu

- **Průběh koroze:**
 - vyluhování, výměnné reakce mezi rozpustnými sloučeninami
 - vznik krystalů sádrovce $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ a hydratovaných sulfoaluminátů vápenatých $\rightarrow$ růst objemu
- **Kyselá prostředí** - koroze
- **Sírany** - nejnebezpečnější
- **Roztoky hydroxidů** - neškodné



3. Konstrukční opatření

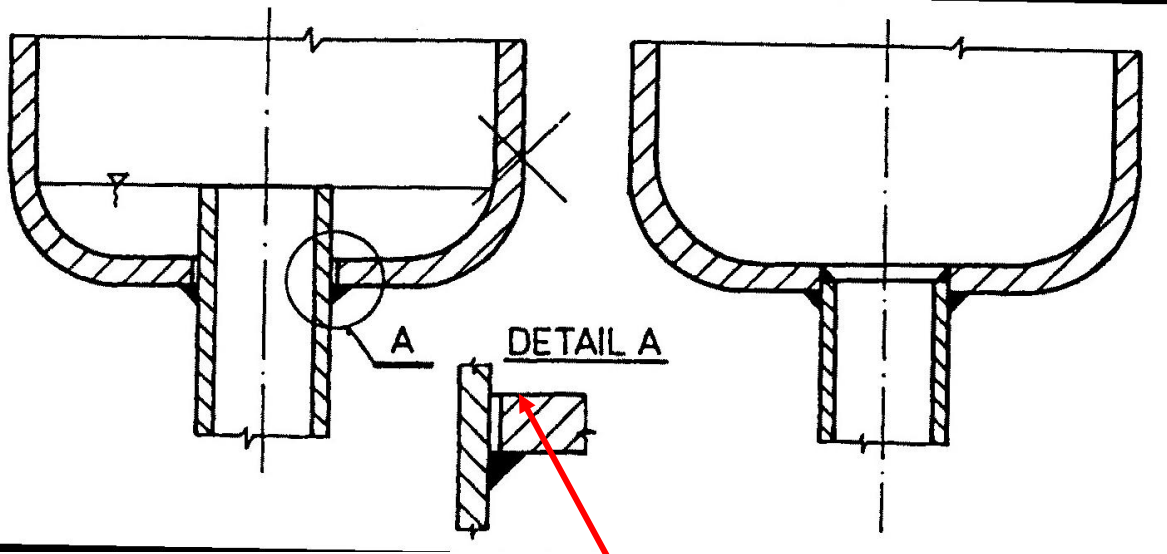
- zkrácení doby styku povrchu s prostředím
- zrovnoměrnění korozních podmínek
- přizpůsobení konstrukce povrchovým úpravám



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

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Zkrácení doby styku povrchu s prostředím

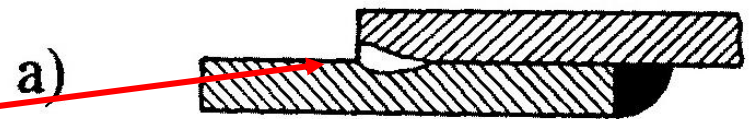


Nevhodné:

- Styk stěn s ostrými úhly
- Uzavřené prostory a kouty (usazeniny)
- Štěrbiny a švy (vzlínání)
- Nedokonalé sevření nýťovaných šroubových a přírubových spojů

a) Nevhodné spojení

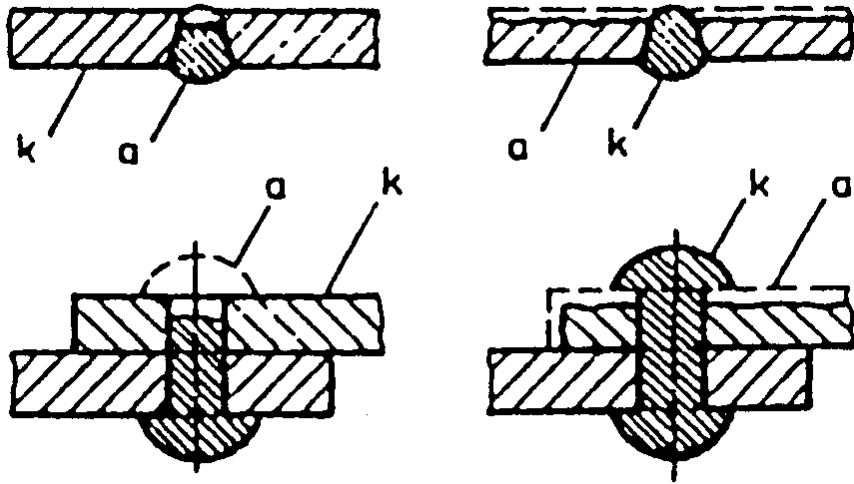
b) Vhodné spojení



b)



Zrovnoměrnění korozních podmínek



Nerovnoměrné podmínky →
makročlánky:

- mezi elektricky vodivými materiály
- mezi místy s různým mechanickým napětím
- mezi místy s různou T
- mezi místy ve styku s prostředím s různou rychlostí proudění
- mezi místy s různým složením

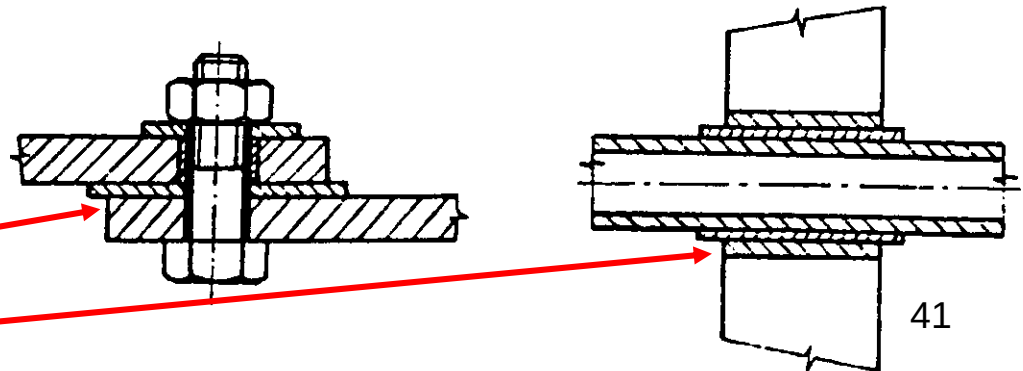
Koroze svarového a nýtového spoje:
materiály s různou korozní odolností:

a - anoda

k - katoda

Zamezení vzniku makročlánků:

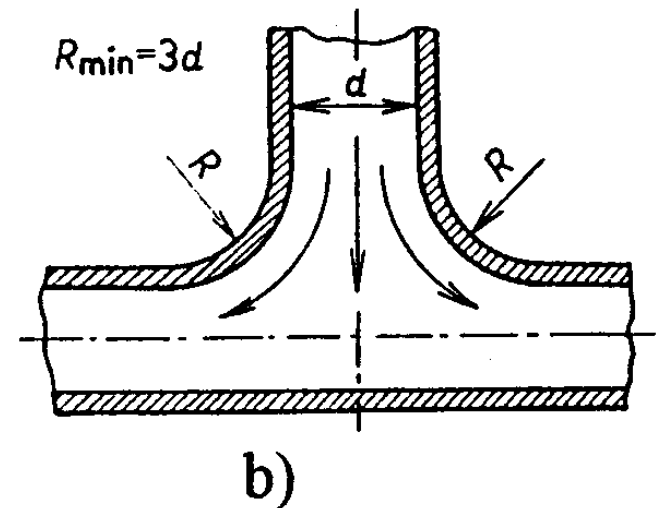
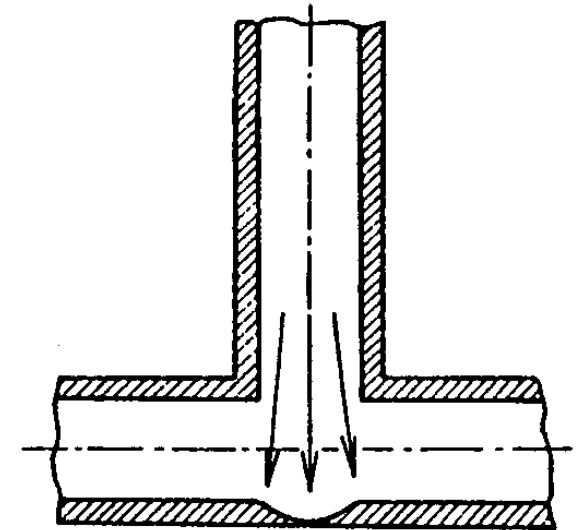
- oddělení izolátory,
- povrchovými úpravami ...



Vzájemný pohyb předmětu a prostředí

- Mírné proudění:
zabraňuje usazování
- rovnoměrná koroze
- Místní prudké zvýšení rychlosti
(turbulence):
 - odstranění ochranných vrstev,
možnost vzniku makrochlanků
 - zvýšení eroze a kavitace
- Konstrukční řešení
 - a) nevhodné
 - b) vhodné

a)



4. Optimální technologie výroby

- **Vznik vnitřního pnutí:**

- tváření
- obrábění
- tepelné zpracování
- svařování
- montáž ...

- **Svařování:**

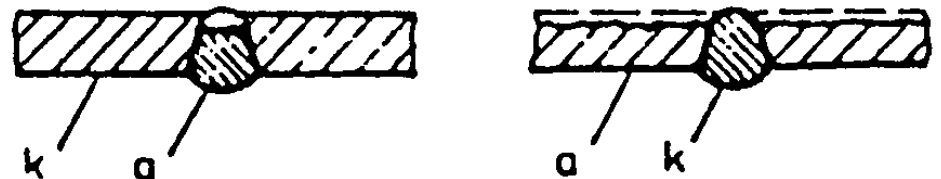
- umístění, typ svaru
 - způsob svařování
 - následné žíhání
 - typ svařovacího materiálu
-

- **Vliv stavu povrchu:**

- drsnost (co nejmenší)
- struktura
- znečištění
- okuje (tepelné zpracování, tváření za tepla ...)
- nerovnoměrnosti → mikročlánky

- **Vliv změn při provozu:**

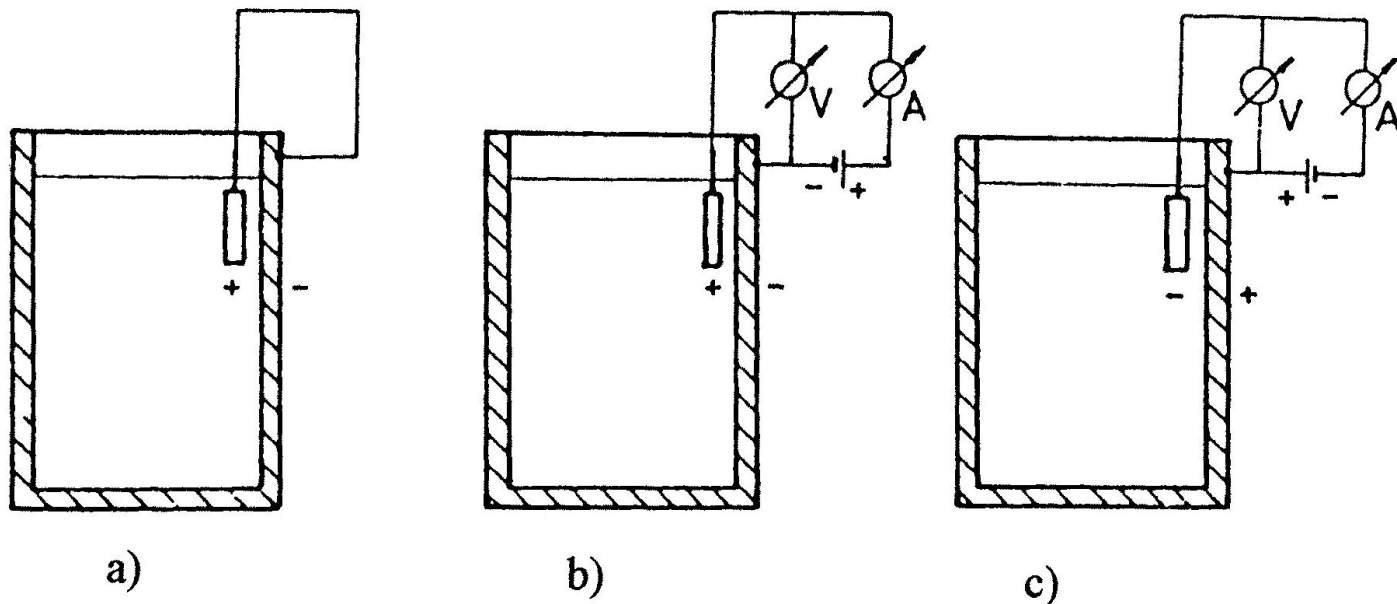
- zpevňování
- změna drsnosti povrchu ...



5. Elektrochemické ochrany

Záměrná změna potenciálu vůči elektrolytu

- ovlivnění velikosti proudu na rozhraní kov - elektrolyt



Ochrana katodická: katodická polarizace → imunita

a) obětovaná anoda - protektorování - rozpouštění anody: pro ocel: Zn, Mg, Al ...

b) vnější zdroj proudu (- 0,85 V) - anoda: málo rozpustný materiál:

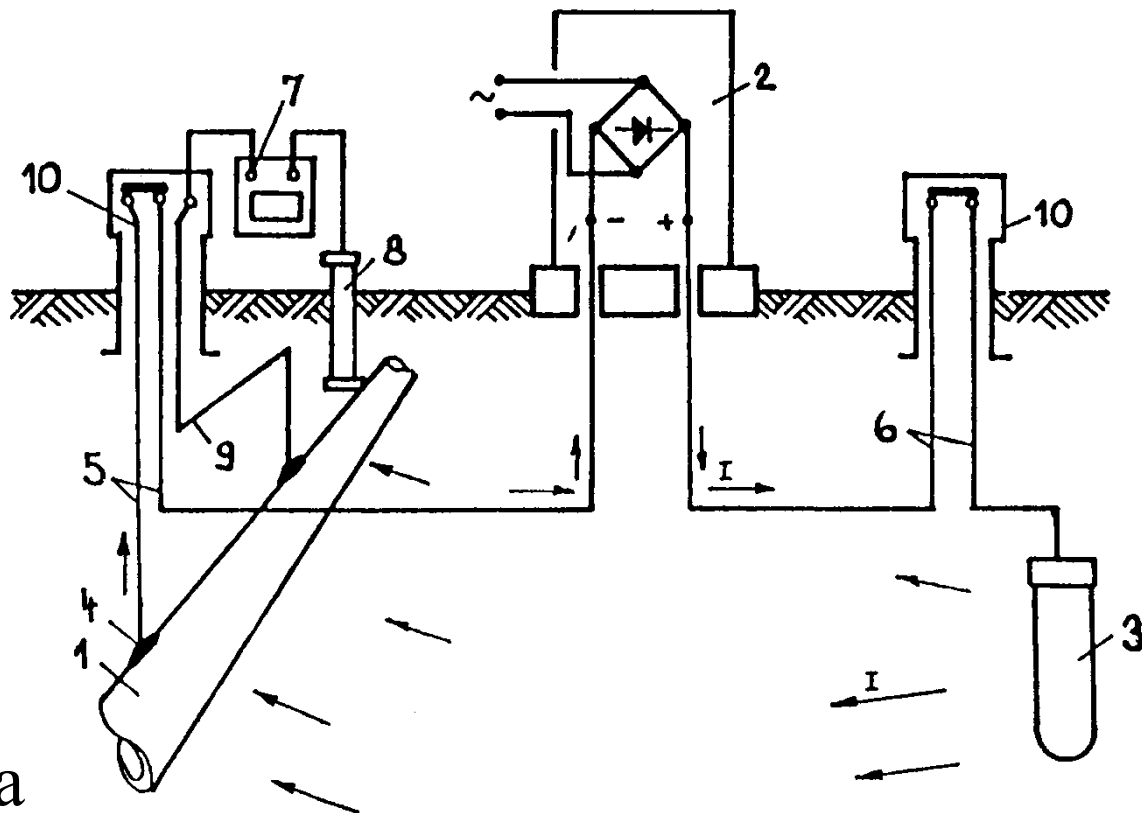
grafit v chloridovém prostředí, Ti nebo korozivzdorné oceli v půdě

c) **Ochrana anodická:** anodická polarizace → pasivita

pro pasivovatelné kovy, polarizace: spojení s ušlechtilým kovem nebo se zdrojem napětí (chromniklové korozivzdorné oceli v roztocích kyselin a hydroxidů, uhlíkové oceli v hydroxidech...)

Katodická ochrana potrubí

1. Chráněné kovové potrubí
2. Napájecí stanice
3. Anoda
4. Místo připojení
5. Katodické vedení
6. Anodické vedení
7. Měření potenciálu
8. Srovnávací elektroda
9. Potenciální vývody
10. Kontrolní vývody



1 stanice pro 10 - 20 km potrubí

$U = -0,85 \text{ V}$

6. Dočasné ochrany

- čištění
- konzervace
 - ropné produkty: oleje, vazelíny, vosky
 - + inhibitory
 - smývatelné NH
 - snímatelné NH
 - plasty, recyklace
- balení
 - obaly
 - přepravní
 - vnější - vyložení beden: plechy, folie, lepenky, papíry ...
 - vnitřní:
 - neuzavřené
 - uzavřené: vodotěsné, parotěsné
 - vypařovací inhibitory

7. Povrchové úpravy

Vztah PÚ k základnímu materiálu:

- **přímé zpracování:**
otryskání, povrchové kalení ...
- **legování povrchu:**
cementace, difúzní chromování, CVD metody ...
- **vrstvy a povlaky jiného složení:**
galvanické chromování, nástřiky, PVD metody ...

Mechanismy působení:

- **katodická ochrana:**
Zn na oceli ...
- **antikorozní legování povrchu:**
difúzní chromování, hliníkování..
- **izolace (bariéra) povrchu:**
nátěrové hmoty, povlaky z plastů, povlaky Sn na oceli ...
- **vrstvy s lepšími ochrannými vlastnostmi:**
fosfátování oceli, oxidace Al ...
- **vrstvy s inhibičním účinkem:**
chromátování Zn, inhibované nátěry ...

Povrchové úpravy

Povrchové vrstvy

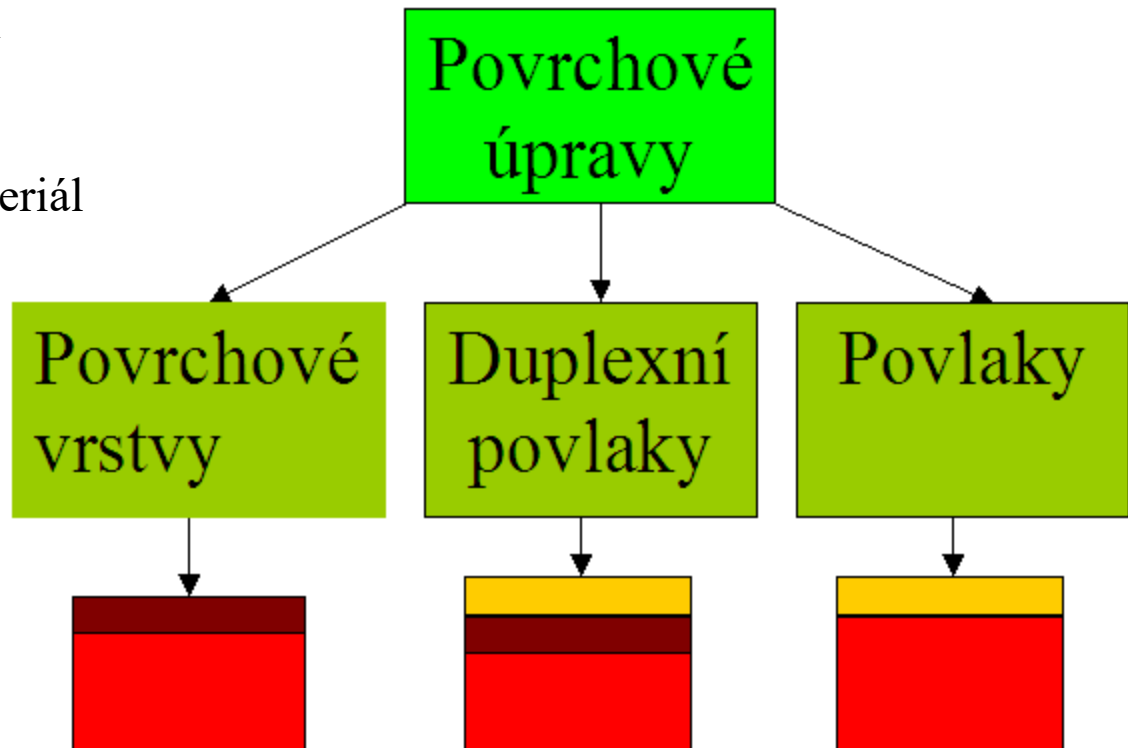
- modifikace chemického složení a mikrostruktury na povrchu a v podpovrchových vrstvách základního materiálu
- pozvolný gradient vlastností (fyzikálních, chemických a mechanických) bez jejich náhlé změny - od povrchu do jádra materiálu

Povlaky

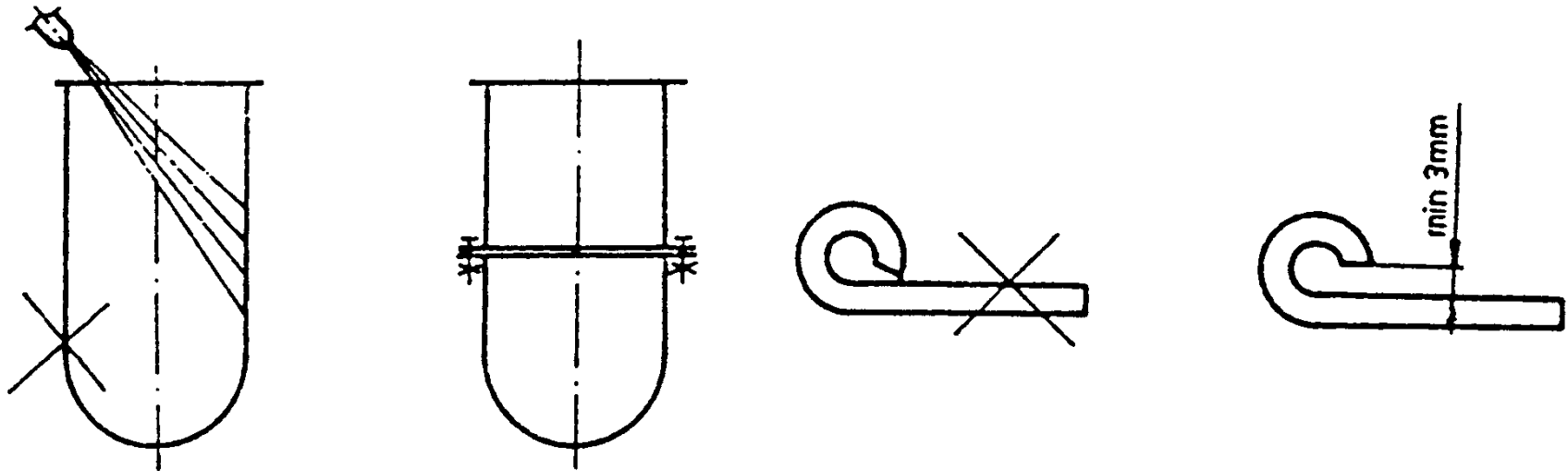
- nanáší se na povrch materiálu
- zvětšují rozměr součásti
- obvykle odlišné chemické složení i struktura než základní materiál
- skoková změna vlastností na rozhraní povlak - základní materiál
- vliv tloušťky povlaku:
větší tloušťka →
roste tahové vnitřní pnutí
v povlaku → klesá přilnavost

Duplexní povlaky

- kombinace:
modifikace povrchových vrstev
+ nanesení povlaku
- postupná změna vlastností



Možnost provedení PÚ

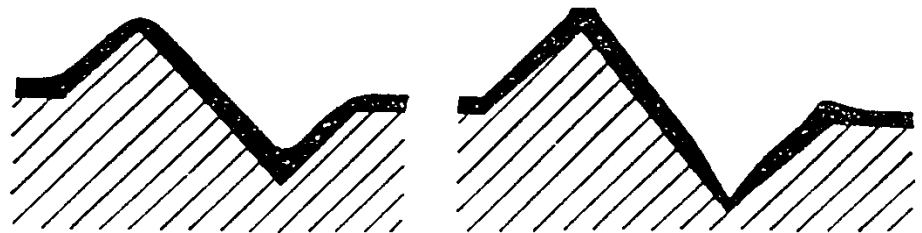


Zohlednění provedení, popř. obnovení PÚ

Vliv volby typu PÚ

a) nátěr

b) galvanizace



a)

b)

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