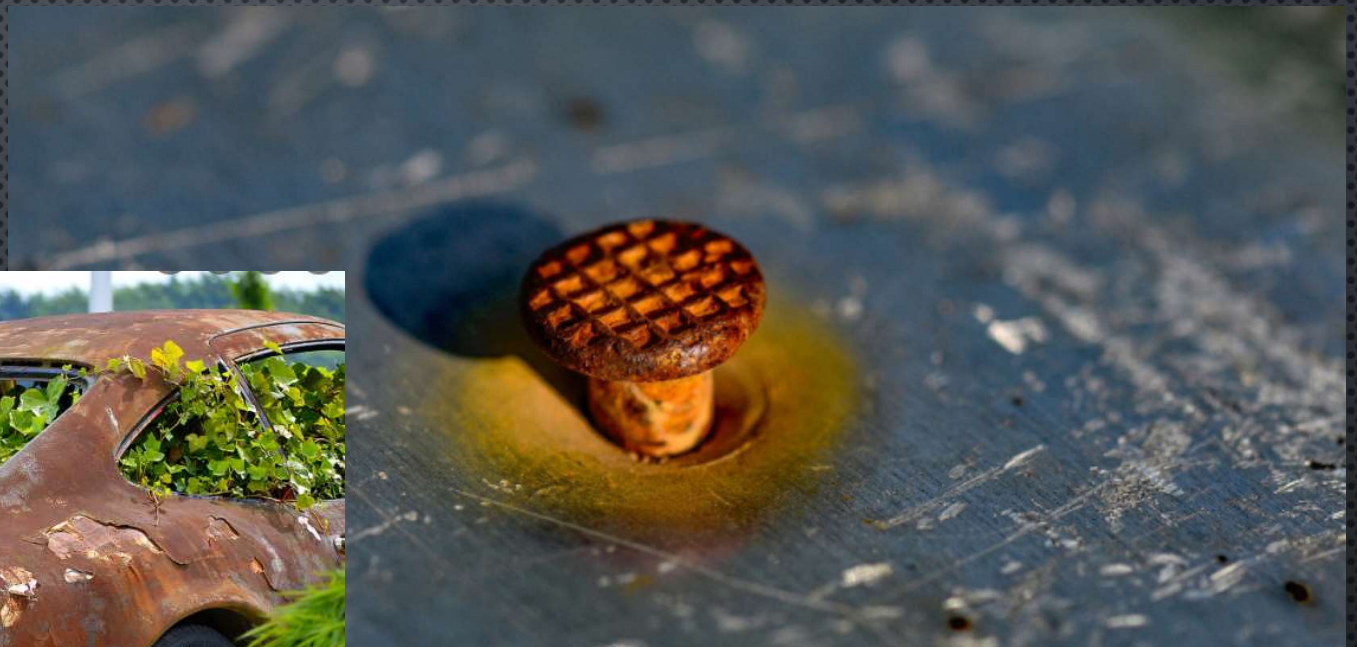


POVRCHOVÉ ÚPRAVY – PROCESY GALVANIZACE, NÁTĚRY, PVD – CVD DEPOZICE

Prof. Dr. Ing. Antonín Kříž, IWE

KOROZE KOVŮ A SLITIN

- Co je to koroze?



KOROZE KOVŮ A SLITIN

- Co je to koroze?
- samovolné, postupné rozrušení materiálu vlivem chemické nebo elektrochemické reakce s prostředím
- Korodují nejen kovy, ale mohou korodovat i plasty, stavební materiály, dokonce i dřevo (ve smyslu degradace)

Degradace dřeva – malé zastavení

- jehličnaté dřevo je odolnější než dřevo listnáčů
- poměrně dobře odolává agresivním chemikáliím v porovnání např. s kovy, kameninou i některými druhy plastů
- využití při výrobě nádrží, sudů, podlah i potrubí do agresivních prostředí

Degradace dřeva



Přirozená odolnost některých vybraných dřevin proti dřevokazným houbám

Jehličnany – středoevropský region

Dřevina		Třída odolnosti podle EN 350-1, 2	Pravděpodobná trvanlivost v třídě ohrožení 4 (EN 335-1, 2) [rok]
český název	botanický název		
Borovice lesní	<i>Pinus sylvestris</i>	3 ÷ 4 ^{x)}	6 ÷ 15 ^{x)}
Borovice černá	<i>Pinus nigra</i>	4 ^{x)}	6 ÷ 10 ^{x)}
Borovice vejmutovka	<i>Pinus strobus</i>	4 ^{x)}	6 ÷ 10 ^{x)}
Douglaska	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	3	10 ÷ 15
Jedle	<i>Abies alba</i>	4	6 ÷ 10
Modřín	<i>Larix decidua</i>	3 ^{x)}	10 ÷ 15 ^{x)}
Smrk ztepilý	<i>Picea abies</i>	4	6 ÷ 10
Smrk sitka	<i>Picea sitchensis</i>	5	3 ÷ 6
Tis červený	<i>Taxus baccata</i>	2 ^{x)}	15 ÷ 25 ^{x)}
Zerav řasnatý (cedr červený)	<i>Thuja plicata</i>	2 ^{x)}	15 ÷ 25 ^{x)}

Pozn.: ^{x)} Údaje platí pro jádrové dřevo;

bělové dřevo je klasifikováno třídou odolnosti 5 (trvanlivost menší než 6 let).

Přirozená odolnost některých vybraných dřevin proti dřevokazným houbám

Listnaté stromy – středoevropský region

Dřevina		Třída odolnosti podle EN 350-1, 2	Pravděpodobná trvanlivost v třídě ohrožení 4 (EN 335-1, 2) [rok]
český název	botanický název		
Akát bílý	Robinia pseudopapacia	2 ^{s)}	15 ÷ 25 ^{s)}
Buk lesní	Fagus sylvatica	5	2 ÷ 6
Bříza obecná	Betula pendula	5	2 ÷ 6
Dub letní ÷ zimní	Quercus robur	2 ^{s)}	15 ÷ 25 ^{s)}
Habr obecný	Carpinus betulus	5	2 ÷ 6
Jasan ztepilý	Fraxinus excelsior	5	2 ÷ 6
Jilm polní	Ulmus carpinifolia	4	6 ÷ 10
Olše šedá	Alnus glutinosa	5	2 ÷ 6
Ořešák vlašský	Juglans regia	3 ^{s)}	10 ÷ 15 ^{s)}
Teak	Tectona grandis	1 ÷ 3	více než 10

Pozn.: ^{s)} Údaje platí pro jádrové dřevo;
bělové dřevo je klasifikováno třídou odolnosti 5 (trvanlivost menší než 6 let).

MĚKKÁ A VELMI MĚKKÁ	STŘEDNĚ TVRDÁ	TVRDÁ A VELMI TVRDÁ
Méně než 40 MPa	40 – 80 MPa	Více než 80 MPa

VELMI MĚKKÉ DŘEVO

STROM	POZNÁMKA	POUŽITÍ
LÍPA	Lehké, dobře opracovatelné dřevo, vysoce ceněné řezbářů	Řezbářské práce, výroba hudebních nástrojů
TOPOL	Rychle rostoucí dřeviny cileně pěstované pro biomasu	Výroba dých, poddýžek a zápalek
VRBA		Dřevěné obaly (bedny)

MĚKKÉ DŘEVO

STROM	POZNÁMKA	POUŽITÍ
SMRK ZTEPILÝ	Náš nejrozšířenější jehličnatý strom	Stavebnictví, nábytkářství, truhlářství, výroba celulózy a papíru
JEDLE	V lesích České republiky je dnes zastoupena pouze 1 %	Rekonstrukce krovů historických budov a dřevěných staveb
BOROVICE	Lehké, pružné dřevo bohaté na pryskyřici	Stavebnictví, nábytkářství, truhlářství
MODŘÍN	Lehké, pružné a trvanlivé dřevo (vzdoruje hnilobě)	Stavebnictví, nábytkářství, obklady stěn
DOUGLASKA	Pevné dřevo s červeným jádrem a zarůžovělou bělí	Nábytkářství
JALOVEC	Trvanlivé, vonné dřevo	Řezbářství, umělecké truhlářství, výroba dýmek
BŘÍZA	Dřevo hoří i velmi vlhké	Soustružnictví
OLŠE	Dřevo velmi odolné vůči vodě	Umělecké truhlářství, lišty, překližky
STŘEMCHA	Dřevo vonící po mandlich	Výroba drobných předmětů

STŘEDNĚ TVRDÉ DŘEVO

STROM	POZNÁMKA	POUŽITÍ
JÍROVEC MAĎAL	Méně trvanlivé dřevo	Stavebnictví, nábytkářství
JILM	Hodnotné dřevo	Nábytkářství
PLATAN	Výhřevné dřevo	Truhlářství, intarzie
LÍSKA	Pružné, ohebné dřevo	Řezbářství

TVRDÉ DŘEVO

STROM	POZNÁMKA	POUŽITÍ
TIS	Husté dřevo, nejtěžší z našich domácích dřevin	V minulosti výroba vzácného nábytku
DUB	Tvrdé a trvanlivé dřevo	Stavebnictví, truhlářství, masivní nábytek, podlahy, prahy, sudy
BUK	Těžké, trvanlivé dřevo	Truhlářství, ohýbaný nábytek, schody, parkety, násady
JASAN	Velmi houževnaté, pružné a ohebné dřevo	Sportovní náčiní (lyže, saně, luky, ...), nábytek, parkety, násady, dýhy
JAVOR	Stejněměrná jemná vlákna	Nábytek, hudební nástroje, hračky
JEŘÁB	Lesklé, hodnotné dřevo	Násady, hudební nástroje, dýhy
AKÁT	Těžké, pružné a houževnaté dřevo	Stavebnictví, výroba nářadí
OŘEŠÁK	Velmi kvalitní dřevo	Nábytkářství, řezbářství, pažby, dýhy
JABLOŇ	Těžké, málo trvanlivé dřevo	Řezbářství
HRUŠEŇ	Tvrdé, pružné, hodnotné dřevo	Nábytkářství, řezbářství
TŘEŠEŇ	Velmi dobře ohebné dřevo	Nábytkářství, umělecké truhlářství, plovoucí podlahy, překližky, dýhy

VELMI TVRDÉ DŘEVO

STROM	POZNÁMKA	POUŽITÍ
ŠVESTKA	Husté, stejnoměrné, velmi tvrdé dřevo	Řezbářství, dekorální předměty, dýmky
HABR	Nejtvrdší dřevo našich stromů	Topůrka, násady, hoblíky, hudební nástroje
DŘÍN	Pevné, dobře leštitelné dřevo	Drobné dřevěné výrobky, hole
ZIMOSTRÁZ	Jedno z nejhustších dřev	Hudební nástroje, ozdobné předměty

KOROZE KOVŮ A SLITIN

- z hlediska hospodářských ztrát je nejvýznamnější koroze kovových materiálů
- v průmyslově vyspělých státech dosahují korozní ztráty 3 až 6% hrubého domácího produktu
- HDP v České Republice (2020) = 243,5 miliardy USD →
≈ 270 miliard Kč
 - 130krát více než požáry
 - výdaje na výzkum a vývoj (ČR 2020) 113,4 miliardy Kč
- až 20 % korozních ztrát lze ušetřit s využitím znalostí o protikorozní ochraně



KOROZE KOVŮ A SLITIN

- **KOROZE**: fyzikálně-chemická interakce kovu a prostředí vedoucí k nežádoucím změnám vlastností kovu, které vyvolávají významné zhoršení funkce kovu, prostředí nebo technického systému, jehož jsou kov a prostředí složkami.
- Bible (Evangelium. Sv. Matouše 6:19) „Neskládejte sobě pokladů na zemi, kdež mol a rez kazí, a kdež zloději vykopávají a kradou“.
- kovy v ryzím stavu: Cu, Fe, Hg, Ag, Au, ..
- další výrobou z rudy → energeticky bohatý produkt – kov
 - koroze návrat ke stabilnější formě s nižší energií

KOROZE KOVŮ A SLITIN

- koroze není primární užitná vlastnost
- dostatečná korozní odolnost → zachování primární užitné vlastnosti
- korozní rychlost (rychlost korozního děje) → doba požadované a dosahované životnosti může být z hlediska technického použití velmi různá
- Jaká je hranice přijatelné korozní rychlosti?

rychlost anodického rozpouštění kovu		příklad
mm za rok		
10^6	1 km za rok	elektrochemické obrábění
10^5		měď v koncentrované kyselině dusičné
10^4		maximální pasivační proudové hustoty
10^3	1 m za rok	elektrochemické leštění
10^2		zinek ve zředěné kyselině sírové
10^1		měď ve vodném roztoku čpavku
10^0	1 mm za rok	z technického hlediska ještě někdy přijatelná korozní rychlost
10^{-1}		hranice technicky přijatelné korozní rychlosti chemického zařízení
10^{-2}		aktivní ocel v betonu, uhlíková ocel ve vlhké atmosféře
10^{-3}	1 μ m za rok	měď nebo zinek v městské atmosféře
10^{-4}		pasivní ocel v betonu, kovy v lidském těle (maximální hodnoty)
10^{-5}		hliník v čisté vnější atmosféře
10^{-6}	1 nm za rok	hranice citlivosti měřících metod pro stanovení korozní rychlosti

Zeleně je vyznačena hlavní oblast zájmu korozního inženýrství
 Žlutě je vyznačena oblast nekoročních aplikací resp. korozních havarijních stavů

KOROZE KOVŮ A SLITIN

- dělení koroze:
- podle dějů, které korozi způsobují
 - **elektrochemická** (prostředí kapalné, iontově vodivé, především vodné)
 - **chemická** (elektricky nevodivé prostředí – např. plyny; za vysokých teplot – vysokoteplotní koroze)
 - **ostatní** (biologická koroze, kavitace)
- dle prostředí
 - atmosférická, ve vodě, v půdě, ..
- podle druhu napadení
 - rovnoměrná x nerovnoměrná koroze

KOROZE KOVŮ A SLITIN

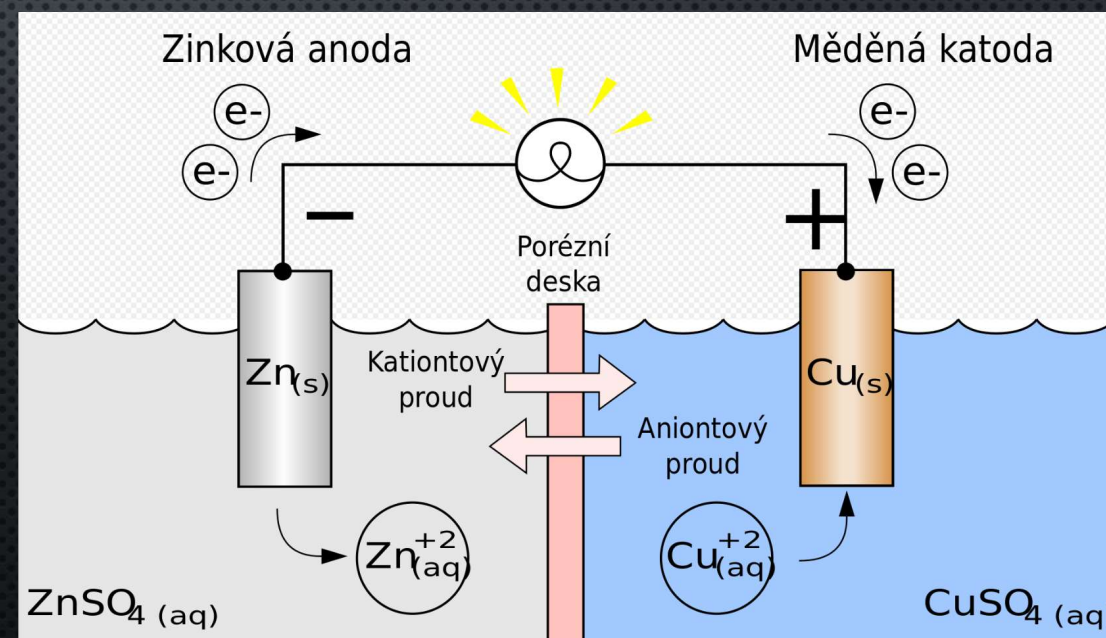
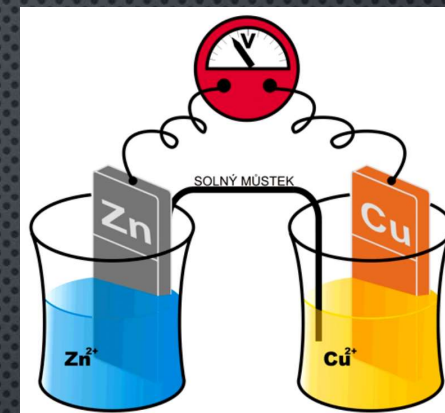
- **Elektrochemická koroze**
- Princip: vznik a existence elektrochemického článku
 - Elektrochemický článek
 - Dvě elektrody (elektronově vodivé) – anoda, katoda
 - anoda – probíhá oxidace → koroze, uvolňují se elektrony
 - katoda – probíhá redukce → spotřeba elektronů
 - katodou může být i roztok, pokud v něm probíhají změny, jež spotřebovávají elektrony!!
 - musí probíhat obě poloreakce, elektrony se nemohou nikde hromadit!!
 - Elektrolyt – kapalná nebo pevná fáze, jež je iontově vodivá

KOROZE KOVŮ A SLITIN

- Elektrochemický článek → korozní článek
 - dva **různé** kovy v elektrolytu → galvanický článek
 - dva **stejně** kovy v elektrolytu → koncentrační článek
 - o **různé** koncentraci
 - dva **stejně** kovy v elektrolytu → teplotní článek
 - o **stejně** koncentraci, ale **rozdílné** teplotě

KOROZE KOVŮ A SLITIN

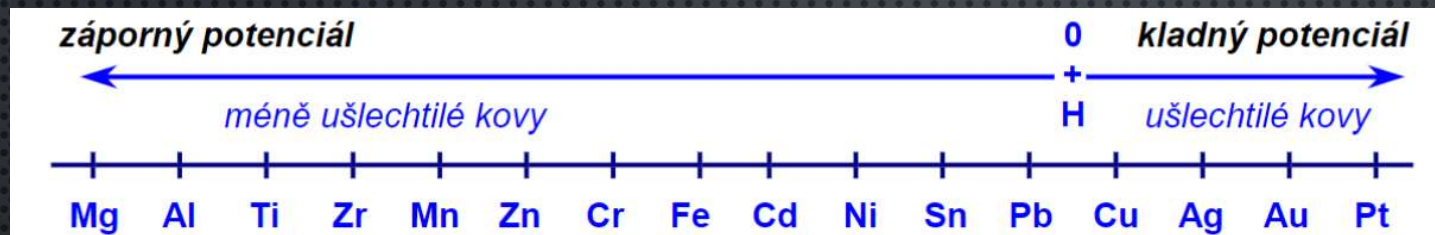
- Daniellův článek: Cu v roztoku Cu^{2+} a Zn v roztoku Zn^{2+}
- katoda: měď
 - $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$
- anoda: zinek
 - $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$



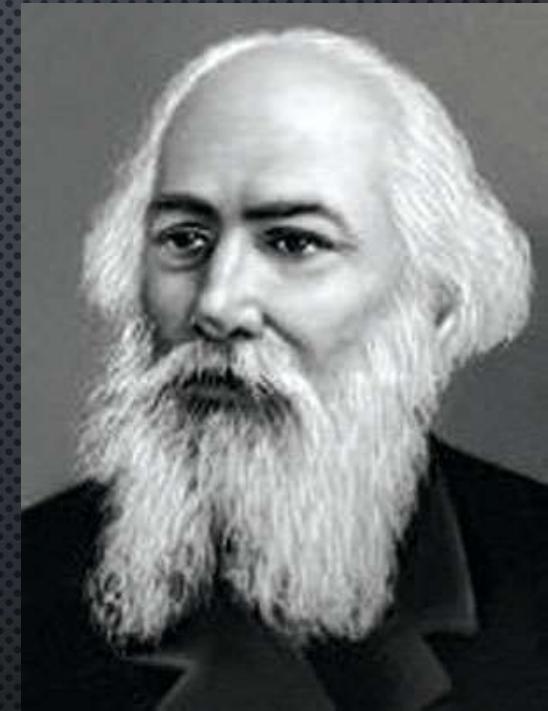
V roce 1881 se na mezinárodní konferenci využil Daniellův článek k tehdejší definici **jednotky volt**.

KOROZE KOVŮ A SLITIN

- termodynamická stabilita → standardní rovnovážný potenciál → E_r^0 [V] → Beketovova (elektrochemická) řada kovů



- daný kov je schopen vytěsnit (vyredukovat) z roztoku všechny kovy umístěné v řadě reaktivnosti vpravo od něj (popř. i vodík)
- méně ušlechtilý kov = anoda



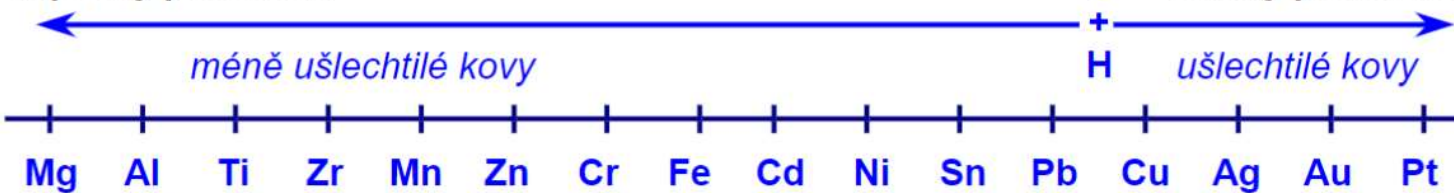
- NIKOLAJ NIKOLAJEVIČ BEKETOV (1827 - 1911)

Elektrochemická řada napětí

- vznikne seřazením kovů podle hodnoty jejich standardních potenciálů

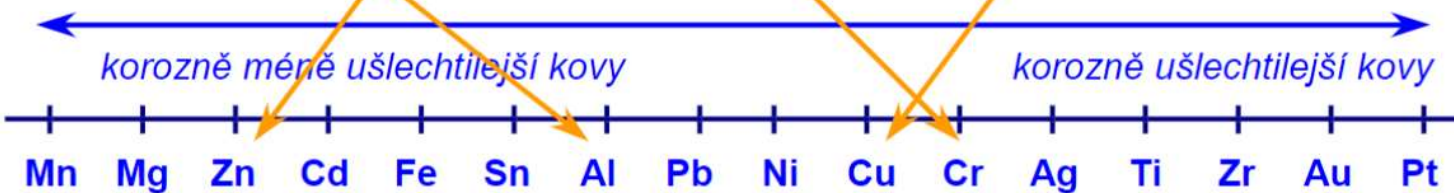
záporný potenciál

0 *kladný potenciál*



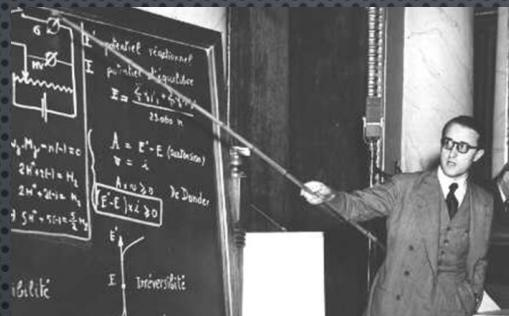
Korozní řada

- vznikne seřazením kovů podle jejich korozní odolnosti



- Řada ušlechtilosti kovů
 - vychází z podmínky rovnováhy s vlastními ionty, reálně je této rovnováhy dosahováno jen velmi zřídka
 - nepočítá také se vznikem nerozpustných korozních produktů, ochranné vrstvy

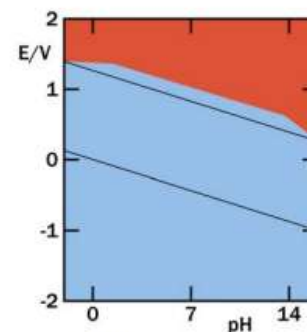
KOROZE KOVŮ A SLITIN



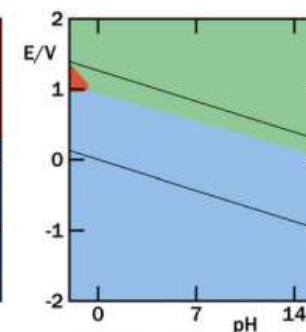
- Marcel Pourbaix
(1904-1998)

• Diagramy potenciál – pH

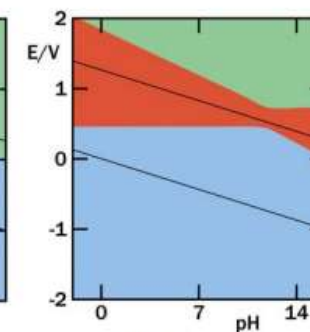
- vymezují při dané konstantní teplotě v závislosti na oxidační schopnosti prostředí a hodnotě pH, tři termodynamické stavy:
 - stabilitu
 - aktivitu
 - pasivitu



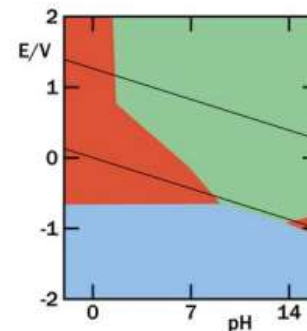
4a. zlato



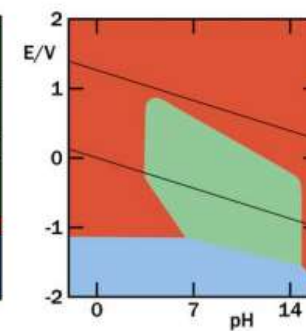
4b. platina



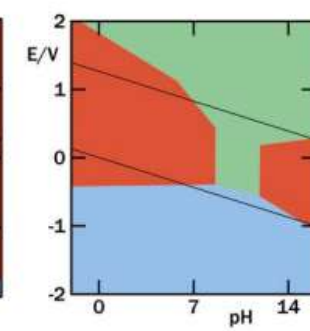
4c. stříbro



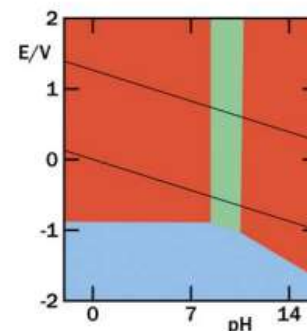
4d. železo



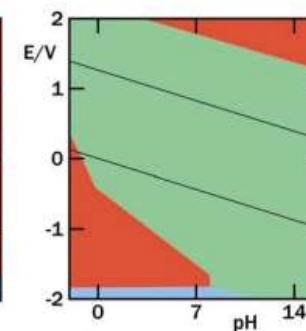
4e. chrom



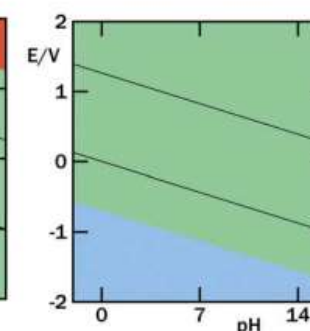
4f. nikl



4g. zinek



4h. titan



4i. tantal

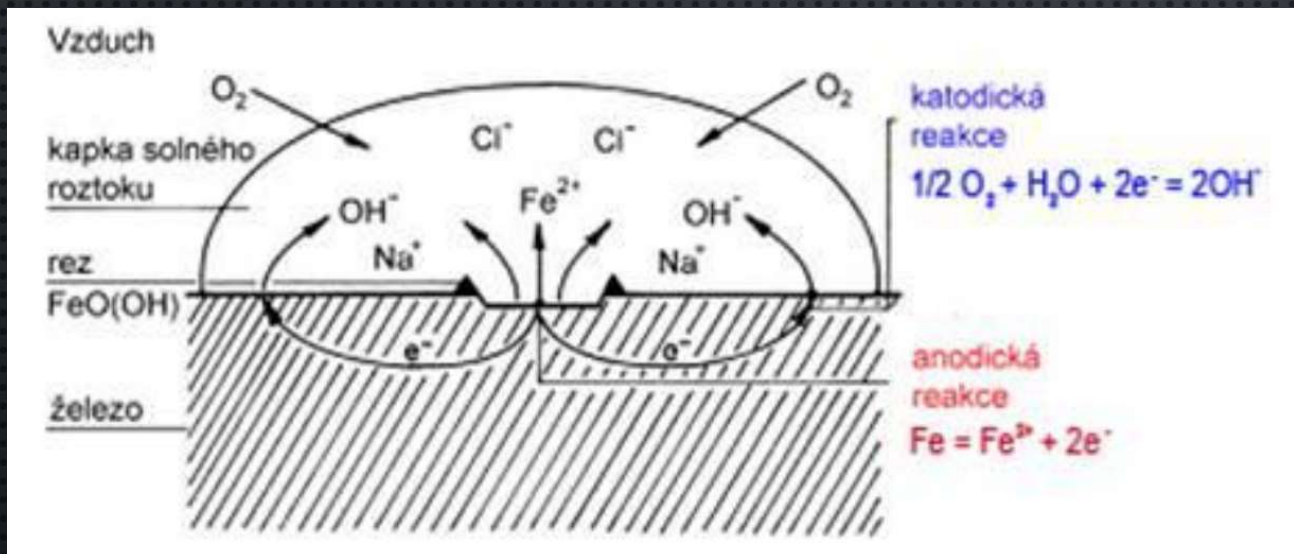
Diagramy E – pH (kov – voda při 25°C) pro vybrané kovy.
červená oblast – aktivita, zelená – pasivita, modrá – imunita

KOROZE KOVŮ A SLITIN

- Koroze v atmosféře
- až 80 % všech ztrát způsobených korozi
- elektrochemický mechanismus → suchý vzduch – zanedbatelná korozní rychlost
- vlhkost atmosféry → koroze
- nadkritická vlhkost vzduchu, pokud relativní vlhkost > 60 až 80 % (10 až 14 g H₂O na 1 m³ při 20 °C)
- doba ovlhčení
 - V ČR asi třetina až polovina celkové doby (3200 až 4000 h za rok)
 - nejvýznamnější stimulatory koroze kovů jsou oxid siřičitý a chloridy
 - sírany → stimulují aktivní rozpouštění železa

KOROZE KOVŮ A SLITIN

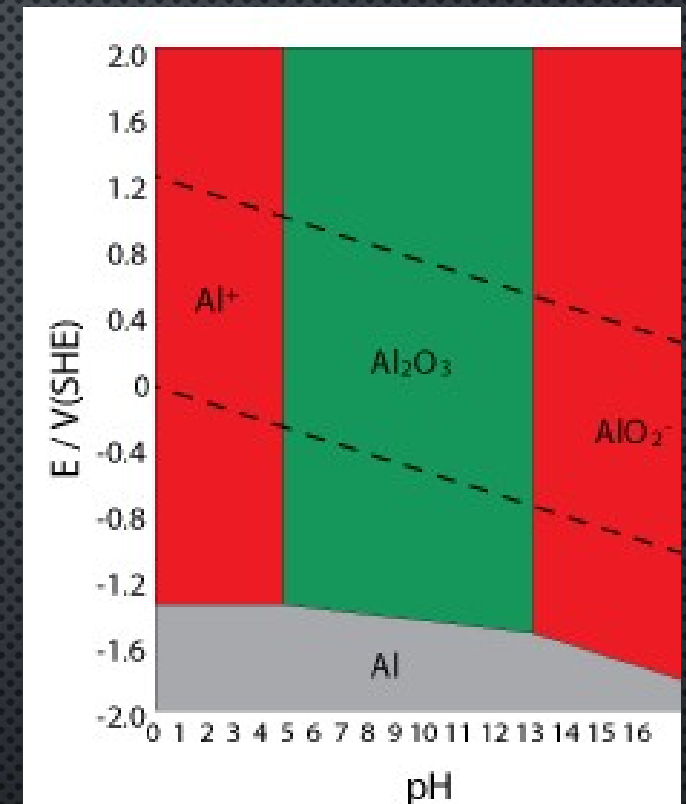
- Koroze v atmosféře
- při korozi kovů v atmosféře se uplatňuje převážně redukce kyslíku jako katodická reakce
- rez – pórovitý precipitát hydratovaných oxidů železa
 - nemá ochranný účinek
 - většinou znehodnocuje vzhled předmětu
 - v trvale vlhké atmosféře vznikají objemné korozní produkty



Koroze hlavního nosníku sousoší Nejsvětější Trojice v Olomouci

KOROZE KOVŮ A SLITIN

- Koroze v atmosféře
- Hliník
- samovolný vznik ochranné vrstvy
- modifikace Al_2O_3 , příp. i $\text{Al}(\text{OH})_3$
- hliník je náchylný na bodovou korozi za přítomnosti chloridů
- v podmínkách běžné atmosféry bez chloridů je hliník zcela odolný



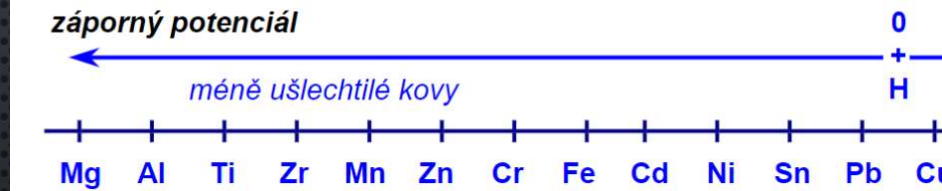
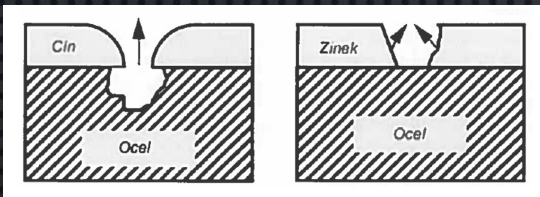
KOROZE KOVŮ A SLITIN

- Koroze v atmosféře
- Měď
- dobrá zpracovatelnost a povrch, který působí velmi esteticky
- patina (ochranná vrstva) → v čase proměnná
- bazické sírany a chloridy
 - brochantit $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$,
 - antlerit $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{Cu}(\text{OH})_2$,
 - atakamit $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$
- ekologický aspekt



KOROZE KOVŮ A SLITIN

- Koroze v atmosféře
- Zinek
- ochranná vrstva → bazický uhlíčan, síran nebo chlorid (u moře)
- trvale vysoká relativní vlhkost → hydroxid zinečnatý, nemá dobré ochranné účinky
- povlak na oceli, **pozor!** jen do 60 °C



- titan-zinek → malé množství titanu a mědi
 - pro stavební klempířství a dodává se ve formě plechů a typizovaných polotovarů jako střešní krytina, obkladový materiál a další doplňkové prvky
 - lepší mechanické a technologické vlastnosti



KOROZE KOVŮ A SLITIN

- Koroze v atmosféře
- Zlato
 - ušlechtilý kov, prakticky nekoroduje
- Stříbro
 - čistá atmosféra → bez koroze
 - sirné znečištění → tvorba sulfidů (Ag_2S) → zčernání



KOROZE KOVŮ A SLITIN

- Patinující ocel – COR-TEN; ATMOFIX
- v architektuře známá již od 60. let minulého století
- nízkolegované uhlíkové oceli → desítky % Cr, Ni, Cu, (P)
- rez má ochranný a dekorativní účinek
- postupný vývoj, ustálených vlastností dosahuje cca po 3 až 5 letech
- vyšší kompaktnost, nižší poréznost, rovnoměrné zbarvení
- v běžných podmínkách se v období 3 – 4 leté expozice sníží korozní rychlost patinujících ocelí na hodnoty 5 – 7 μm za rok na rozdíl od běžných konstrukčních uhlíkových ocelí, u kterých se sníží pouze na hodnotu 25 – 30 μm za rok

Kvalita ocelí je specifikována normou ČSN EN 10025-5 *Výrobky válcované za tepla z konstrukčních ocelí*

– Část 5: *Technické dodací podmínky pro konstrukční oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi.*

Obchodní označení	Obsah jednotlivých prvků v oceli [hm. %]										
	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Cu	V	Al	Nb
Cor-Ten A	0,09	0,35	0,30	0,081	0,005	0,27	0,48	0,28		0,037	
Cor-Ten B	0,19	0,80 1,25	0,30 0,65	0,04	0,05	0,40	0,40 0,65	0,25 0,40	0,02 0,10		
Atmofix A	0,12	0,30 1,00	0,25 0,75	0,05 0,06	0,04	0,30 0,60	0,50 1,25	0,30 0,55	0,01 0,10	0,01	
Atmofix B	0,10 0,17	0,90 1,20	0,20 0,45	0,03 0,06	0,04	0,30 0,60	0,40 0,80	0,30 0,55	0,01 0,1		0,04

Počáteční korozní rychlost patinujících ocelí je přibližně stejná jako u běžných konstrukčních uhlíkových ocelí, vyšší odolnost proti atmosférické korozi se projeví až po určité době.

Tvorba ochranné vrstvy korozních produktů – patiny – je podmíněna cyklickým působením mokrých a suchých period. Ve vhodných atmosférických podmínkách (uplatňuje se i vliv znečištění ovzduší) vzniká postupně pevná a přilnavá vrstva korozních produktů – patina, která zpomaluje korozní proces. Vrstva patiny se vyvíjí postupně a ustálených vlastností dosahuje cca po 3 až 5 letech. Tloušťka vrstvy patiny dosahuje max. 200 μ m, průměrné tloušťky jsou cca 100 μ m.

Vrstva patiny sestává z podvrstev, které se odlišují zejména svými mechanickými vlastnostmi. Hlavní složky korozních produktů oceli jsou goethit α -FeOOH (nejstabilnější fáze), akaganeit α -FeOOH, lepidokrokít γ -FeOOH, magnetit Fe_3O_4 a také amorfní a nestechiometrické sloučeniny. Na základě porovnání poměru jednotlivých sloučenin ve vrstvě patiny byl definován index PAI (Protective Ability Index), který je kvantitativním kritériem ochranné účinnosti patiny.

Ochranná účinnost vzniklých vrstev oxidů závisí zejména na jejich schopnosti bránit průniku agresivního prostředí vrstvou a snižovat významně korozní rychlost.

V běžných atmosférických podmínkách (korozní agresivita stupně C3) se v období cca 3 – 4 roky expozice sníží korozní rychlost patinujících ocelí na hodnoty 5 – 7 $\mu\text{m}\cdot\text{r}^{-1}$ na rozdíl od běžných konstrukčních uhlíkových ocelí, u kterých se sníží pouze na hodnotu 25–30 $\mu\text{m}\cdot\text{r}^{-1}$.

Povětrnosti odolná ocel je cca o 30–60 % dražší než normální nelegovaná ocel, ale životnost normální stavební oceli neochráněné proti korozi se pohybuje v rozsahu 20–30 let, zatímco u oceli povětrnosti odolné je životnost, při správném použití, prakticky neomezená.

Povětrnosti odolná ocel je cca o 30–60 % dražší než normální nelegovaná ocel, ale životnost normální stavební oceli neochráněné proti korozi se pohybuje v rozsahu 20–30 let, zatímco u oceli povětrnosti odolné je životnost, při správném použití, prakticky neomezená.

Povrch atmosféře odolné oceli musí být pro plnou funkčnost volný, větraný, neporostlý mechy.

Nesmí být trvale zašpiněný či trvale mokrý. Na toto je nutno dbát při návrhu konstrukcí, jakož i při jejich skladování, transportu a montáži.

Předpokladem k úspěšné funkčnosti a použití tohoto typu oceli je jednak okolní atmosféra, ale také mikroklima vytvořené v určitém místě např. stavebního detailu. Optimální fasády jsou větrané, zcela hladké či s minimálními nerovnostmi.

Základní zásady užití a navrhování konstrukcí:

- a) Žádná trvalá vlhkost;
- b) Opakování cyklu navlhnutí a vysychání;
- c) Žádné či nízké napadání agresivními prvky a sice:
 - chloridy (sůl z moře či z postřiku komunikací),
 - oxidem siřičitým (ne více než 50 mg/m^3 či 40 mg/m^2 za den),
 - přímý kouř z průmyslového spalování či chemického spalování.

Obecně lze konstatovat, že použití těchto ocelí není vhodné ve vzdálenosti menší než 3 m od tekoucí vody, v oblastech s trvalým výskytem mlhy, ve vzdálenosti menší než 1 km od moře, stejně jako v oblastech s vysokou korozní agresivitou ovzduší C5. Pozor též na sůl z postřiku komunikací.

Pro použití ve stavebnictví jsou zpravidla navrhovány oceli s min. mezí kluzu 235 N/mm^2 a 355 N/mm^2 při tloušťkách plechu 2–6 mm (1,6–8 mm). Požadavky e stavebnictví jsou na kvalitu se řídí normou EN 1090-2. Při určení, zda je možno použít ocel odolnou proti atmosférické korozi, je nutno určit nejen korozní agresivitu prostředí, ale též přímo mikroklima na fasádě či v objektu,

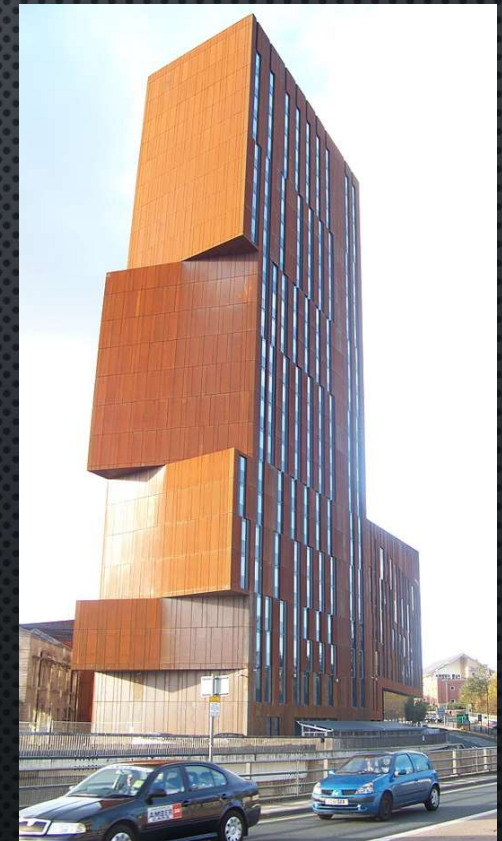
KOROZE KOVŮ A SLITIN



pomník gen. George Pattona



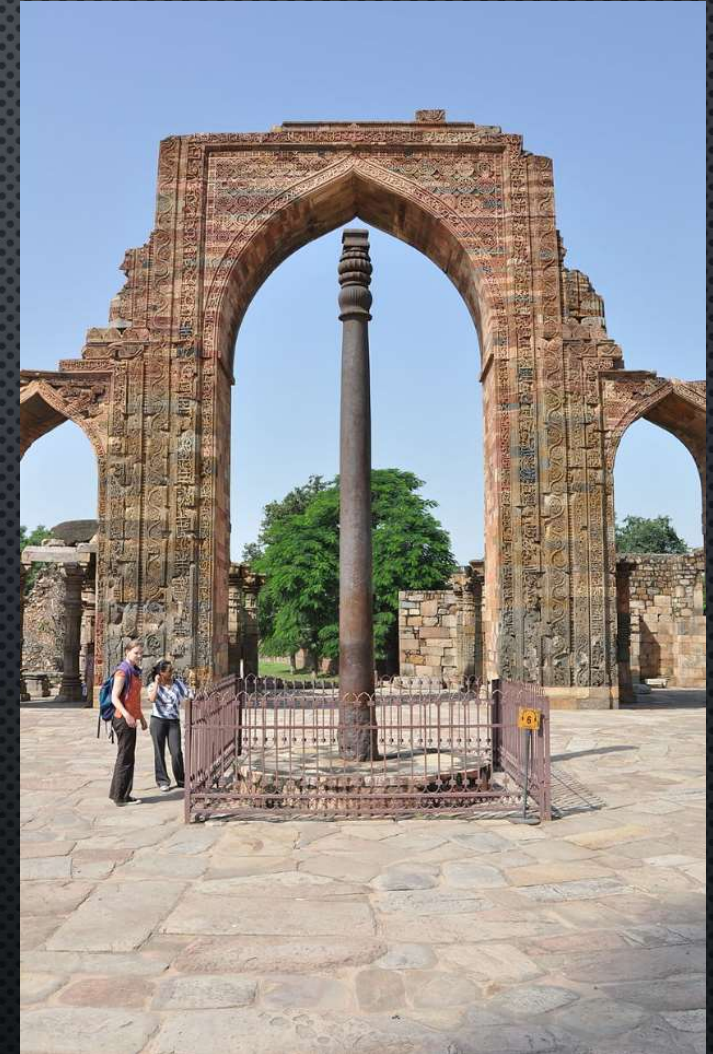
Most přes řeku Zadorru ve Vitoria-Gasteiz



Univerzitní budova v Leedsu

KOROZE KOVŮ A SLITIN

- nekorodující sloup v Dillí
- pilíř z 4. až 5. století, délka 7,2 m, hmotnost asi 6 tun
- povrch pokryt korozními produkty
- vysoká technická dovednost obyvatel Indie
- krátká doba ovlhčení
 - velká tepelná kapacita, 10 % dnů s deštěm
- 98% Fe, nízký obsah síry, vyšší obsah fosforu
- struktura rzi je částečně podobná rzi vzniklé na patinující oceli



KOROZE KOVŮ A SLITIN

- Koroze ve vodách
- nejen chemicky čistá, ale nejrůznější slabě koncentrované vodné roztoky
- vody *sladké, mořské, minerální* a na vody *brakické* (sladké vody znečištěné mořskou vodou)
- za průběh korozních reakcí ve vodě jsou odpovědny hlavně příměsi
- agresivita vody je ovlivněna množstvím a typem rozpuštěných solí, přítomností organických látek a mikroorganismů, hodnotou pH, teplotou, rychlostí proudění, ale i obsahem pevných částic
- z plynů rozpuštěných ve vodě má největší vliv na korozi kyslík

KOROZE KOVŮ A SLITIN

- Koroze ve vodách
- Kyslíková depolarizace - redukce kyslíku rozpuštěného v elektrolytu
- (a) v kyselých prostředích $2\text{H}^+ + \frac{1}{2}\text{O}_2 (\text{g}) + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- (b) v alkalických prostředích $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \frac{1}{2}\text{O}_2 (\text{g}) + 2\text{e}^- = 2\text{OH}^-$
- mořská voda je asi 3,5 % roztoku solí (hlavně chloridů)
 - přímořských oblastech k chlazení, ale hlavní korozní problémy vznikají na lodích a vodních stavbách



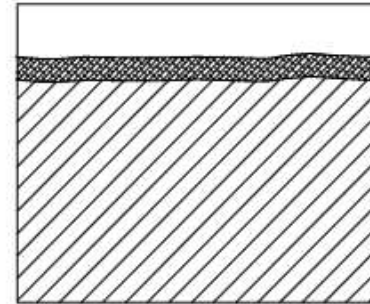
KOROZE KOVŮ A SLITIN

- Koroze podle druhu napadení
 - rovnoměrná forma koroze
 - rovnoměrný úbytek materiálu po celém povrchu
 - snadno predikovatelná
 - nejpříznivější typ koroze
 - nerovnoměrná forma koroze
 - napadení pouze určité části povrchu nebo i vnitřku materiálu → velice nebezpečná
 - důlková
 - bodová
 - štěrbinová
 - mezikrystalová
 - selektivní

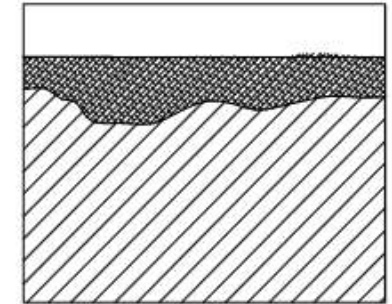
KOROZE KOVŮ A SLITIN

- **důlková**
 - větší nebo menší důlky na povrchu
 - zejména u pasivovatelných mat. v místech, kde došlo k porušení vrstvy
- **bodová**
 - ojedinělé korozní body, jinak bez zřejmého napadení
 - pasivovatelné materiály
- **štěrbinová**
 - lokalizovaná forma koroze
 - v úzkých štěrbinách nebo mezerách mezi kovovým povrchem a dalším povrchem

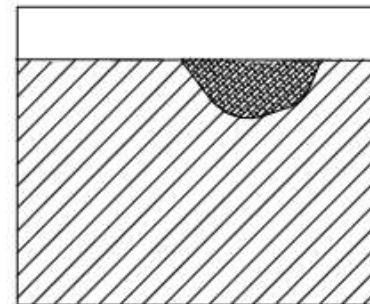
Rovnoměrná koroze



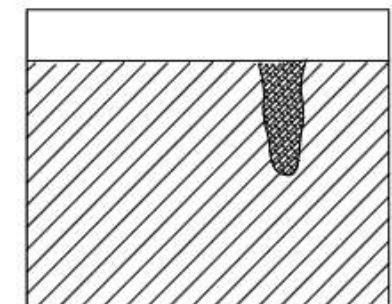
Nerovnoměrná koroze



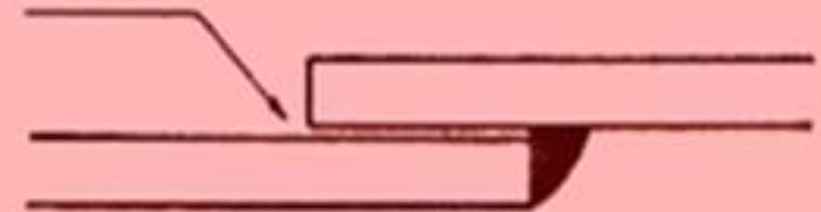
Důlková koroze



Bodová koroze

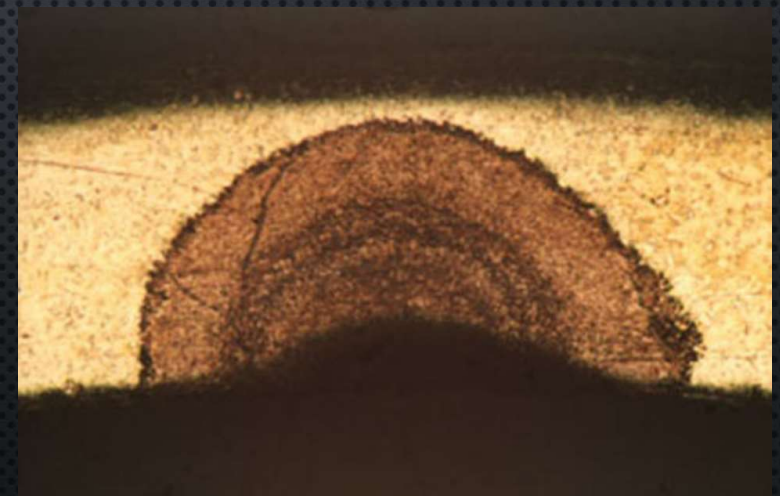
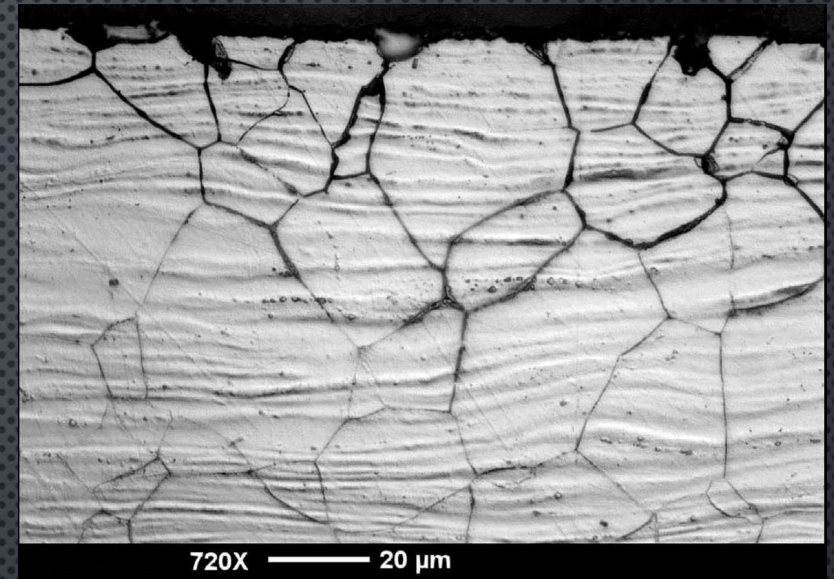


štěrbina



KOROZE KOVŮ A SLITIN

- mezikrystalová
 - příčinou mezikrystalové koroze je strukturní a chemická nehomogenita kovu na hranicích zrn
 - ztráta mechanické pevnosti bez viditelné změny
→ velmi nebezpečné
- selektivní
 - preferenční napadení jedné nebo více složek slitiny
 - odzinkování mosazí - náchylné všechny mosazi s obsahem Zn větším než 15 %



PROTIKOROZNÍ OCHRANA

- ochrana materiálu proti korozi
- možnosti, jak korozi zabránit, nebo ji zpomalit na přijatelnou míru a zvýšit tak životnost:
 - volba vhodného materiálu
 - volba vhodného konstrukčního řešení
 - úpravu korozního prostředí odstraněním, nebo snížením stimuluje složky
 - **elektrochemická ochrana kovového povrchu**
 - **tvorba ochranných povlaků na základním materiálu**

PROTIKOROZNÍ OCHRANA

- tvorba ochranných povlaků → nejrozšířenějším způsobem protikorozní ochrany
- ochrana materiálu povrchovou úpravou je založena na:
 - vytvoření souvislé a nepropustné povrchové vrstvy, která dokonale izoluje chráněný materiál od okolního prostředí
 - na povrchu chráněného materiálu je uměle vytvořena slitina nebo sloučenina s lepší odolností proti korozi
 - povrchová vrstva chrání základní materiál elektrochemicky metodou katodické ochrany
 - povrchová vrstva obsahuje složky, které svým účinkem zmírňují agresivitu korozního prostředí
- odolnost daného povlaku závisí na jeho odolnosti v daném prostředí, jeho pórovitosti, prostupnosti pro složky korozního prostředí a přilnavosti k podkladu

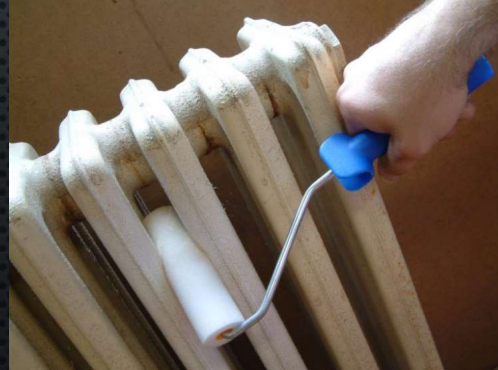
POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- Vlastním povrchovým úpravám vždy předchází příprava povrchu
 - **Mechanické čištění**
 - pískování, omílání v bubnech, broušení, kartáčování, ..
 - **Chemické čištění**
 - odmašťování
 - organická rozpouštědla, roztoky alkálií
 - moření s cílem odstranit oxidy kovů, okuje
 - kyseliny: sírová, dusičná, chlorovodíková, fluorovodíková, fosforečná
 - odrezování
 - odstraňování korozních produktů z povrchu, který je pokryt jen rží
 - zejména kyselina fosforečná nebo užitím odrezovačů, které obsahují inhibitory koroze, smáčedla a odmašťovadla



POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- Ochranné povlaky mohou být:
 - organické
 - nejrozšířenější způsob povrchové ochrany (80 až 90% všech povlaků)
 - aplikací nátěrových hmot
 - vlastnosti povrchu: vysoká ochranná účinnost, snadnost provedení, specifické vlastnosti (vodivé, fungicidní), ochranné vlastnosti (podle druhu nátěrového systému nebo podle technologie provedení)

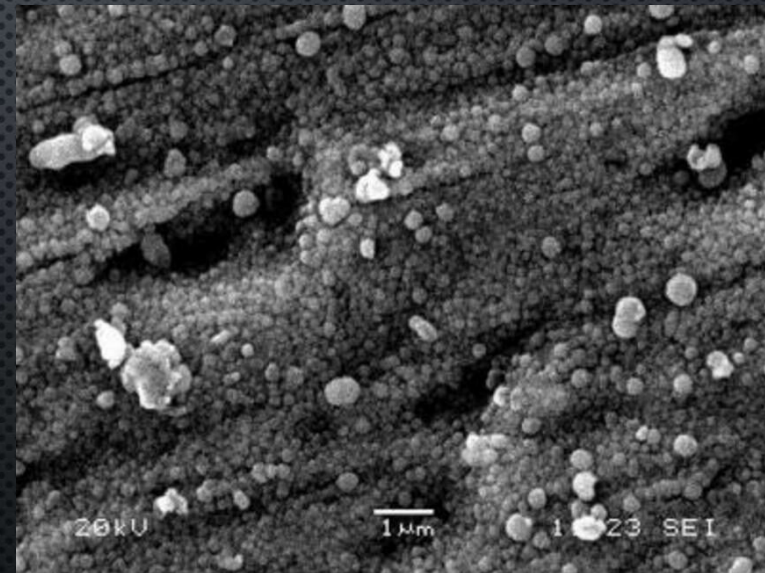


POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- Ochranné povlaky mohou být:
 - organické
 - anorganické nekovové
 - konverzní vrstvy – fosfátování, chromátování, anodická oxidace, ...
 - povlaky s bariérovým efektem
 - keramické povlaky
 - smaltové povlaky – sklený povlak na daném kovu
 - povlaky z plastů a pryží
 - anorganické nátěrové hmoty

POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- konverzní vrstvy - umělá pasivace
- umělé vytvoření ochranné pasivní vrstvy (oxidy, fosforečnany, chromany kovů)
- **Fosfátování**
 - nejrozšířenější chemická povrchová úprava ocelí
 - vytvoření vrstvy fosforečnanů reakcí základního kovu s H_3PO_4 nebo s fosforečnany (manganatý, zinečnatý nebo železnatý)
 - ponor nebo postřík
 - fosfátování se používá i jako podkladová vrstva pod organické nátěry

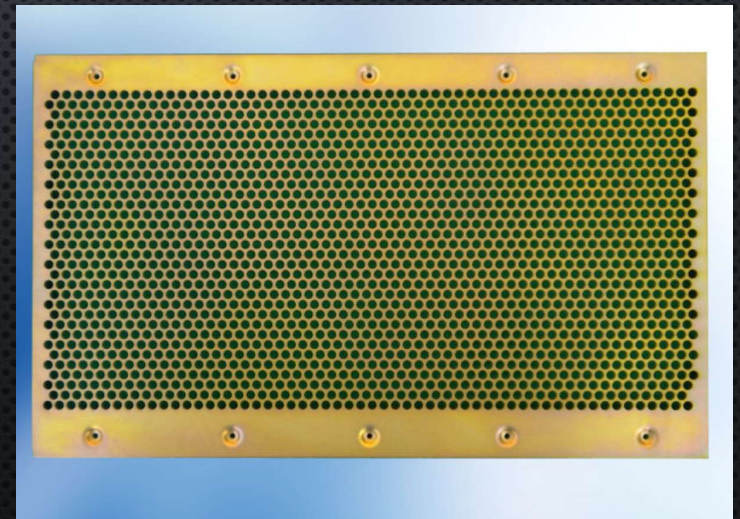


Fosfátová vrstva silnovrstvých fosfátů není amorfní, ale projevuje se náznak krystalické struktury povlaku. Krystalky jsou uspořádány do kulových útvarů o typické velikosti okolo 0,2 μm

POVRCHOVÉ ÚPRAVY

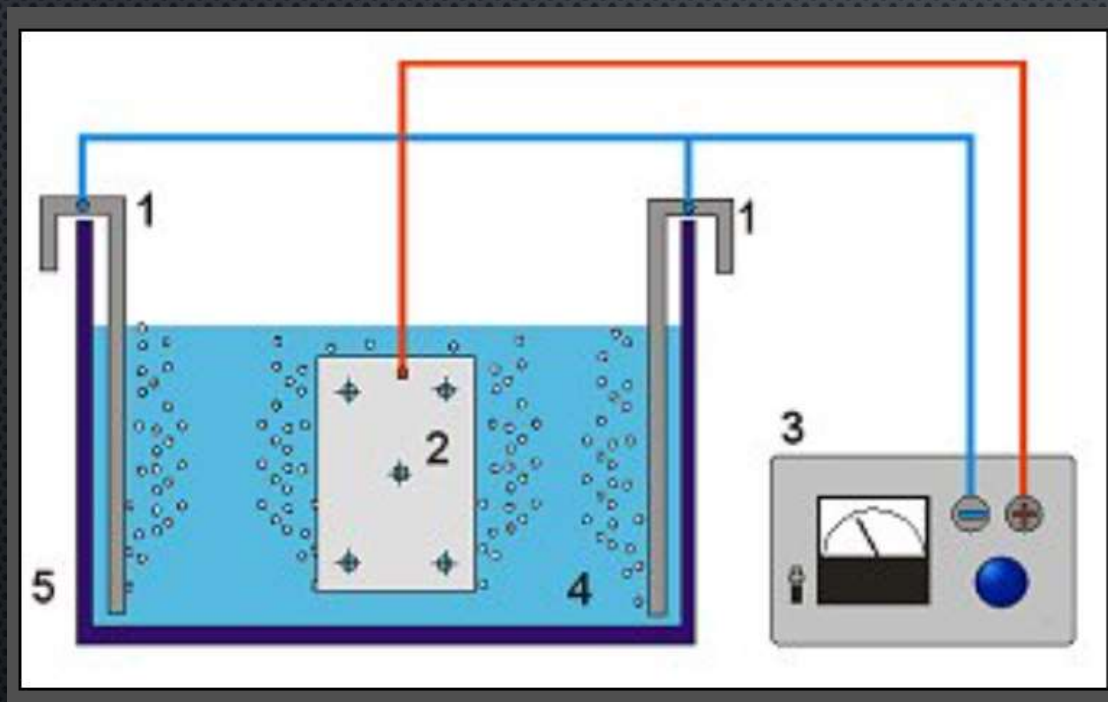
- Chromátování

- z cenového hlediska přívětivější než fosfátování
- zvýšení protikorozní odolnosti různých kovových povrchů slitin hliníku a zinku, dále hořčíku, cínu, oceli aj.
- vytvoření vrstvy chromanů reakcí základního kovu s H_2CrO_4 nebo s chromany
 - vysoká toxicita šestimocného chromu
- povlak obsahuje hydroxid chromitý a hydroxid upravovaného kovu
- chromátové vrstvy lze vylučovat od tenkých čirých, přes jasně modré, žlutě irizující až po olivové, hnědé a černé
- konečná úprava i jako mezivrstvy pod organické nátěry
- tyto povlaky se tvoří obvykle ponorem, stříkáním nebo rozetřením



POVRCHOVÉ ÚPRAVY

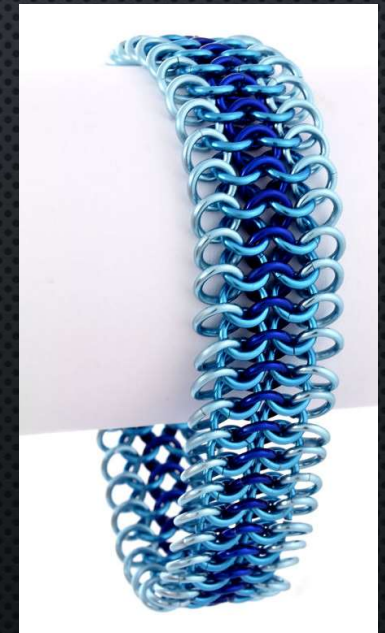
- Eloxování – **E**lektrolytická **O**xidace kovu
 - na hliníku, titanu, niobu, .. a některých slitinách hliníku
 - elektrochemické vytvoření ochranné vrstvy oxidu kovu
 - eloxovaný předmět = anoda



1. katoda
2. anoda (eloxovaný předmět)
3. zdroj stejnosměrného proudu
4. elektrolyt
5. kontejner s lázní

POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- eloxování **hliníku**
- elektrolyt = vodný roztok H_2SO_4 nebo H_2CrO_4 , kyselina boritá nebo kyselina šťavelová
- v H_2SO_4
- dekorativní eloxování
 - tloušťka 5-30 μm s mikrotvrdostí 200 až 300 HV
 - pórovitost oxidické vrstvy umožňuje následnou integraci jiných složek
 - nejčastěji jsou póry vyplňovány barvivy
 - teflon nebo grafit, které mění vzhled nebo fyzikální vlastnosti vrstvy
- tvrdé eloxování
 - větší tloušťka (30 až 250 μm), tvrdost 350 až 500 HV



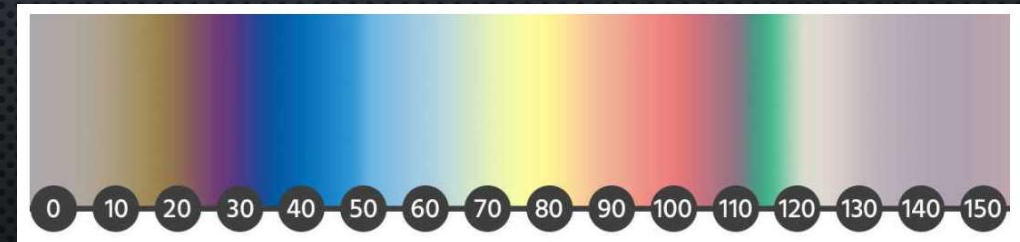
POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- eloxování titanu
- vrstva oxidu titaničitého nepřesahuje 10 nm, poskytuje povrchovou ochranu proti korozi
- proti opotřebení
 - nevytváří barevné variace, eloxovaný povrch má výraznou šedou barvu a pomáhá předcházet tření mezi kluznými titanovými povrchy



- barevné eloxování

- barevný povlak → optická interference
- zvyšováním napětí se vytváří silnější vrstva a mění se lom světla



- elektrolyt

- H_2SO_4 nebo H_2CrO_4 → porézní vrstva; H_3PO_4 → poréznější vrstva
- slabé kyseliny → neporézní a vytvářejí neproniknutelné bariéry

POVRCHOVÉ ÚPRAVY

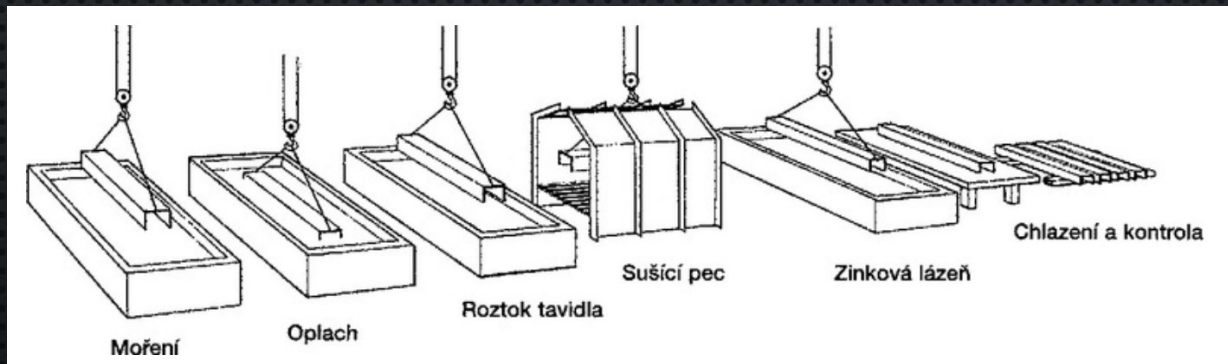
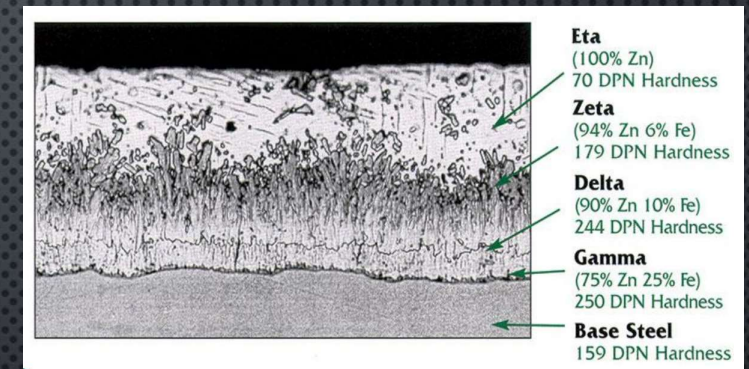
- Ochranné povlaky mohou být:
 - organické
 - anorganické nekovové
 - kovové
 - pokovování ponorem
 - žárové stříkání
 - plátování
 - galvanické pokovování

POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- pokovování ponorem
- nejstarší, nejjednodušší způsob
- provádí se ponořením součástí do roztaveného kovu, např. povlaky Zn, Sn, Pb
- reakcí mezi taveninou a povrchem základního kovu vzniká metalické spojení

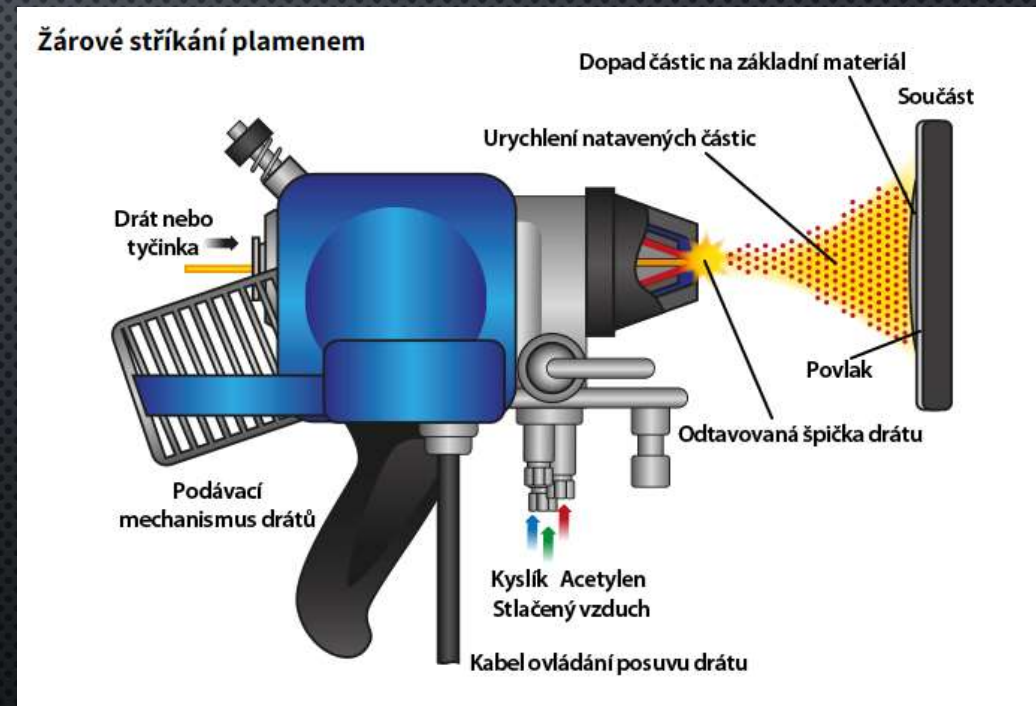
POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- pokovování ponorem - zinkování:
- metalurgický proces
- povlak se vytváří vzájemnou reakcí základního materiálu (ocelový nebo železný díl) se zinkovou taveninou v lázni o TEPLOTĚ 450°C
- postupně vznikají slitinové fáze železa a zinku (gama, delta, zeta)



POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- **žárové stříkání** = metalizování
 - roztavený kov se na povrch součásti nanese stříkáním pomocí stříkací pistole - metalizační pistole
 - obvykle 10 μm až několik mm
 - existují různé konstrukce metalizačních pistolí
 - žárové stříkání plamenem
 - žárové stříkání elektrickým obloukem
 - žárové stříkání plazmou



POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- plátování
 - na chráněný kov se naválčuje, navaří nebo připájí ochranný kov
 - na dural (slitina Al, Cu, Mg) se válcuje hliníková fólie
 - uhlíková ocel se chrání např. vrstvami z korozivzdorné oceli, mosazi nebo slitin hliníku

POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- Plátování zlatem, stříbrem

- pravěk, starověk → zdobení
- 1. Prosté ovinutí předmětu zlatým, stříbrným drátem nebo plechem
 - jehlice, spony, rukojeti dýky nebo meče, ..
- 2. Obložení nebo ovinutí celého předmětu, případně jeho části, tenkým plechem, jehož konce byly nějakým způsobem spojeny - sklepany, zachyceny přehnutím, spájením, někdy rovněž spojeny nýtováním
 - např. některé záušnice
- 3. Vbitím, ražbou jemného zlatého (stříbrného) plechu (folie) na zdrsňený povrch předmětu
- pověji tzv. doublé → silný mosazný či tombakový plech → navaření tenčího zlatého plechu → válcování (úprava tloušťky)
 - výroba šperků, dnes se používá k výrobě hodinkových pouzder



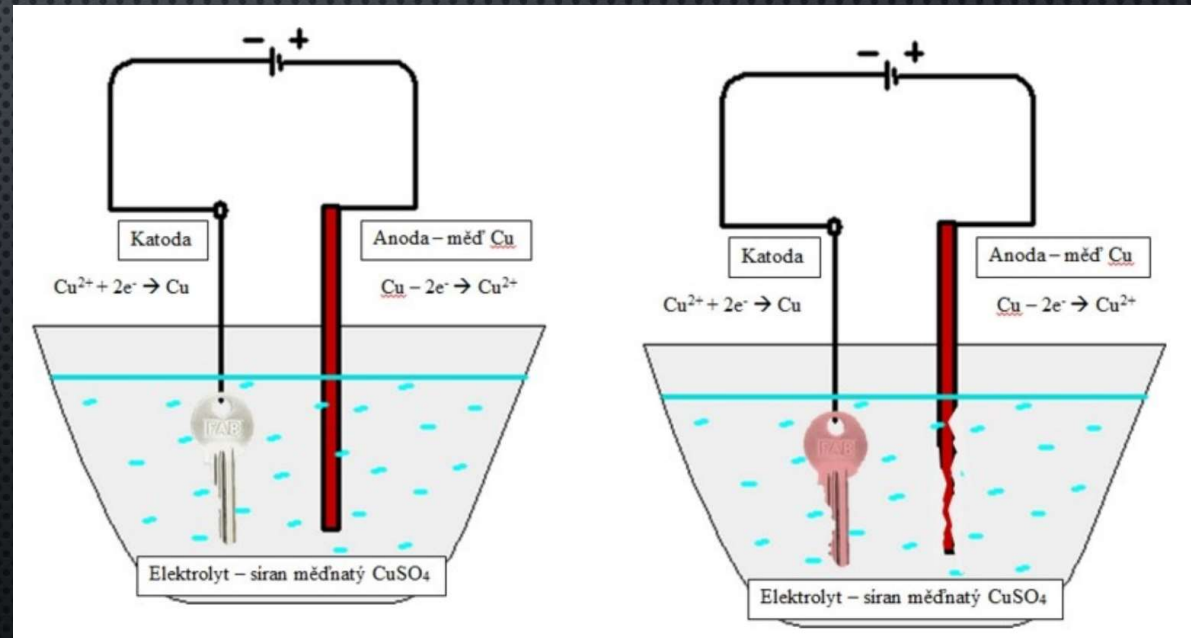
POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- plátkové zlato
- v renesanci se zlato tepalo z dukátu
 - jeden dukát → až 250 plátků zlata
- jediný gram zlata lze rozválet v plát o ploše 1 m²



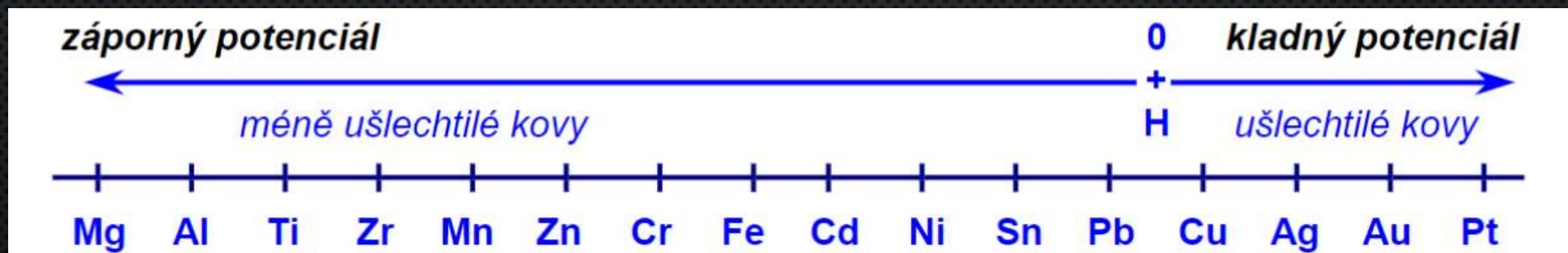
POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- galvanické pokovování
- předúprava materiálu, vlastní proces pokovení a následné operace
- princip elektrolýzy → vrstva vzniká průchodem stejnosměrného elektrického proudu roztokem vhodné soli příslušného kovu
 - kov se vylučuje na katodě
 - anoda je
 - rozpustná - kov, kterým pokovujeme
 - nerozpustná - inertní
- tloušťka povlaků 10^{-3} až 10^{-4} mm
- mědění, niklování, zinkování, chromování, zlacení, ...



POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- galvanické pokovování
- dvě základní skupiny:
 - katodické – vzhledem k základnímu kovu elektropozitivní
 - z ušlechtilějších kovů než základní materiál
 - velký důraz na celistvost povlaku, nepórovitost a na dostatečnou tloušťku povlaku
 - anodické – vzhledem k základnímu kovu elektronegativní
 - méně ušlechtilý kov, než je základní materiál (např. zinkový povlak na oceli).
 - schopnost chránit základní materiál i při pórovitosti



POVRCHOVÉ ÚPRAVY



- galvanické mědění
- samostatné mědění se používá málo
- využíváno jako mezivrstva pro cínování, niklování, zlacení, stříbření,..
- renovace - měděný povlak zajistí vyrovnání povrchu po hloubkové korozi a skryje jiné, jinak viditelné nedostatky
- dekorativní a designové předměty →
 - finální měděný povlak je možno lakovat
 - přirozené stárnutí a docílení požadované patiny

POVRCHOVÉ ÚPRAVY



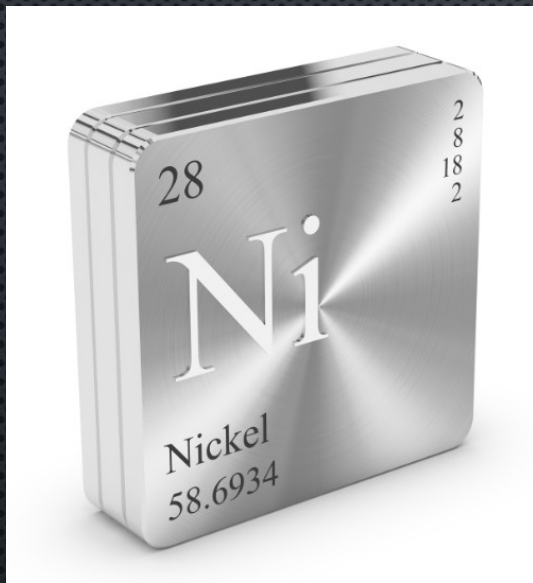
- galvanické zinkování
- elektrolyt - roztok zinečnaté soli
- anodou jsou desky z čistého zinku (elektrolytický zinek 99,995 %)
- katoda – pokovovaný předmět
 - větší předměty se běžně zavěšují na přípravky (závěsy, háky atd.)
 - menší předměty (šrouby, matice, kování atd.) se pokovují v bubnech
- normalizované tloušťky povlaků jsou 3, 5, 8, 12 nebo 20 μm , běžně se používá 5 až 8 μm
- zelené díly, ocel i litinové odlitky

POVRCHOVÉ ÚPRAVY



- galvanické zinkování
- konečná úprava
- utěsnění bezbarvým lakem
- zinkování s následnou konverzní úpravou - chromátováním

POVRCHOVÉ ÚPRAVY



- galvanické niklování
- patří mezi nejstarší způsoby elektrolytického pokovování
- za normální teploty velice odolné proti opotřebení a výborně odolávají korozním vlivům
- při zahřátí ztrácí svou barvu a lesk, proto se téměř vždy slabě chromují
- nikl je ušlechtilejší kov než železo → povlak musí být celistvý v celé ploše

POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- 1916 Watts, tzv. *Wattsovy lázně*
- síran nikelnatý NiSO_4 s přísadou malého množství chloridu nikelnatého NiCl_2
- matné, pro dekorativní účely nutné mechanicky leštit
- pololesklé → leskutvorné přísady v podobě kovových solí
- lesklé → 30. léta, lázně s přísadou organických látek
- zásadní vliv na tažnost povlaku a vnitřní napětí v povlaku má pH lázně a obsah chloridů v lázni
- výhodou lázní je jejich jednoduchost, snadná údržba, nízká cena

POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- Chloridové lázně
 - elektrolytem je chlorid nikelnatý
 - vyloučené povlaky jsou křehké → špatné mechanické vlastnosti povlaku
 - vysoká agresivita lázně
 - vysoká vodivost → menší spotřeba elektrického proudu
- Síranohořečnaté lázně
 - nositelem kovu kromě síranu nikelnatého i síran hořečnatý
 - zastaralý typ niklovací lázně, pro provoz s nižším technickým vybavením
 - matné povlaky s nižší kvalitou
- Fluoroboritanové a sulfamátové lázně
 - používány hlavně v galvanoplastice - tvorba silných povlaků v řádech několika mm, čímž je vytvářena skořepina, tzv. galvana, která slouží jako forma
 - fluoroboritan nikelnatý $\text{Ni}(\text{HBF}_4)_2$ nebo niklsulfamát $\text{Ni}(\text{NH}_2\text{SO}_3)$
 - vysoká vodivost a vylučovací schopnost
 - nevýhody: vysoká cena, citlivost na znečištění a vysoké nároky na zařízení a na likvidaci

POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- Galvanické pokovení šperků
- používá se roztok, v němž je kov určený k pokovení předmětu rozptýlen v podobě komplexů nebo iontů
- na šperk se nanáší zlato, rhodium, platina
- Zlacení
 - především u šperků ze stříbra a oceli
 - téměř libovolně silná vrstva, obvykle uváděná síla zlacení je 2 mikrometry
 - roztok kyanidu zlatitého
- Bižuterní zlacení
 - velmi tenkou vrstvičku zlata, jejíž síla se pohybuje mezi 0,01 – 0,02 mikronu
 - není možné nanášet silnější vrstvu, neboť při delším působení galvanické lázně výrobek ztrácí lesk a jeho povrch zmatní



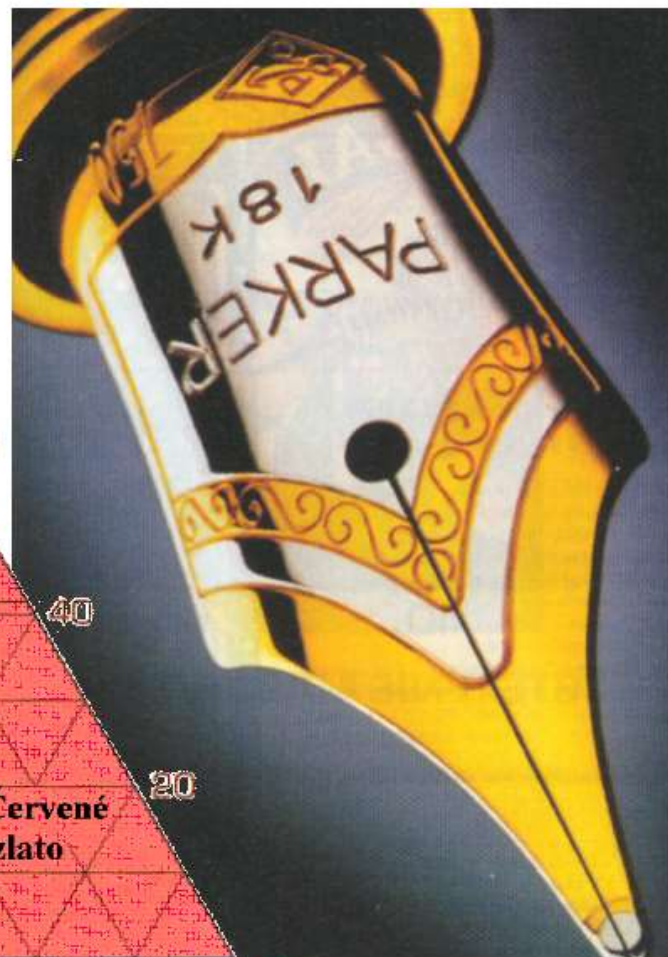
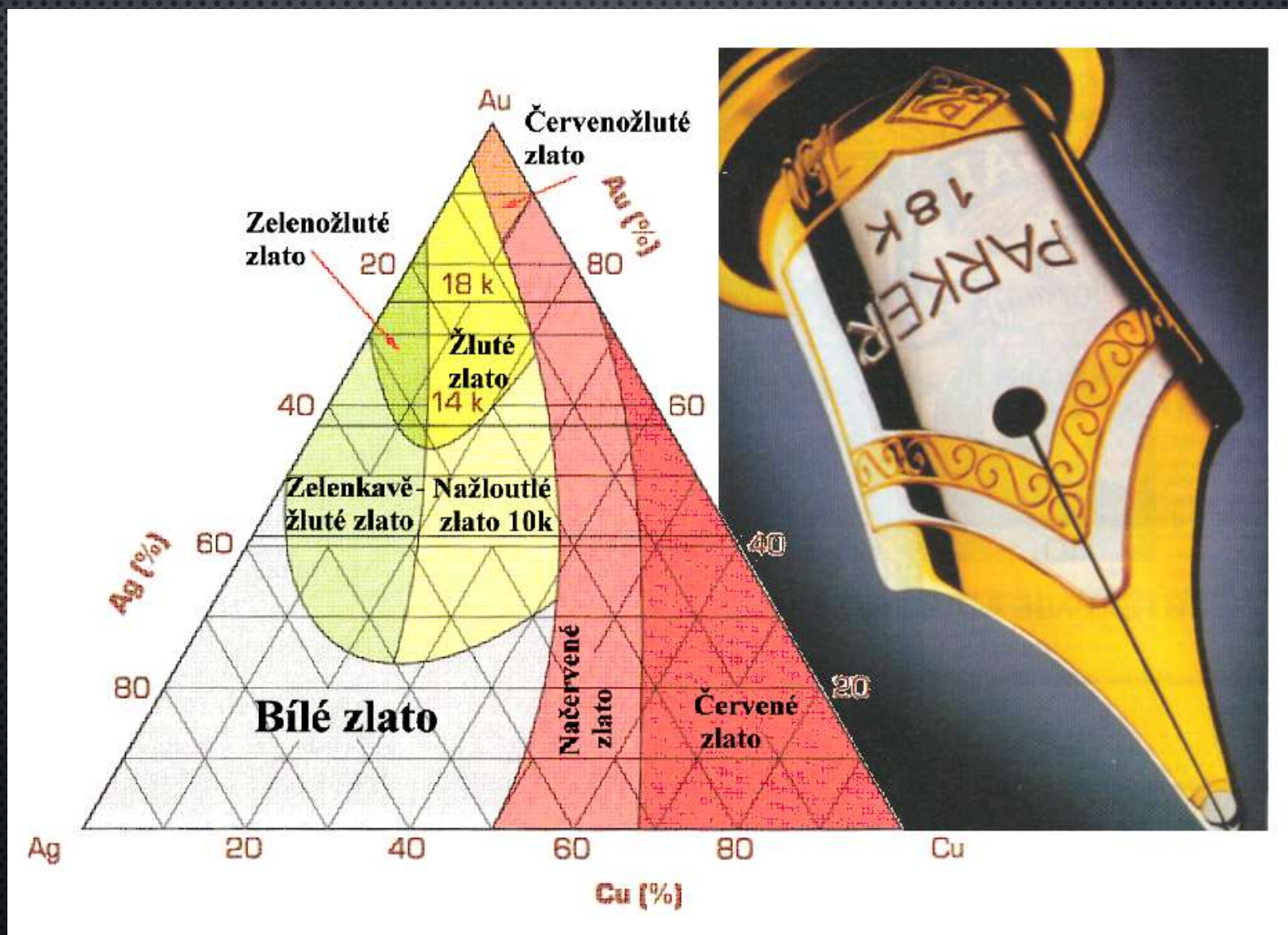
POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- Galvanické pokovení šperků
- Rhodiování
- vzácný kov bílé barvy, velmi tvrdý a hypoalergenní
- u šperků ze stříbra, bílého zlata a odlévaných šperků ze žlutého zlata (vytvoření dvojbarevného šperku)
- u stříbra → především praktické → zvýšení otěruvzdornosti a eliminace oxidace, žloutnutí nebo černání stříbra



- u bílého zlata k zakrytí jeho lehkého žlutého nádechu
 - porhodiovaná vrstva je dokonale bílá, ale má menší odolnost vůči otěru než samotné bílé zlato

Vliv mědi, zlata a stříbra na barvu slitiny



Ryzost zlata

Ryzost zlata se obvykle vyjadřuje v karátech – jeden karát je hmotnostní podíl zlata ve slitině – 1/24, - naprosto čisté zlato má 24 karátů.

24 karátové zlato je příliš měkké

Šperky jsou vyráběny nejčastěji ze 14 karátového zlata, dříve také z 18 karátového

Pozor na 8 karátové zlato – v ČR se nesmí prodávat

U diamantů znamená pojem „karát“ hmotnost 0,2 g



1. **zelené zlato** (světle žlutá barva, velice oblíbená v ČR) obsahuje – 58,5 %Au; 35,5 %Ag; 6,5 %Cu
2. **bílé zlato tvrdé a platina**
tvrdé bílé zlato obsahuje nejčastěji - zlato, měď, nikl, zinek
3. **červené zlato** obsahuje – 58 %Au, 9,5 %Ag, 32,5 %Cu
4. **zlato pokovené rhodiem**
5. **žluté zlato ryzosti 757/1000 (18ct)** obsahuje - 58,5 %Au, 32 %Ag, 9,5 %Cu
6. **bílé zlato** obsahuje nejčastěji - zlato, stříbro, zinek, paládium

Staré „federální“ československé mince byly raženy ze slitin hliníku Al, hořčíku Mg, mědi Cu, zinku Zn a niklu Ni. Legendární **československá koruna**, která platila od 2.9.1957 do 30.9.1993, byla vyráběna ze speciálního bronzu **Cu-Al-Mn** v poměru **91:9:1**.

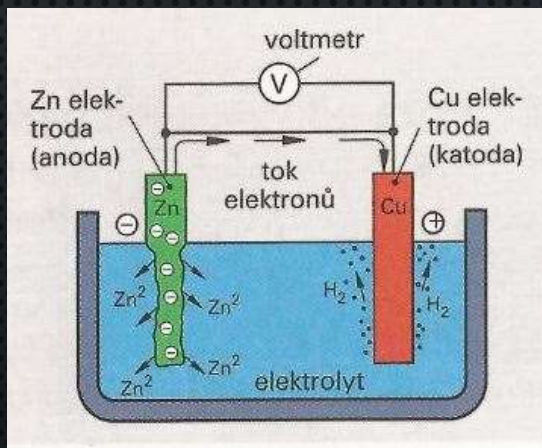
Nové české mince haléřových hodnot byly z hliníku, podobně jako staré československé haléře, pětníky a desetníky.



Vůbec první novou českou mincí byla **kovová padesátikoruna**, v oběhu se objevila 7. dubna 1993. Má ocelové jádro a na povrchu je dvojbarevné galvanicky pokovená: **žlutý střed mosazí a červenohnědý obvod mědi**. Také ostatní mince od koruny výše jsou vyrobeny z **ocelového kotoučku**, který je po obou stranách pokryt vrstvou **niklu** (koruny), **mědi** (desetikoruny) nebo **mosazi** (dvacetikoruny). Důvodem je jednak nižší cena takové složené mince, jednak možnost automatické magnetické kontroly v mincovních automatech a třídíčkách. Všechny nové české mince korunových hodnot jsou složeny ze dvou nebo i tří slitin. Velmi brzy se ovšem projeví i nevýhody takového řešení, totiž snadná oxidace urychlovaná elektrokorozí v místě styku dvojice kovů ve vlhku nebo za přítomnosti „agresivního“ potu. Výběr byl materiálu kompromisem mezi vlastnostmi a cenou.

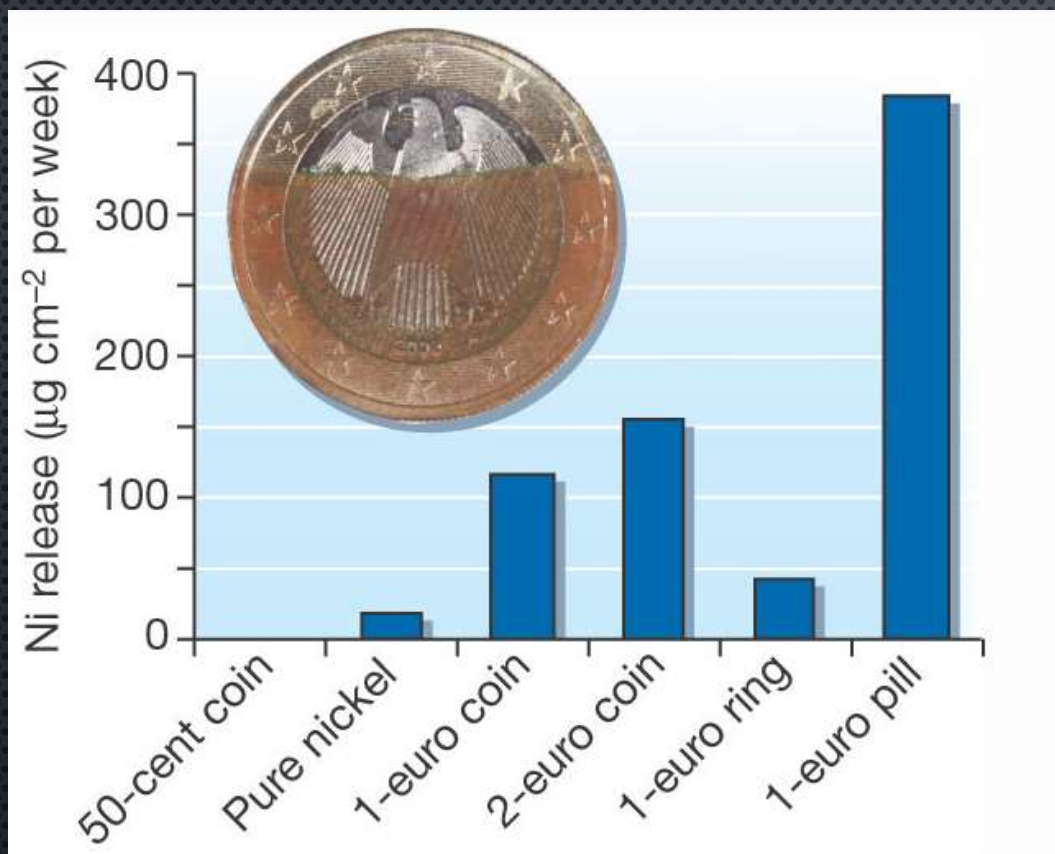
Použití dvou slitin v mincích o hodnotě 1 a 2 euro, způsobuje v prostředí lidského potu zvýšené uvolňování niklu. Podle švýcarských vědců to vysvětluje, proč tyto mince vyvolávají alergické reakce u lidí citlivých na nikl, když jiné mince se srovnatelným obsahem niklu nepůsobí žádné potíže.

Vnitřní "jádro" mince a obvodový kruh obsahují rozdílná množství niklu, mědi a zinku. V přítomnosti elektrolytu, například lidského potu, tak z mince vzniká **galvanický článek**, který uvolňuje do okolí značné množství iontů niklu, mědi a zinku. Vnější žlutý **obvodový kroužek**, který obsahuje 5% niklu, se stává **katodou**, zatímco **jádro** obsahující 25 % niklu **anodou**. Podle článku Franka Nestleho a jeho kolegů z curyšské university, který publikovali v *Nature*, množství uvolněného niklu představuje 240 - 320krát větší množství, než které dovoluje direktiva Evropské unie. V experimentech byla kůže sedmi osob alergických na nikl v přímém kontaktu s euro mincemi po 48 - 72 hodin. U všech osob se vyvinula silná alergická reakce. **Vnější žlutý kroužek přitom uvolňuje stejné množství niklu jako vnitřní bílé jádro, ačkoliv obsahuje pouze pětinu niklu.** V jiném experimentu byly euro mince ponořeny do elektrolytu o složení odpovídajícím lidskému potu. **Po 36 hodinách byly mince zřetelně zkorodované, zatímco mince švýcarského franku, která obsahuje 25 % niklu, nikoliv.**



Chemická značka a mocenství iontů kovu		E° (V)	Chemická značka a mocenství iontů kovu		E° (V)
Hořčík	Mg^{2+}	- 2,34	Cín	Sn^{2+}	- 0,14
Hliník	Al^{3+}	- 2,07	Olovo	Pb^{2+}	- 0,12
Zinek	Zn^{2+}	- 0,76	Vodík	H^+	0,00
Chrom	Cr^{2+}	- 0,74	Měď	Cu^{2+}	+ 0,34
Železo	Fe^{2+}	- 0,44	Měď	Cu^+	+ 0,52
Kadmium	Cd^{2+}	- 0,40	Stříbro	Ag^+	+ 0,80
Nikl	Ni^{2+}	- 0,25	Zlato	Au^{3+}	+ 1,50

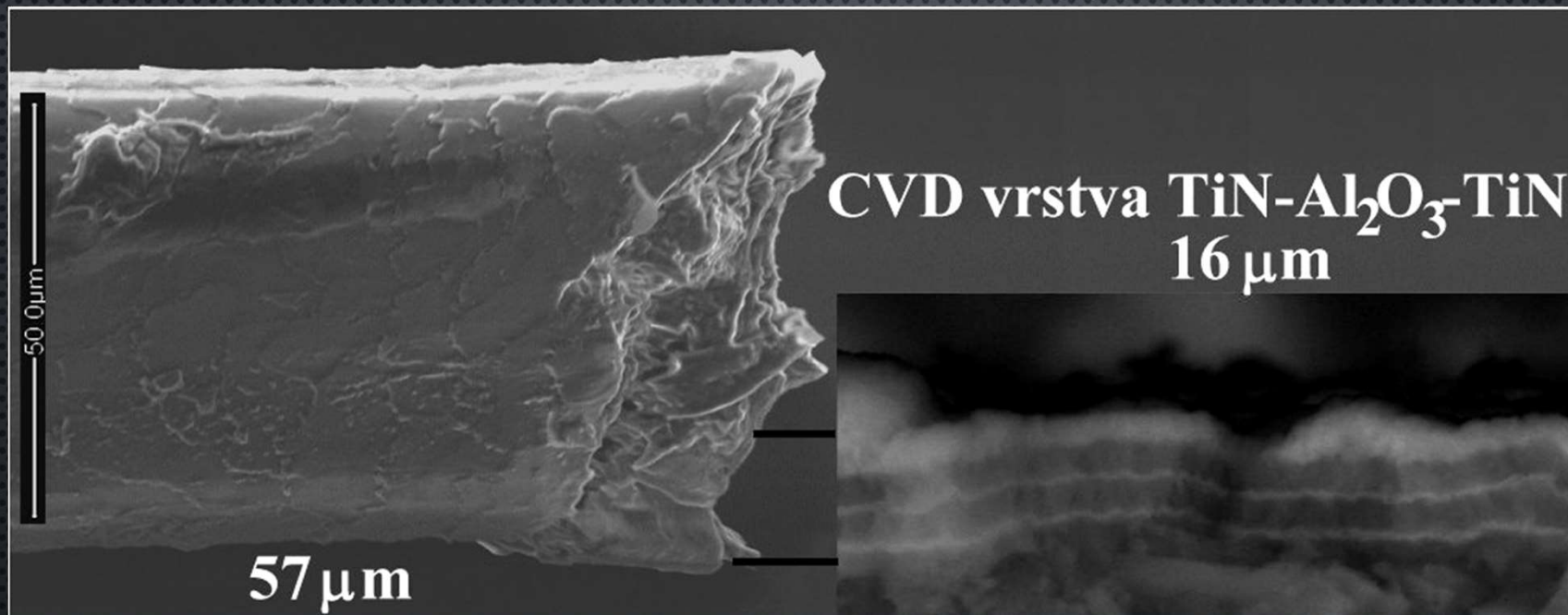
UVOLŇOVÁNÍ NIKLU u 1 a 2 EURO MINCÍ



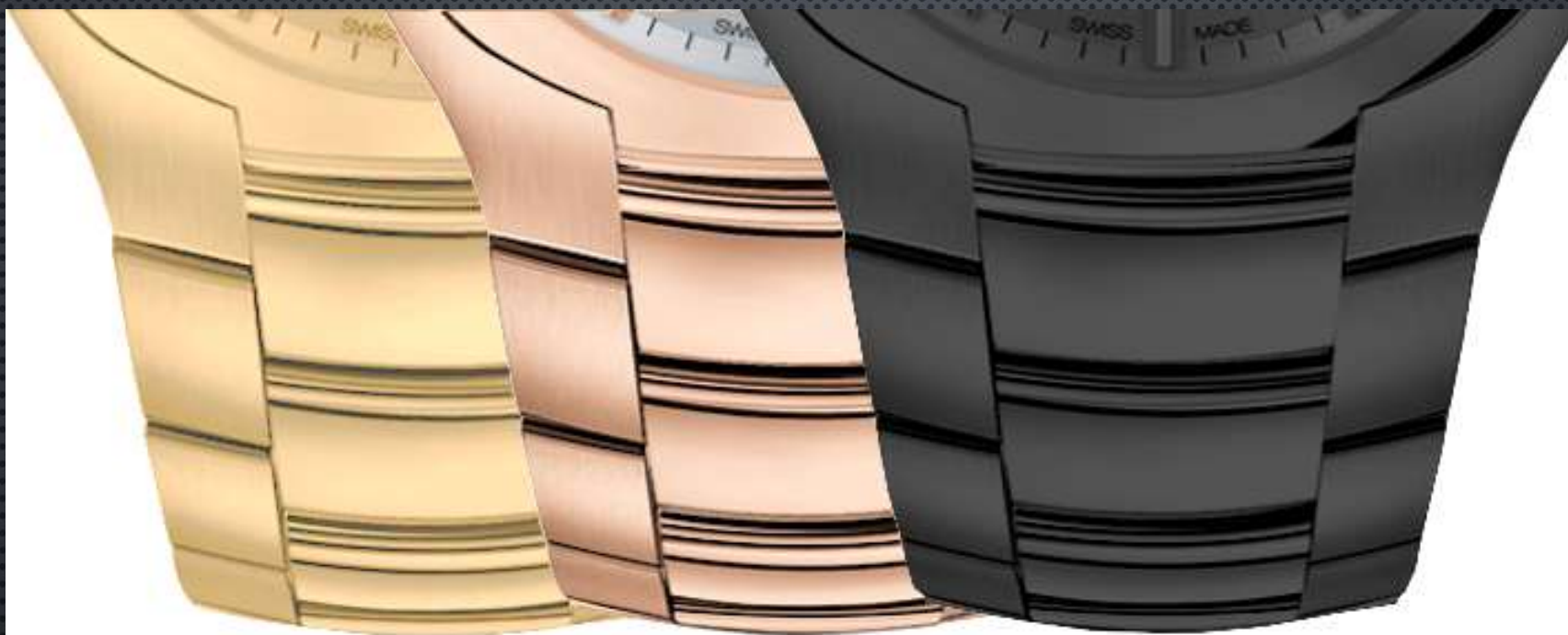
Asi desetina lidí je alergická na nikl a při dlouhodobém kontaktu u nich vzniká vyrážka podobná exému. Předtím, než byly euro mince zavedeny do oběhu ve 12 zemích Evropské unie v lednu 2002, vyslovili někteří dermatologové obavy, že obsah niklu v mincích by mohl u citlivých osob vyvolat alergickou reakci.

Nikl byl vybrán do euro mincí mimo jiné i proto, že se z použitých mincí recykluje snáz než ostatní kovy.

Tenké vrstvy vytvořené PVD a CVD technologií



Srovnání tloušťek lidského vlasu a vrstvy deponované CVD technologií (u PVD vrstev je tloušťka 1- 5mm)

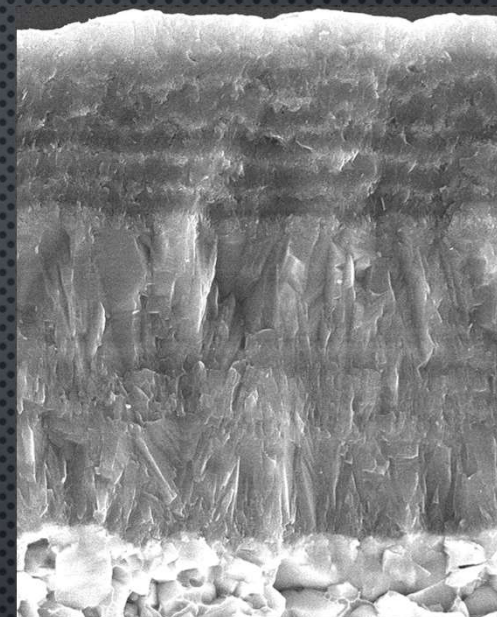
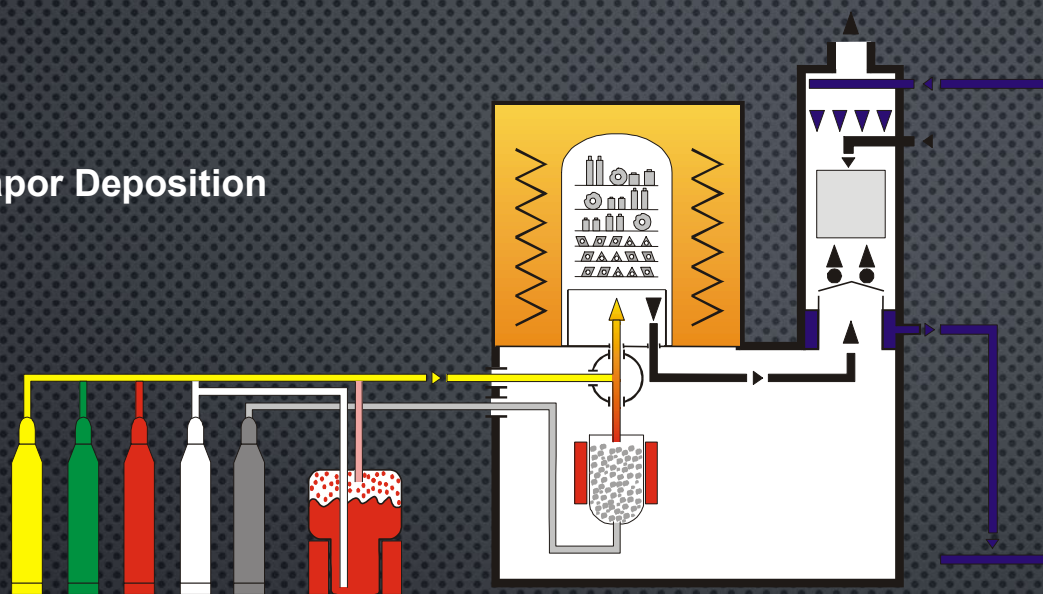


Povrchová úprava PVD se vyrábí v mnoha barevných tónech - sportovněelegantní černá, sportovní modrá, elegantní zlatá či decentní hnědá + mnoho dalších odstínů. PVD je nitrid titanu, který se ve vakuu nanáší na základní materiál, nejčastěji ocel a titan. Povrch je poté velmi tvrdý, chemicky a barevně stálý a antikorozi.



CVD

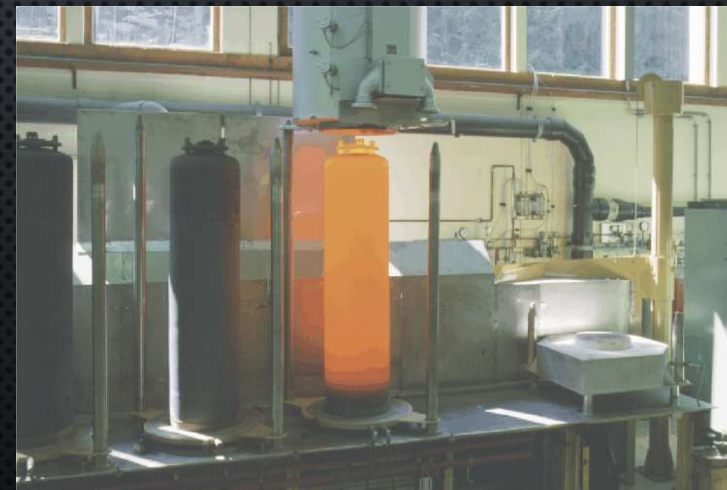
Chemical Vapor Deposition



Lom vrstvy od firmy Ceratizit



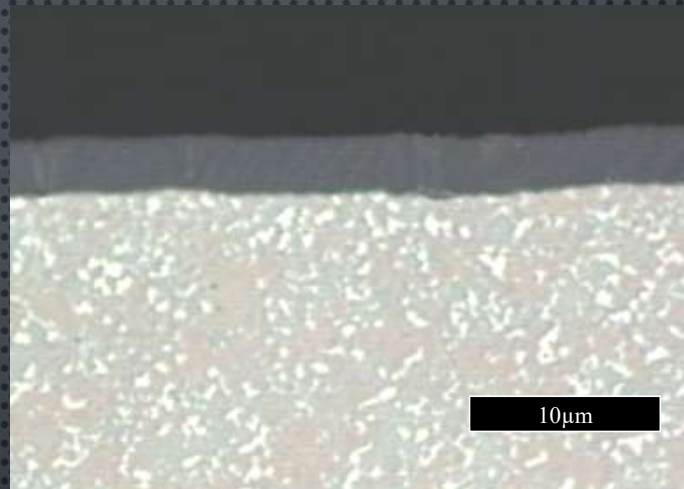
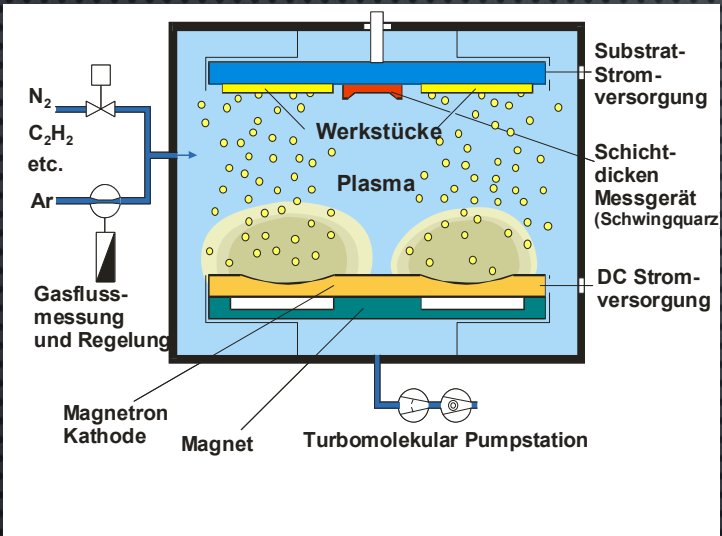
Depoziční zařízení ve firmě Ceratizit



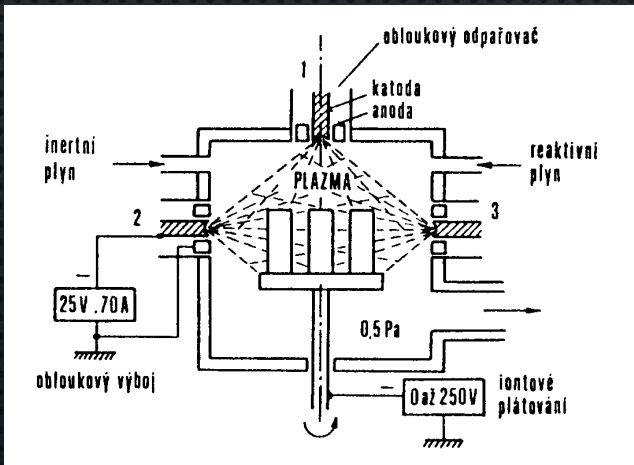
Zdroj: Martin Kathrein, Aktuelle Entwicklungen in der Hartmetallbeschichtung, Ceratizit - Seminarkunde

PVD depozice

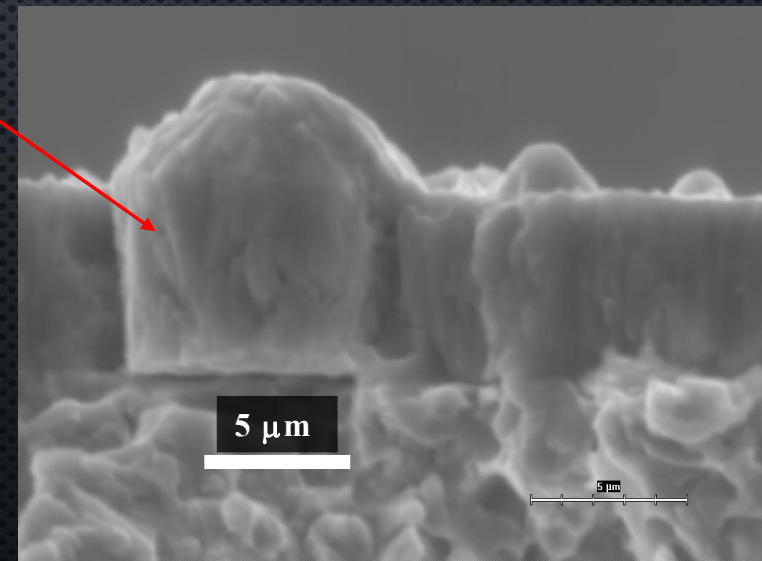
Magnetronové naprašování



Obloukové odpařování katody



Makročástice



Vývoj progresivních depozičních zařízení

Původní zařízení firmy SHM pracovalo pouze s centrální dutou katodou

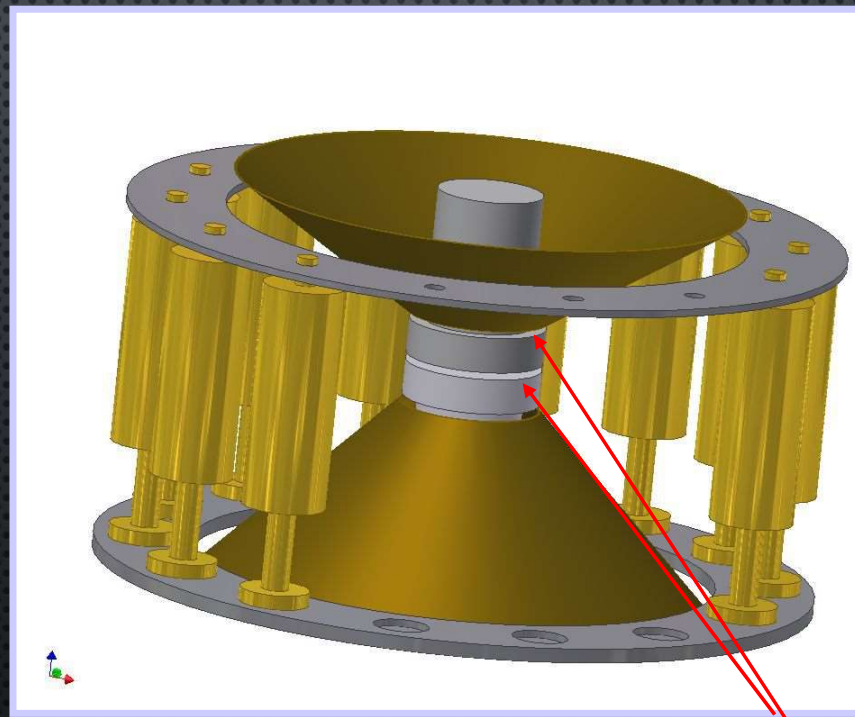
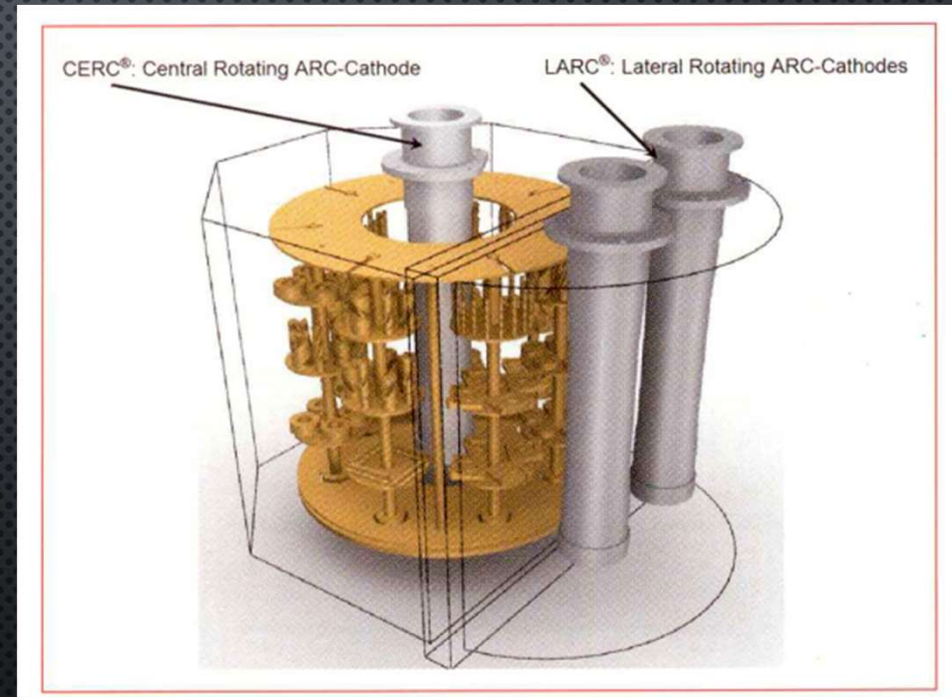


Schéma depozičního zařízení s dutými katodami

Vývoj progresivních depozičních PVD procesů u firmy PIVOT – obloukové odpařování katody

PLATIT - π^{80}



LARC®: Lateral Rotating ARC-Cathodes

CERC®: Central Rotating ARC-Cathodes

Typy vrstev:

Monovrstva

Monovrstva s „adhezní“ vrstvičkou

Gradientní vrstva

Sendvičově řešená vrstva

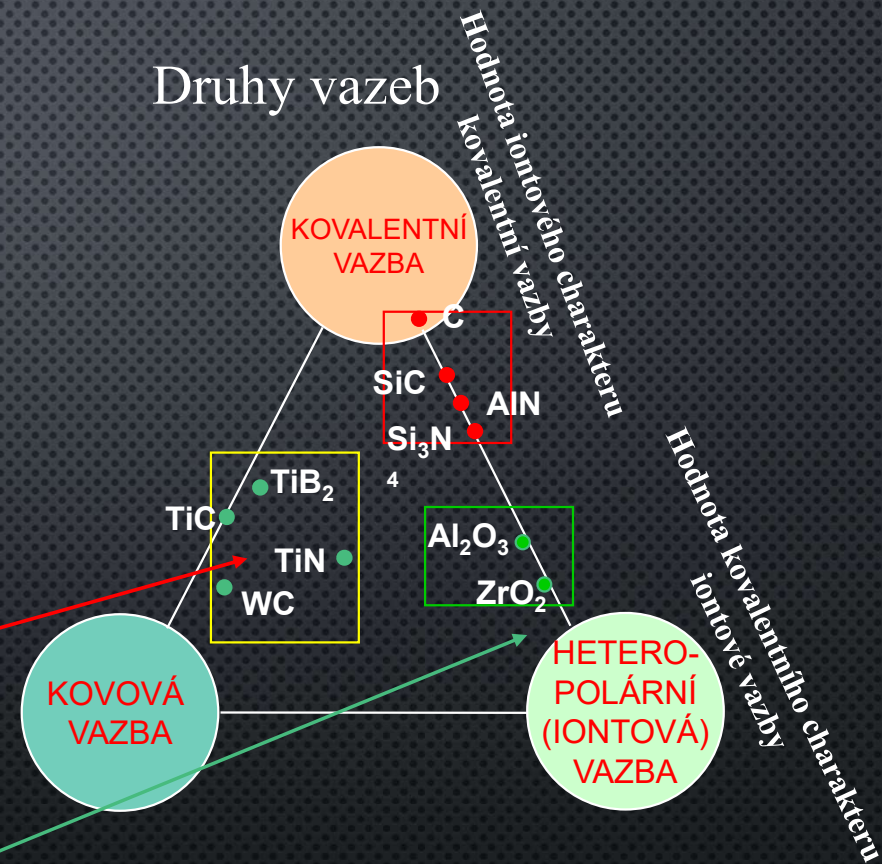
Nanostrukturovaná vrstva

Nanokompozitní vrstva

Tenké vrstvy velmi často neodpovídají nejen vlastnostmi, ale i svými vazbami objemovým materiálům. Následkem nerovnovážných depozičních procesů vznikají tyto metastabilní fáze.

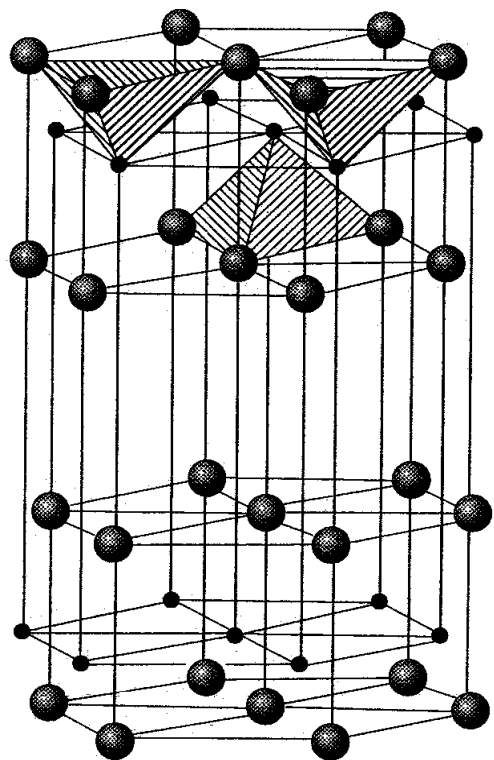
Příkladem je **TiN**, která má dle řady autorů, i jistý stupeň **kovové vazby**, přičemž **objemový materiál** se vyznačuje vysokým stupněm **iontové vazby**.

Druhy vazeb



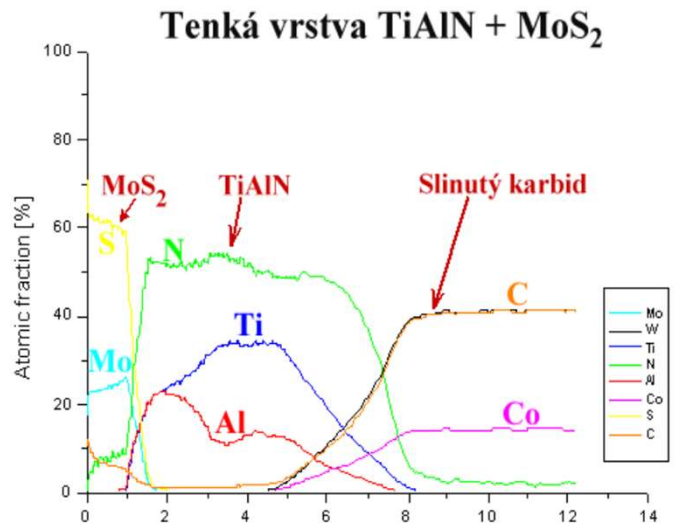
Zdroj: Martin Kathrein, Aktuelle Entwicklungen in der Hartmetallbeschichtung, Ceratizit - Seminarkunde

Frikční vrstvy



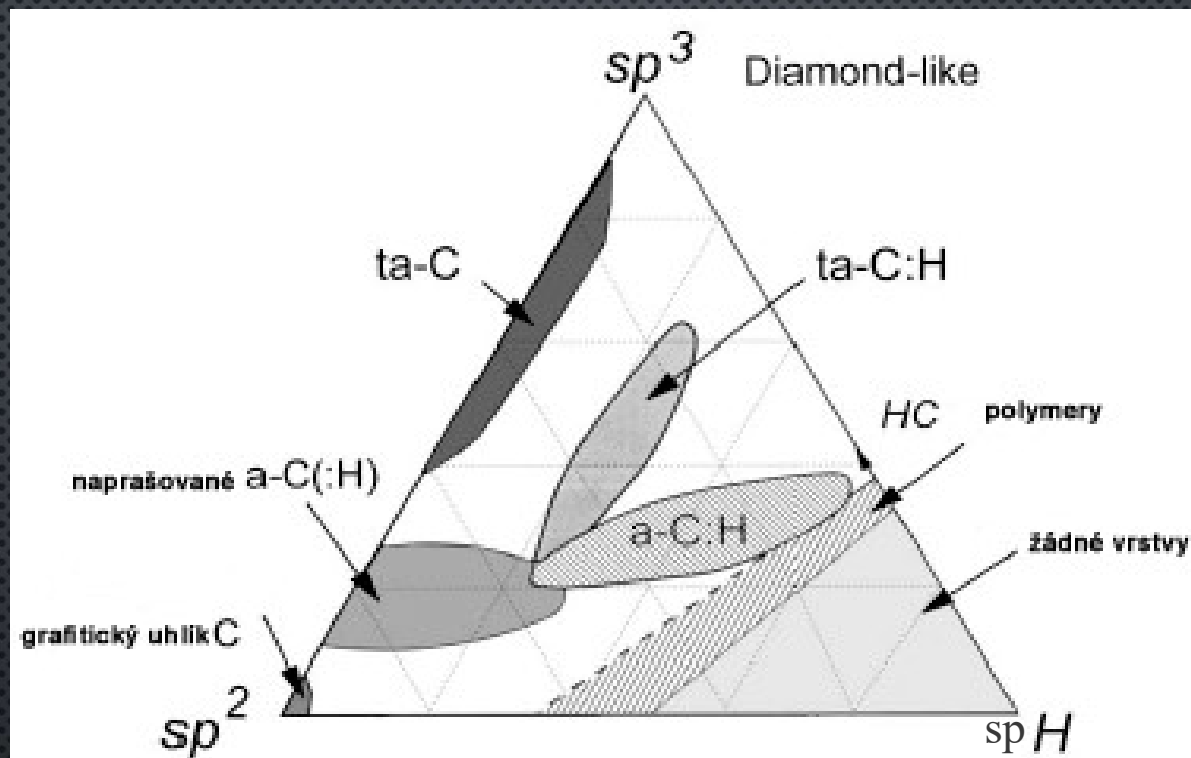
● Mo
● S

Krystalografická mřížka MoS₂



Srovnání koef. tření – „PIN“ (kulička) Al₂O₃





Ternární fázový diagram vazeb u a-C:H.

Ternární diagram představuje hlavní možné skupiny pro DLC, v rozdělení podle obsahu vodíku a podle vazby uhlíkových atomů (bod sp^2 odpovídá grafitovému typu vazby atomů a bod sp^3 potom odpovídá diamantovému typu vazby atomů).

Amorfní uhlíkové vrstvy typu **a-C:H** jsou využity v mnoha aplikacích díky jejich mimořádným vlastnostem jako je vysoká tvrdost, propustnost infračerveného světla a chemická stálost. **Nejatraktivnější vlastností a-C:H vrstev je odolnost proti opotřebení.** Charakteristickým příkladem použití je ochranná vrstva u ventilů v moderních dieslových motorech nebo velmi tenkých vrstev na magnetických discích a magnetických hlavách.

Struktura a vlastnosti vrstev závisí na podmínkách přípravy.

Pokud je k přípravě vrstev použita depozice za asistence plazmy – PECVD, jsou vrstvy DLC a polymer-like a-C:H (PLC) obvykle připraveny z uhlovodíkového plynu. Zdroj plynu a vodíku je důležitý pro kontrolu struktury a vlastností a-C:H vrstev.



Uhlíkové tenké vrstvy se mohou získávat různými procesy, které možná představují hlavní rozdíl mezi povlaky DLC od různých dodavatelů. Je možné uvést hlavně obloukové napařování, iontové nanášení, fyzikální nanášení par (PVD) nebo plazmově obohacené nanášení chemických par (PACVD).

K hlavní skupině patří :

- ta-C (tetragonální amorfní uhlíková vrstva),
- a-C:H (amorfní hydrogenizovaná uhlíková vrstva, která se dále dělí podle tvrdosti na tvrdou a měkkou),
- ta-C:H (tetragonální amorfní hydrogenizovaná uhlíková vrstva).

	sp ³ (%)	H (%)	Hustota (g cm ⁻³)	Zakázaný pás (eV)	Tvrdost (GPa)
ta-C	80-88	0	3,1	2,5	80
a-C:H tvrdá	40	30-40	1,6-2,2	1,1-1,7	10-20
a-C:H měkká	60	40-50	1,2-1,6	1,7-4	<10
ta-C:H	70	30	2,4	2,0-2,5	50

Vlastnosti některých typů DLC vrstev

Děkuji za pozornost

organické látky

kouř, mikroby, výpary,
viry, bakterie, VOC látky, ATD

