

# CHEMIE PRO FAKULTU STROJNÍ

Ing. Mgr. Barbora Nikendey  
Holubová, Ph.D.

# DOMÁCÍ ZAMYŠLENÍ



**ZAJÍMAVOST:** S využitím vodíku jako paliva počítá většina národních strategií snižování emisí skleníkových plynů. Výroba vodíku ovšem v současnosti určitě není bezemisní záležitostí, ale jedná se o velmi neekologický a energeticky náročný proces. Dle emisního zatížení při výrobě je vodík označován barevnou stupnicí: „Černý“ vodík se vyrábí z černého uhlí, „hnědý“ vodík z hnědého uhlí, „šedý/modrý“ ze zemního plynu. Za použití elektřiny z obnovitelných zdrojů (vítr či slunce) se vyrábí tzv. „zelený“ vodík rozkladem vody. Zelený vodík je ekologický a může sloužit mimo jiné jako úložiště energie pro dobu, kdy nesvítí slunce a nefouká vítr. Tato výroba je ovšem velmi energeticky náročná. Nicméně například Německo či Nizozemsko představilo ve svých Národních vodíkových strategiích stavbu obřích elektrolyzátorů, které budou vodík rozkladem vody vyrábět. První z nich spustili svoji činnost již během roku 2022 v Bavorsku a v Rotterdamu.



# DOMÁCÍ ZAMYŠLENÍ

Vodík tvoří výbušnou směs s kyslíkem a se vzduchem v širokém koncentračním rozmezí (4 až 95 % objemu vodíku v kyslíku, 4 až 77 % objemu vodíku ve vzduchu). Na vzduchu je lehce zápalný. Výbušné jsou rovněž směsi vodíku s fluorem a chlorem (stačí iniciace světlem). Působením ohně může dojít k explozi tlakové nádoby.

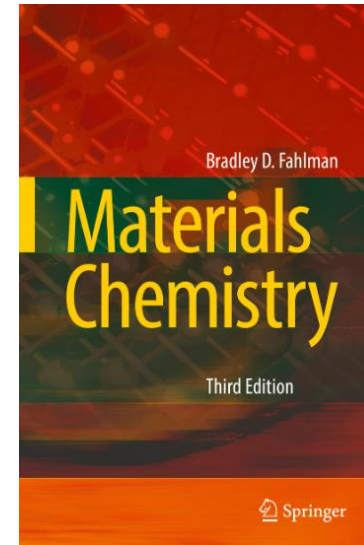
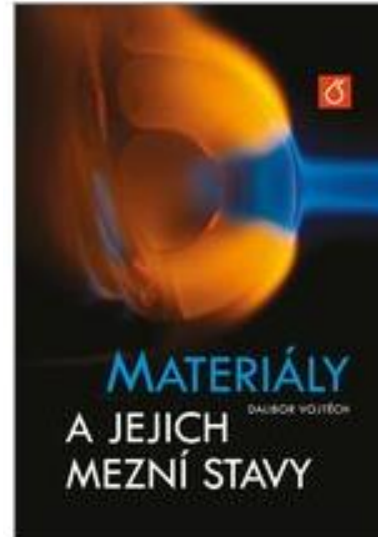
**JAK JE TENTO TECHNOLOGICKÝ PROBLÉM ŘEŠEN PŘI VÝROBĚ AUT NA VODÍKOVÝ POHON?**

[https://www.hydrogenfuelnews.com/how-safe-are-hydrogen-fuel-cell-vehicles-in-a-crash/8539783/#google\\_vignette](https://www.hydrogenfuelnews.com/how-safe-are-hydrogen-fuel-cell-vehicles-in-a-crash/8539783/#google_vignette)

<https://ekonomickydenik.cz/u-vodiku-je-treba-resit-vyznamna-technologicka-rizika-jde-ale-o-perspektivni-formu-bezuhlukoveho-zdroje-energie-tvrdi-odbornici/>



# LITERATURA



KRATOCHVÍL, Bohumil; ŠVORČÍK, Václav a VOJTĚCH, Dalibor. **Úvod do studia materiálů**. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2005 dotisk. ISBN 978-80-7080-568-8.

VOJTĚCH, Dalibor. **Materiály a jejich mezní stavy**. V Praze: Vysoká škola chemicko-technologická, 2010. ISBN 978-80-7080-741-5.

FAHLMAN, Bradley D. **Materials Chemistry**. Online. Dordrecht: Springer Netherlands, 2018. ISBN 978-94-024-1253-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/978-94-024-1255-0>. [cit. 2023-10-16].





# 1. KOVY - VLASTNOSTI

**Všechny výše zmíněné vlastnosti souvisí  
povahou chemické vazby v kovových materiálech!**

-Příčinou vzniku kovové vazby jsou nízké ionizační energie a relativně malý počet valenčních elektronů, které jsou k dispozici pro vznik vazby (na rozdíl od typických nekovů, které mají valenčních elektronů naopak přebytek).

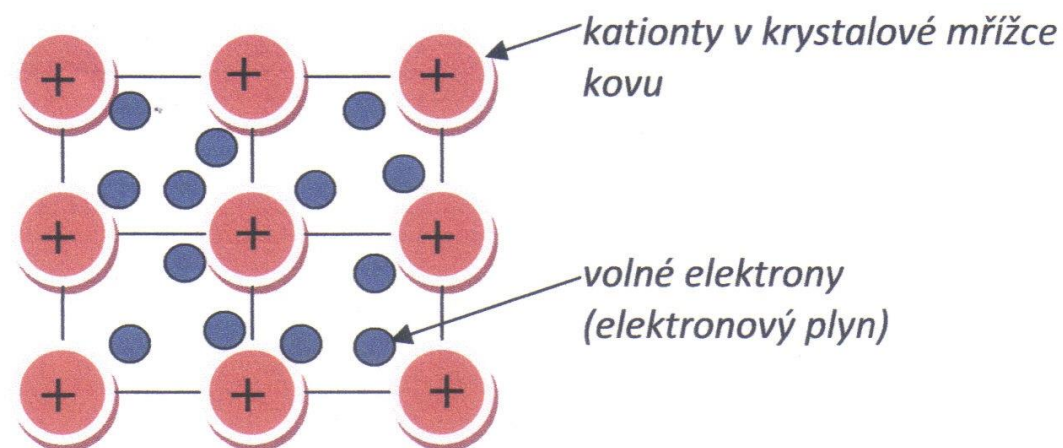
-To vede ke specifickému druhu koheze jednotlivých atomů v krystalické struktuře kovu, v níž jsou kladné ionty tvořené atomovými jádry a vnitřními elektrony drženy pohromadě tzv. elektronovým plynem, což jsou pohyblivé (itinerantní) valenční elektrony.

-Tyto elektrony jsou navíc takzvaně **delokalizovány**, což znamená, že stav každého elektronu je určen vlnovou funkcí (krystalovým orbitalem), která je periodická a „rozprostřena“ přes celý objem krystalu.

-Poznamenejme, že spíše než elektronový plyn je vhodnější termín **elektronová kapalina** (nazývaná též Fermiho kapalina), jelikož jednotlivé elektrony se vzájemně významně ovlivňují.

Atomy v kovech většinou představují nejtěsnější uspořádání stejně velkých koulí.

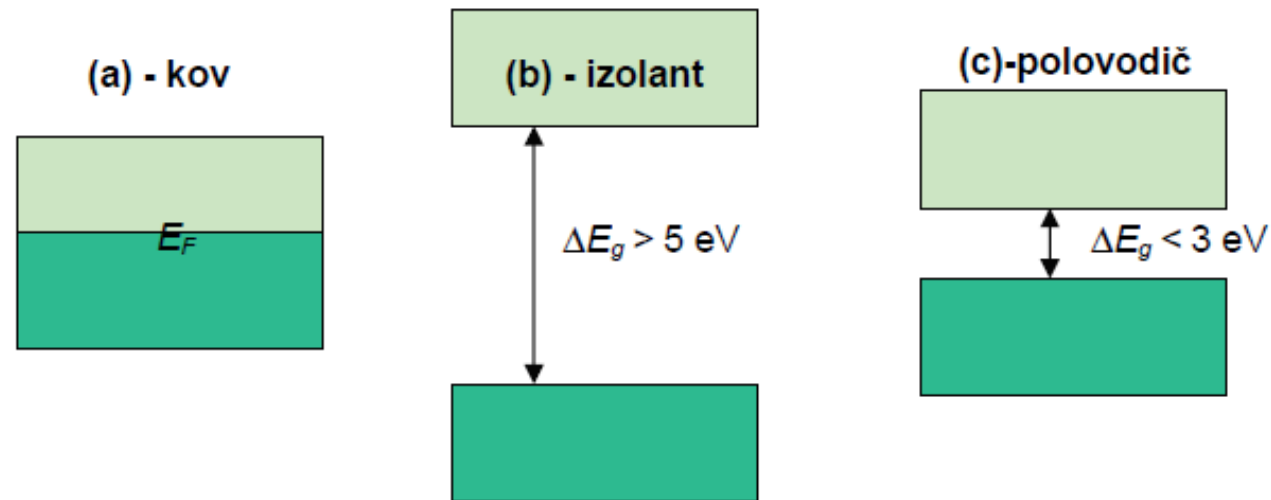
- shodnost atomů v kovech nebo jejich podobnost ve slitinách vylučuje řešení obdobné iontové vazbě.
- je-li pro vazbu obecně k dispozici méně elektronů (např. alkalické kovy nebo u Hg, Tl, Pb, kde je počet vazebných elektronů omezen vlivem inertního páru) mají kovy body tání mnohem nižší.



# 1. KOVY - VLASTNOSTI

## ELEKTRICKÁ A TEPELNÁ VODIVOST

- Dalším důležitým aspektem kovové vazby **jsou energie stavů valenčních elektronů**.
- Na rozdíl od molekulárních látek, u nichž mají jednotlivé molekulové orbitály diskrétní hodnoty energií, **vytvářejí stavy elektronů v kovech spojitě pásy dovolených energií, které jsou odděleny takzvanými zakázanými pásy** (v anglické literatuře gap).
- Základním atributem kovů, který je mimo jiné **příčinou elektrické vodivosti**, je poloha nejvyšší zaplněné energetické hladiny (Fermiho mez,  $E_F$ ) ležící někde uvnitř pásu dovolených energií (obr. 4.13(a)).

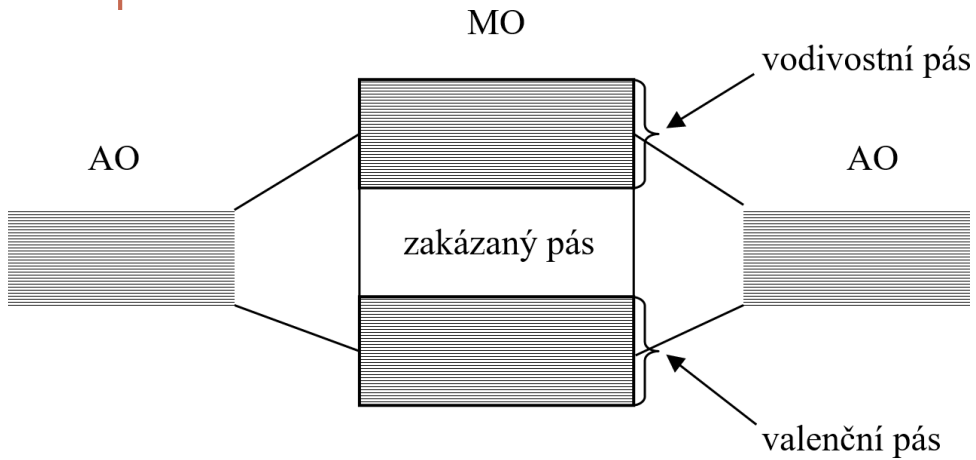


Obr. 4.13 Schema energetických pásů a poloha nejvyšší zaplněné hladiny (Fermiho energie) u kovu (a), izolátoru (b) a polovodiče (c).  $\Delta E_g$  značí šířku zakázaného pásu.

- Dalšími vlastnostmi kovů vyplývajícími z existence pohyblivých vodivostních elektronů jsou **vysoká tepelná vodivost (volné elektrony velmi rychle reagují na změny teploty, tedy kinetické energie, a snadno tuto energii přenášejí) a optický lesk**. Volné elektrony totiž snadno mění při dopadu viditelného záření (světla) svůj energetický stav a stejně snadno se vrací do původního energetického stavu a vyzařují stejné záření, jaké je excitovalo do vyššího stavu. Celý děj ve výsledku vypadá jako by se jednalo o odraz.

# 1. KOVY - VLASTNOSTI

## ELEKTRICKÁ A TEPELNÁ VODIVOST



Vzájemná interakce atomových orbitalů velkého počtu atomů kovu v periodicky uspořádané mřížce vede k tomu, že na rozdíl od vzniku molekulových orbitalů v kovalentních sloučeninách o diskrétních hodnotách energie, oddělených od sebe navzájem rozsáhlými oblastmi energií zakázaných, vznikají v kovech **pásky dovolených energií**, v nichž jsou jednotlivé energetické úrovně (odpovídající MO) tak blízko u sebe, že se jeví téměř jako spojité. Přechod elektronů mezi jednotlivými energetickými stavy uvnitř pásu je energeticky nenáročný a k excitaci stačí energie tepelného pohybu, a to zejména za situace, kdy tzv. valenční pás má tolik energetických hladin, že není elektrony úplně zaplněn (I.), nebo kdy se tzv. vodivostní pás s valenčním pásem energetických stavů překrývá (II.) (obr. 6/V). Tímto tzv. **pásovým modelem** se vysvětluje typická **elektronová vodivost kovů**.

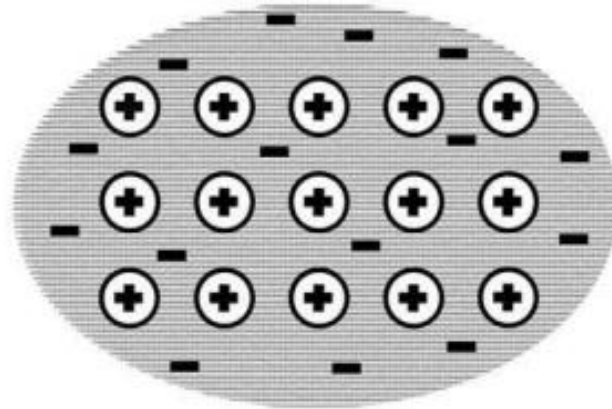
- **Nejlepší elektrickou vodivost mají stříbro, měď a hliník. Na výrobu elektrických vodičů se v současnosti nejvíce využívá měď a hliník.**
- **U kovů a slitin snižují elektrickou vodivost následující faktory:**
  - 1. rostoucí teplota, 2. přítomnost nečistot a příměsí, 3. poruchy krystalické struktury.**
- Elektrony v elektronovém plynu se mohou významnou měrou podílet rovněž **NA VEDENÍ TEPLA**. V porovnání s ostatními druhy materiálů (keramika, skla atd.) jsou proto kovové materiály lepšími vodiči tepla. Tepelná vodivost kovů je přibližně přímo úměrná měrné elektrické vodivosti. **Dobré elektrické vodiče (Cu, Al) jsou zároveň dobrými tepelnými vodiči.**



# 1. KOVY - VLASTNOSTI

## ELEKTRICKÁ VODIVOST A KRYSTALINITA

U kovů proto dominuje tzv. kovová chemická vazba. Tu si zjednodušeně představujeme jako soubor kationtů, které jsou dohromady „stmeleny“ delokalizovanými elektrony tvořícími tzv. elektronový plyn. **Soudržnost kovů je tedy způsobena přitažlivou elektrostatickou interakcí mezi kladně nabitými kationty a záporně nabitým elektronovým plynem.**



- Elektrony jsou v případě kovové vazby **delokalizované a pohyblivé**. Vložení do elektrického pole se pohyb velkého počtu těchto nositelů náboje usměrní, čímž dochází k vedení elektrického proudu. Proto řadíme kovy mezi elektrické vodiče.

- Velmi důležitá vlastnost kovové vazby je její **nesměrovost**. Tím se liší od vazby kovalentní, která je směrová a která vzniká sdílením elektronů dvojicí sousedních atomů. V případě kovalentní vazby hraje zásadní roli prostorová orientace výchozích atomových orbitalů. Proto např. v látkách jako je Si nebo C (diamant) je každý atom obklopen čtyřmi sousedy ve směrech vrcholů tetraedru. **Důsledkem nesměrového charakteru kovové vazby je vznik těsně uspořádaných krystalických struktur, který je u kovů velmi častý. Takové struktury modelujeme tak, že každý atom nahradíme tuhou koulí a snažíme se tyto koule uspořádat v prostoru tak, aby ho co nejvíce zaplnily.**

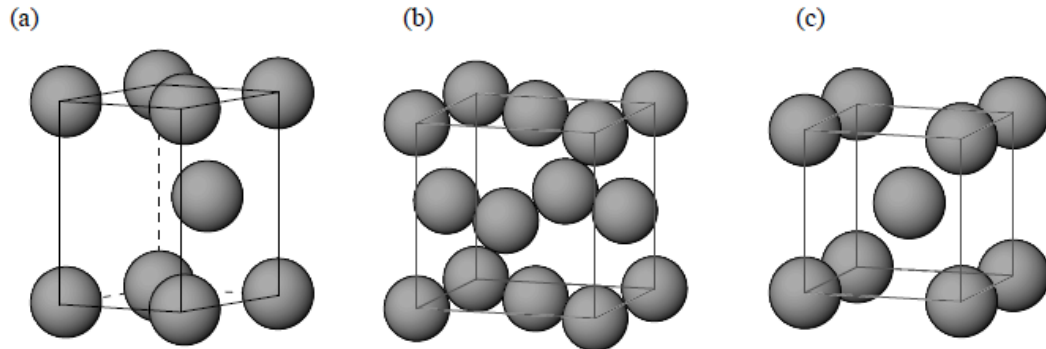
# 1. KOVY - VLASTNOSTI

## KRYSTALICKÁ MŘÍŽKA

-Všechny kovy se kromě kapalné rtuti (a pravděpodobně velmi nestálého francie) nacházejí **za normálních podmínek v podobě krystalických pevných látek.**

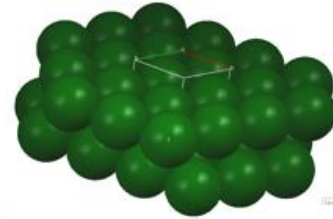
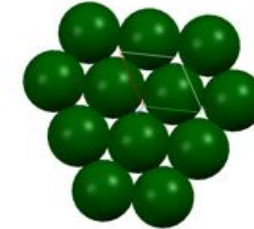
-Díky povaze chemické vazby preferují **uspořádání do co nejtěsnějšího uspořádání s vysokými koordinačními čísly.**

-Na základě čistě geometrických úvah lze odvodit dva typy nejtěsnějšího uspořádání s **hexagonální** (obr. 4.11a, úhel mezi dvěma osami základny je  $120^\circ$ ) a **kubickou** tak, aby každá následující řada byla posunuta o polovinu vzdálenosti mezi nejbližšími sousedy v dané řadě a těsně k ní přiléhala. Vytváří se tak síť rovnostranných trojúhelníků, přičemž každý atom má v dané rovině šest nejbližších sousedů.



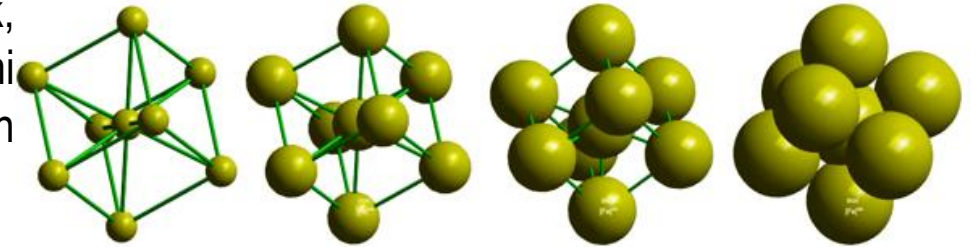
Obr. 4.11 Elementární buňky základních struktur kovů odpovídajících (a) nejtěsnějšímu hexagonálnímu, (b) nejtěsnějšímu kubickému uspořádání a (c) tělesově centrované kubické krystalové mříži.

## A) HEXAGONÁLNÍ (HCP):



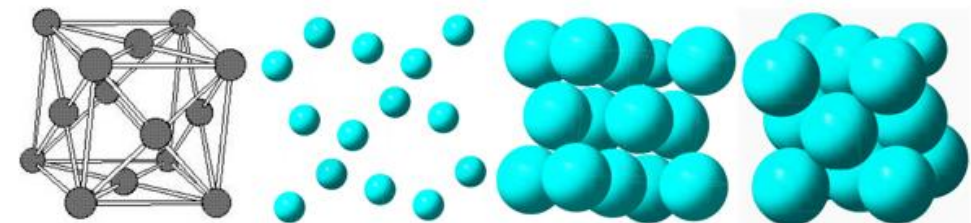
Mg, Be, Sc, Te, Co, Zn, Y, Zr, Tc, Ru, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu, Hf, Re, Os, Ti

## B) KUBICKÁ PROSTOROVĚ CENTROVANÁ (BCC):



W, Li (při pokojové teplotě), Na, K, V, Cr, Fe, Rb, Nb, Mo, Cs, Ba, Eu, Ta

## C) KUBICKÁ TĚLOSOVĚ CENTROVANÁ (FCC):



Cu, Al, Ni, Sr, Rh, Pd, Ag, Ce, Tb, Ir, Pt, Au, Pb, Th

# 1. KOVY - VLASTNOSTI

## MIKROSTRUKTURA KOVOVÝCH MATERIÁLŮ

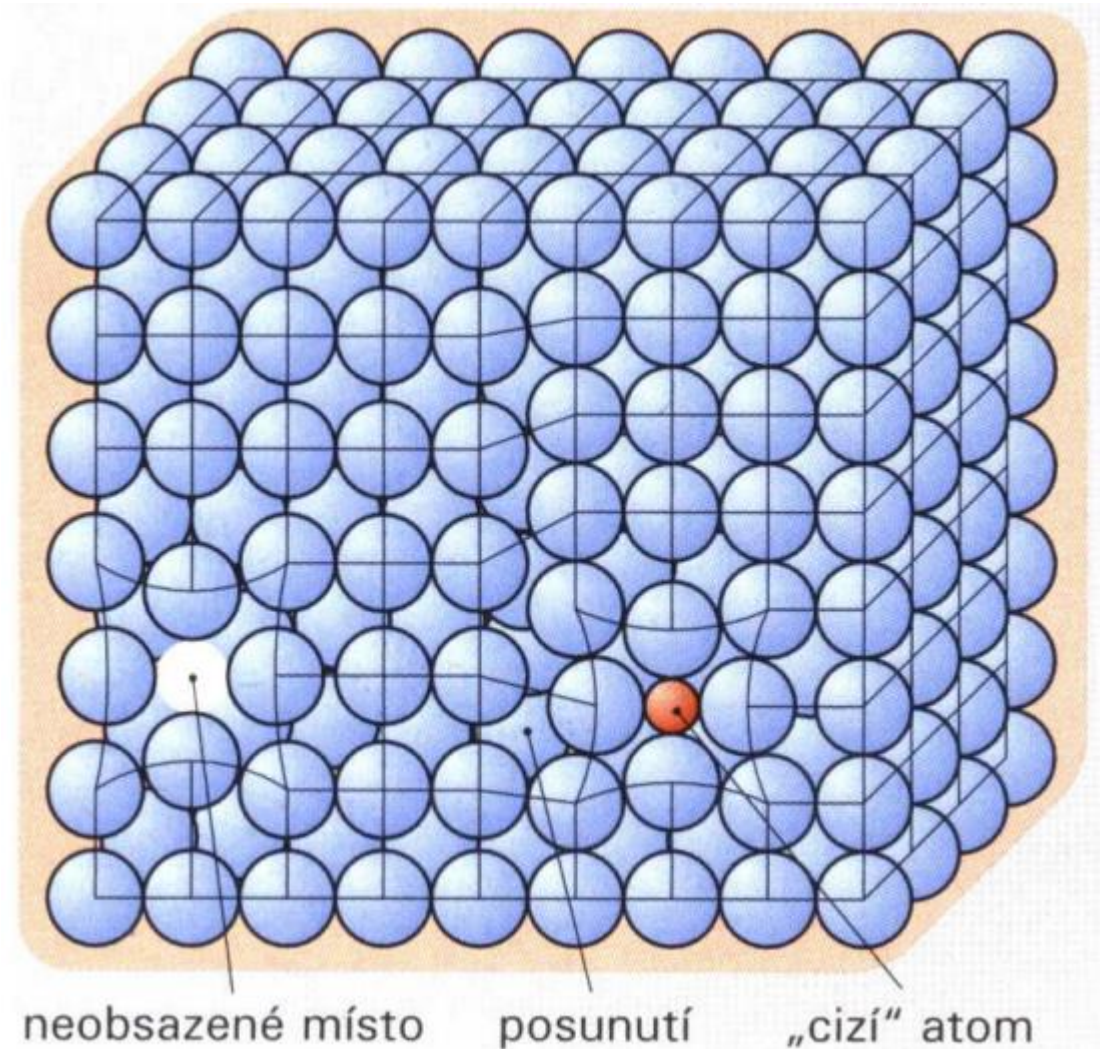
- VADY ve struktuře krystalu představují

**A) prázdné úzlové body (vakance):** neobsazené místo v krystalové struktuře,

**B) posunutí (dislokace):** vrstva iontů kovů posunuta nebo zcela chybí,

**C) atomy v mezimřížkových polohách (interstice):** atomy jiného prvku jsou umístěny v krystalové mřížce základní látky.

**Vady ve struktuře kovů způsobují deformace v krystalové mřížce.**

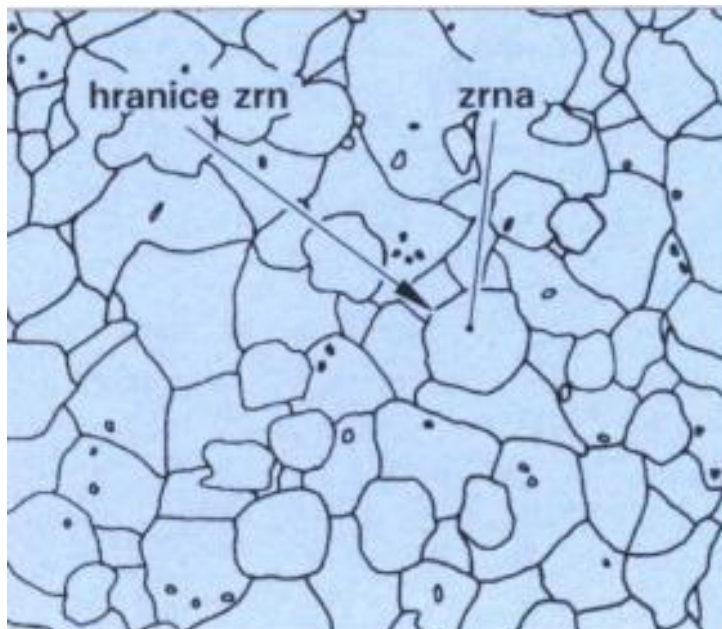




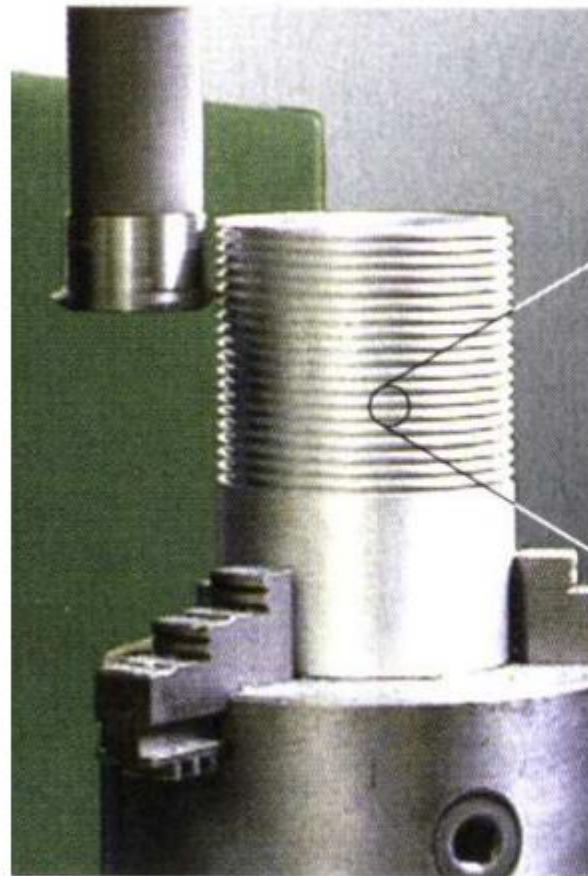
# 1. KOVY - VLASTNOSTI

## MIKROSTRUKTURA KOVOVÝCH MATERIÁLŮ

- Tvar a uspořádání složek materiálu, které lze sledovat mikroskopem (METALOGRAFIE)
- Na vyleštěné a naleptané ploše kovu (výbrus) lze sledovat charakteristické tvary zrn a hranice zrn pro jednotlivé čisté kovy a slitiny.

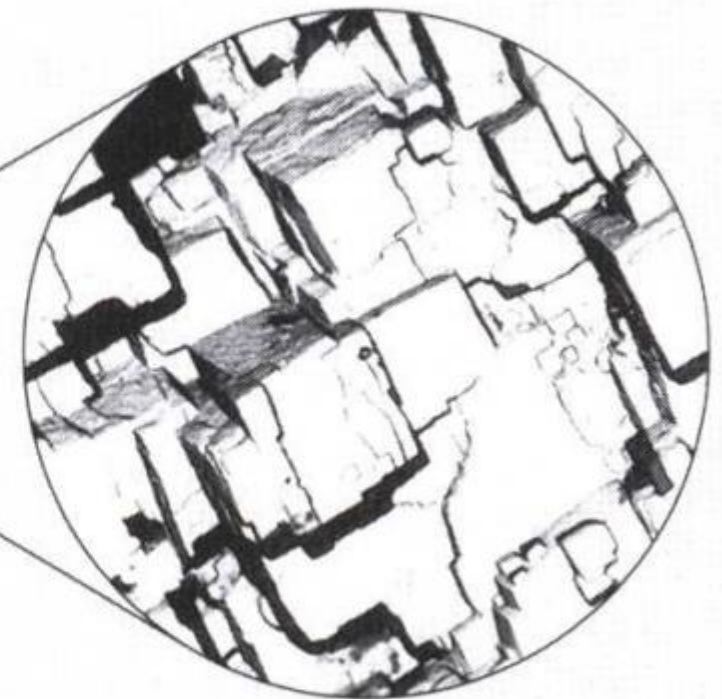


povrch kovu



přirozená velikost

krystalická struktura



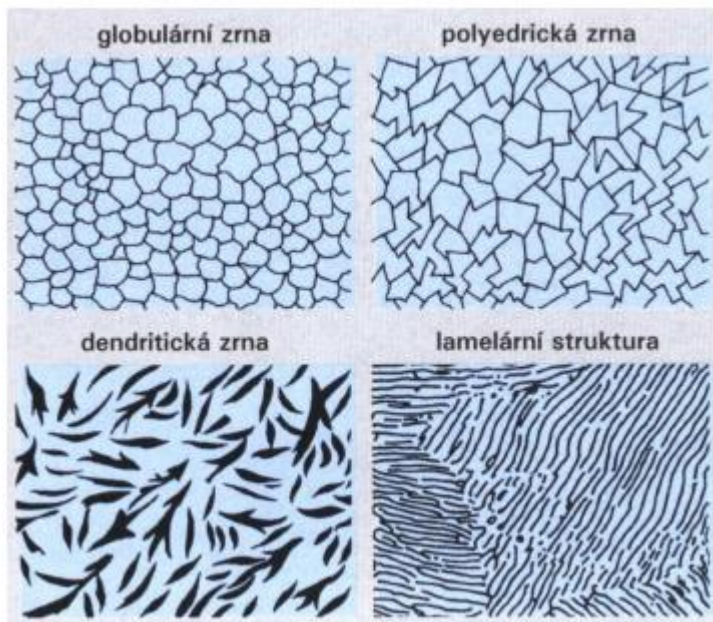
10 000krát zvětšeno  
elektronovým mikroskopem



# 1. KOVY - VLASTNOSTI

## MIKROSTRUKTURA KOVOVÝCH MATERIÁLŮ

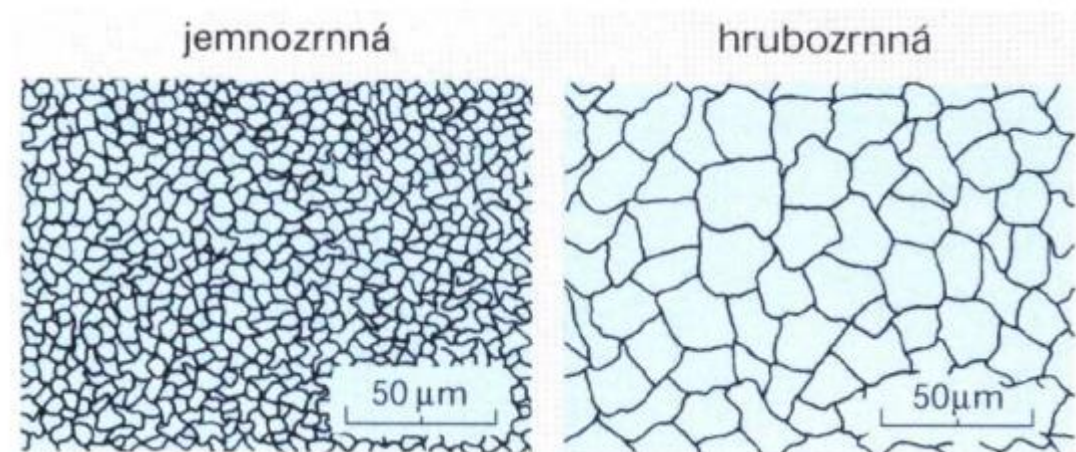
- Různé kovy a různé typy krystalové mřížky kovu tvoří typický tvar zrn :
  - **čisté železo** – zaoblená zrna (globulární zrna),
  - **železo s austenitickou strukturou** – mnohoúhelníková zrna (polyedrická),
  - **kalená ocel** – jehličkovitá struktura (dendritická),
  - **páskový cementit, lamelární grafit šedé litiny** – lamelová struktura.



**FÁZE:** homogenní oblast tvořená jednou nebo více složkami - vykazuje určité chemické či fyzikální vlastnosti, vlastní krystalovou stavbu, je oddělena plochou (fázovým rozhraním).

## VELIKOST ZRN

- Kovy mají zrna o velikosti od 1  $\mu\text{m}$  až do 100  $\mu\text{m}$ .
- Materiál s **jemnozrnnou strukturou** má **vyšší pevnost** a lepší **tažnost** oproti materiálu s hrubozrnnou strukturou.



### Požadované velikosti zrn lze dosáhnout :

- **tepelným zpracováním** (např. normalizačním žháním)
- **tvářením zatepla** (např. válcováním zatepla)
- **přidáním legovacích prvků** (např. manganu – jemnozrnné konstrukční oceli)

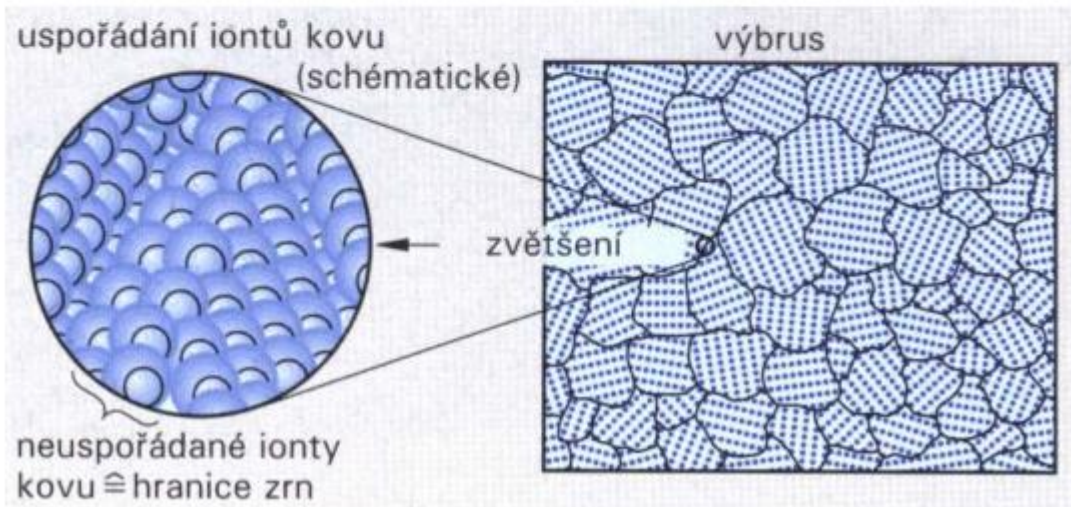


# 1. KOVY - VLASTNOSTI

## MIKROSTRUKTURA KOVOVÝCH MATERIÁLŮ

### ČISTÉ KOVY

- mají **jednotlivou** (homogenní) **strukturu**
  - všechna zrna se skládají ze stejného druhu kovových atomů
  - mají stejné rozložení podle typu krystalové mřížky
  - liší se orientace krystalové mřížky
- mají relativně **nízkou pevnost** => v technické praxi se nepoužívají v čistém stavu (v technické praxi), ale jako **slitiny**.



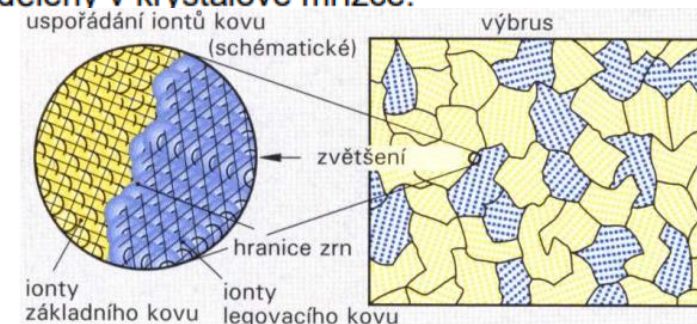
Slitiny mají oproti svému čistému základnímu kovu lepší vlastnosti :

- vyšší pevnost,
- lepší odolnost proti korozi,
- větší tvrdost .....

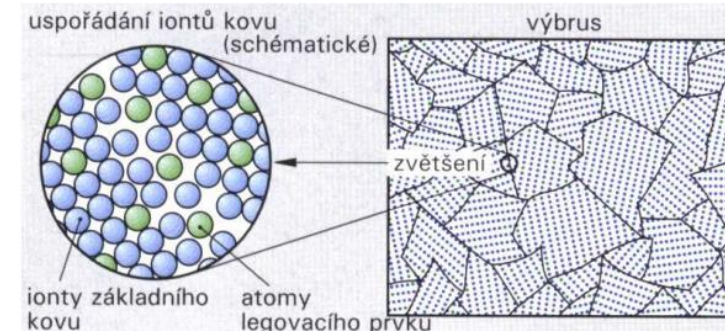
### SLITINY

- Jedná se o směsi více kovů nebo kovů a nekovů.
- V kapalném stavu (tavenina) jsou legovací prvky rozloženy ve slitině rovnoměrně.
- V okamžiku tuhnutí taveniny se vytvářejí různé druhy struktury v závislosti na základním materiálu a legovacích prvcích.
- U **slitin se směsí krystalů** se různé ionty kovu při tuhnutí taveniny shlukují odděleně do různých zrn struktury.
- U **slitin se směsnými krystaly** zůstávají atomy legujících prvků při tuhnutí taveniny rovnoměrně rozděleny v krystalové mřížce.

**Slitiny tedy mohou být materiály polykrystalické a polyfázové.**



**Vnitřní struktura slitiny se směsí krystalů**

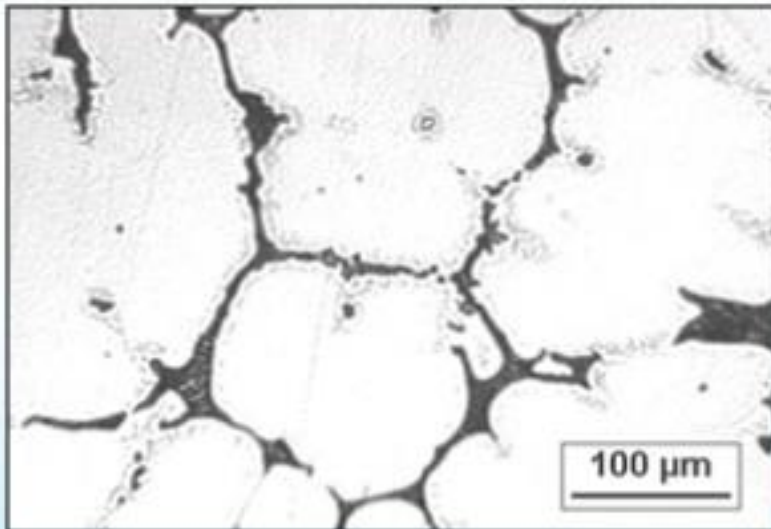


**Vnitřní struktura slitiny se směsnými krystaly**

# 1. KOVY - VLASTNOSTI

## MIKROSTRUKTURA KOVOVÝCH MATERIÁLŮ

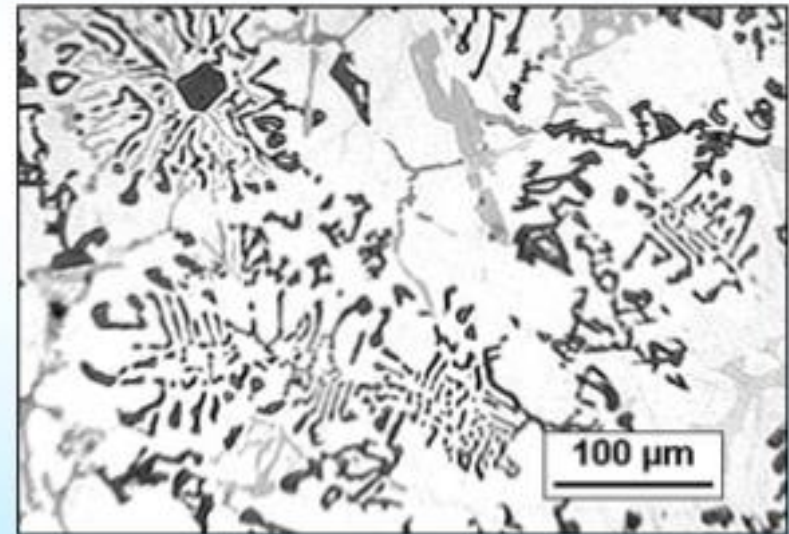
mikrostruktura kovu s obsahem legur pod mezí rozpustnosti v matici základního kovu (tuhý roztok)



Mikrostruktura je tvořena jednou fází (bílé oblasti). Černé oblasti jsou hranice zm.

**Slitiny tedy mohou být materiály polykrystalické a polyfázové.**

mikrostruktura kovu s obsahem legur větším než je mez rozpustnosti v matici (polyfázový materiál)

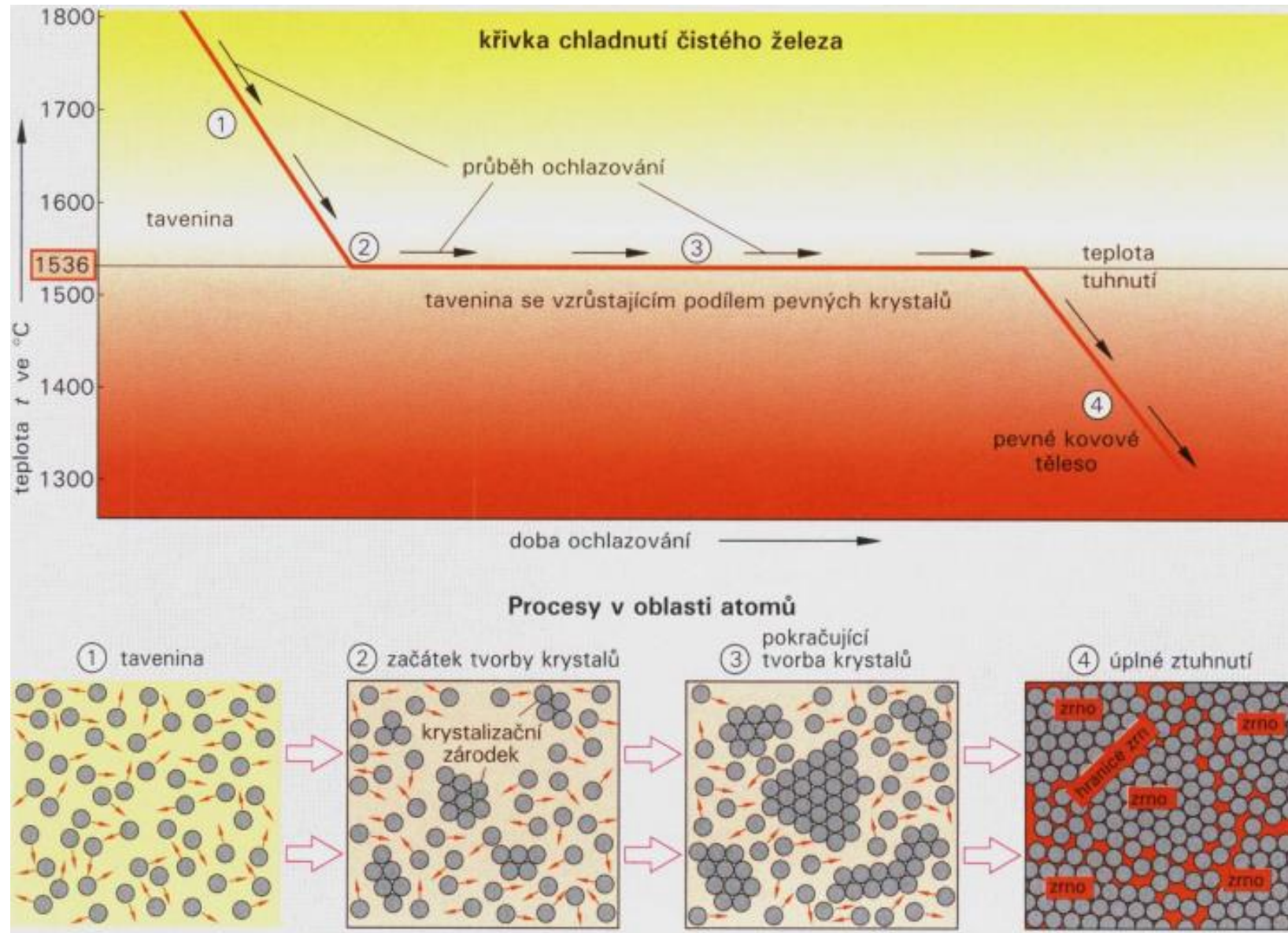


Mikrostruktura je tvořena tuhým roztokem (bílé oblasti) a intermediálními fázemi (šedé a černé oblasti).



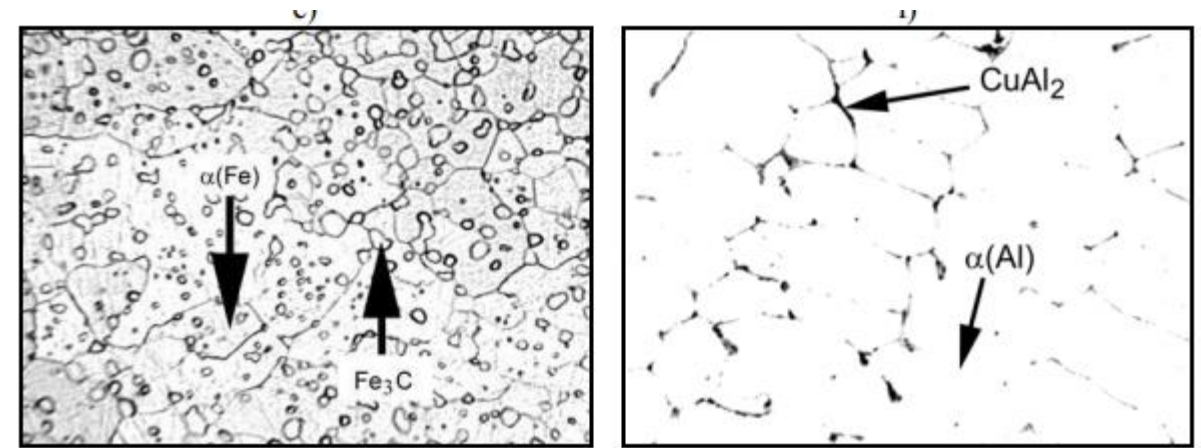
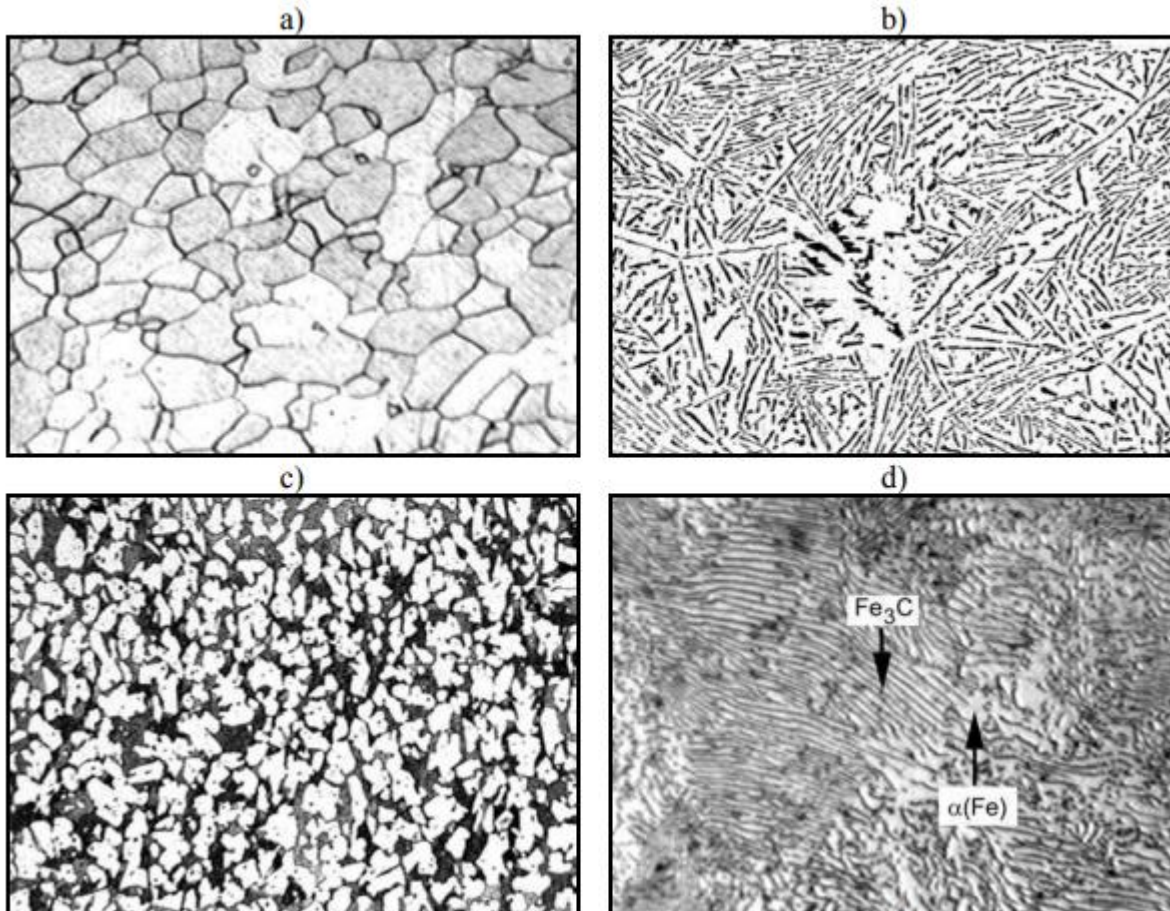
# 1. KOVY - VLASTNOSTI

## MIKROSTRUKTURA KOVOVÝCH MATERIÁLŮ





# 1. KOVY - VLASTNOSTI



Obr.10.3. Příklady mikrostruktur slitin: a) čisté železo tvořené zrný s různou orientací krystalických mřížek, b) slitina AlSi10 (hm.%) – fáze  $\alpha(\text{Al})$  (světlá) + Si (tmavá), c) slitina CuZn40 (hm.%) – fáze  $\alpha(\text{Cu})$  (světlá) + CuZn (tmavá), d) ocel obsahující 0,8 hm.% C – fáze  $\alpha(\text{Fe})$  + karbid triželeza  $\text{Fe}_3\text{C}$ , e) vyžehaná ocel obsahující 0,8 hm.% C – fáze  $\alpha(\text{Fe})$  + karbid triželeza  $\text{Fe}_3\text{C}$  f) slitina AlCu2 (hm.%) – fáze  $\alpha(\text{Al})$  (světlá) +  $\text{CuAl}_2$  (tmavá)

**MIKROSTRUKTURA KOVOVÝCH MATERIÁLŮ**

# 1. KOVY - VLASTNOSTI

## MECHANICKÉ VLASTNOSTI KOVŮ

- Mechanické vlastnosti charakterizují chování materiálů při působení vnějších sil. Mají rozhodující význam pro výpočet strojních součástí. Patří sem pevnost, houževnatost, tvrdost a pružnost.
- **TVÁRNOST** (plasticita) je jednou z nejzákladnějších vlastností kovů. Pokud na materiál působíme silou, dochází k jeho deformaci:

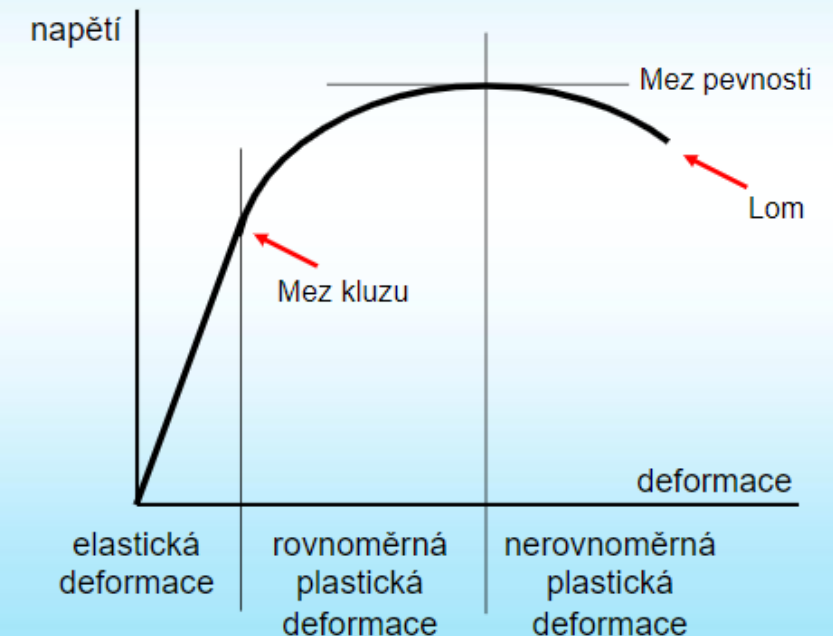
**A) Elastická deformace:** materiál se po odlehčení vrátí do původního stavu,

**B) Mez kluzu:** při překročení určitého napětí přechází elastická deformace v plastickou. Prakticky je nejdůležitější znalost meze kluzu – omezení velikosti namáhání tak, aby nedocházelo k nevratným deformacím.

**C) Plastická deformace:** je trvalá – ani po odlehčení se materiál nevrací do původního stavu.

**D) Mez pevnosti:** maximální napětí, které můžeme na materiál aplikovat. Po překročení meze pevnosti je materiál výrazně deformován aniž je potřeba nárůstu napětí a dochází k porušení soudržnosti – lomu.

**Tahový diagram** znázorňuje závislost zvyšujícího se napětí na relativní deformaci materiálu.



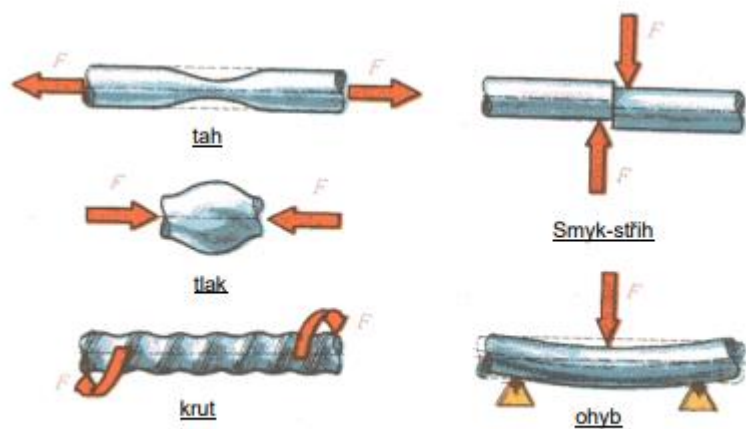
# 1. KOVY - VLASTNOSTI

## MECHANICKÉ VLASTNOSTI KOVŮ

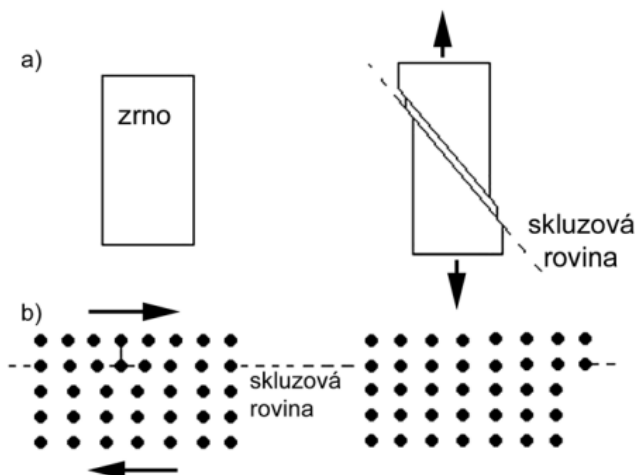
- Mechanické vlastnosti charakterizují chování materiálů při působení vnějších sil. Mají rozhodující význam pro výpočet strojních součástí.

**PEVNOST** je schopnost *materiálu odolávat mechanickým silám*, rozlišujeme **pevnost v tahu, tlaku, krutu, smyku/stříhu a ohybu**. Je definována jako největší napětí, které je třeba k porušení materiálu. Za porušení materiálu se považuje nejen rozdělení materiálu na dvě části, ale i vznik trhlin.

**HOUŽEVNATOST** je *schopnost materiálu odolávat rázům*. Je definována jako velikost práce, která je nutná k rozdělení materiálu na dvě části. Opakem houževnatosti je křehkost. Křehký materiál je např. sklo, houževnatý materiál je např. ocel. Houževnatost se zkoumá tím, že vzorek vystavíme rázu. Při přeražení zkušební tyče se spotřebuje určité množství práce, velikost této práce dokážeme spočítat.



Základní druhy namáhání materiálu



Obr.10.5. Vzájemné posunutí (skluz) dvou částí zrna v polykrystalickém kovu (a), ke kterému dochází pohybem dislokací ve skluzové rovině a jejich výstupem na povrch krystalu (b)



Obr. 2 Zlomený vzorek po rázové zkoušce



# 1. KOVY - VLASTNOSTI

## MECHANICKÉ VLASTNOSTI KOVŮ

- Mechanické vlastnosti charakterizují chování materiálů při působení vnějších sil. Mají rozhodující význam pro výpočet strojních součástí.

**TVRDOST** je odpor materiálu proti vnikání cizího tělesa. Zjišťuje se vtlačováním tvrdého tělíska do zkoušeného materiálu a měřením hloubky popř. šířky vtisku. **Tvrdoost zvyšujeme u kovů kalením** – to je ohřátím na určitou teplotu a prudkým ochlazením. Takto se např. zpracovávají kalené kuličky do kuličkových ložisek. Jednotky tvrdosti se liší dle metody (Vickers (HV – diamantový jehlan), Rockwell atp.) a liší se parametrem vtisku (hloubka, tvar...).

**TAŽNOST** charakterizuje plastické vlastnosti materiálu a představuje trvalou relativní deformaci (v procentech).

**PRUŽNOST** je schopnost materiálu deformovat se působením vnějších sil a po odstranění těchto sil se vrátit do původního stavu. Pružným materiálem je např. guma (pryž).

Tvrdoost HV vybraných materiálů

Materiál	HV	Materiál	HV
Au <sup>1</sup>	20	mosaz CuZn37 <sup>2</sup>	95
Cu <sup>1</sup>	40	dural AlCu4Mg1 <sup>3</sup>	130
bronz CuSn12 <sup>2</sup>	85	ocel (0,5 % C) <sup>4</sup>	700

<sup>1</sup> žíhaný stav, <sup>2</sup> litý stav, <sup>3</sup> vytvrzený stav, <sup>4</sup> kalený stav

Tabulka X.1. Ilustrativní hodnoty modulu pružnosti v tahu  $E$ , meze kluzu  $R_p$ , meze pevnosti v tahu  $R_m$  (obr.10.6.) a tažnosti  $A$  vybraných kovových materiálů (údaje o složení materiálů jsou uvedeny v hm.%)

Materiál	$E$ [GPa]	$R_p$ [MPa]	$R_m$ [MPa]	$A$ [%]
ocel (0,2 % C) <sup>1</sup>	190	300	550	14
dural AlCu4Mg1 <sup>2</sup>	73	345	430	5
mosaz CuZn40Pb2 <sup>3</sup>	100	160	380	18
bronz CuSn6 <sup>3</sup>	110	260	420	20
TiAl6V4 <sup>2</sup>	105	790	860	10
MgAl6Zn1 <sup>3</sup>	45	205	305	16

<sup>1</sup> žíhaný stav, <sup>2</sup> vytvrzený stav, <sup>3</sup> litý stav



# Pevnost vazby a tvrdost kovů

**Tvrdost prvků podle Mohsovy stupnice**

H	Tvrdost prvků podle Mohsovy stupnice																He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

# Pevnost vazby a body varu kovů

## 1. Engel-Brewerovo pravidlo:

vazebná energie kovu nebo slitiny závisí na průměrném počtu nepárových valenčních elektronů na atom (k dispozici pro vazbu)

## Body varu prvků

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

# 1. KOVY - VLASTNOSTI

## REAKTIVITA

- Při redoxních reakcích dochází k oxidaci prvku s nejnižším standardním redukčním potenciálem a redukci prvku, který má tuto hodnotu nejvyšší.
- Tato zákonitost se často projevuje při reakcích kovů a solí, kovů s kyselinou či vytěsňování halogenů z halogenidů.
- Pro správný popis průběhu oxidačně-redukčních reakcí je důležitá znalost hodnot standardních redukčních potenciálů. Tyto hodnoty nalezneme seřazeny v **Beketovově řadě (řadě napětí kovů)** dle zvyšující se hodnoty redukčního potenciálu.

Tab.: Tabulka hodnot standardních redukčních potenciálů (při 25 °C)

$\text{Li}^+/\text{Li}^0$	-3,045 V	$\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}^0$	-0,250 V
$\text{K}^+/\text{K}^0$	-2,925 V	$\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}^0$	-0,140 V
$\text{Ba}^{2+}/\text{Ba}^0$	-2,906 V	$\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}^0$	-0,126 V
$\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}^0$	-2,284 V	$\text{H}^+/\text{H}^0$	0 V
$\text{Na}^+/\text{Na}^0$	-2,713 V	$\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^0$	0,339 V
$\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}^0$	-2,363 V	$\text{Cu}^+/\text{Cu}^0$	0,520 V
$\text{Al}^{3+}/\text{Al}^0$	-1,662 V	$\text{Hg}^{2+}/\text{Hg}^0$	0,798 V
$\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}^0$	-0,736 V	$\text{Ag}^+/\text{Ag}^0$	0,799 V
$\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^0$	-0,440 V	$\text{Br}^-/\text{Br}_2^0$	1,066 V
$\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}^0$	-0,408 V	$\text{Cl}^-/\text{Cl}_2^0$	1,359 V
$\text{Tl}^+/\text{Tl}^0$	-0,335 V	$\text{Au}^{3+}/\text{Au}^0$	1,420 V
$\text{Co}^{2+}/\text{Co}^0$	-0,271 V	$\text{F}^-/\text{F}_2^0$	2,850 V

Autorem je Nikolaj Nikolajevič **Beketov**, (13.1.1827 - 13.12.1911)



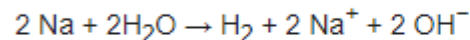
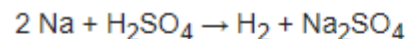
# 1. KOVY - VLASTNOSTI

## REAKTIVITA

Tab.: Zjednodušená Beketovova řada napětí kovů

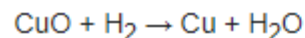
K Na Ca Mg Al Zn Fe Sn Pb H Cu Hg Ag Au Pt

- Potenciál se ustanoví mezi kovem a ionty kovu v roztoku.
- Zleva doprava se zvyšují hodnoty E .
- Klesají redukční schopnosti jednotlivých kovů.
- Kovy nalevo od vodíku mají záporné hodnoty E.
- Kovy napravo od vodíku mají E kladné.
- V Beketovově řadě kovů je vodík /nekov/ uveden proto, že jeho E je smluvně stanoveno jako nula
- Umožňuje to posoudit reakci různých kovů s kyselinami.
- Většina kovů má záporné hodnoty standardního elektrodového potenciálu – NEUŠLECHTILÉ KOVY
- Kovy s hodnoty E kladnými se nazývají UŠLECHTILÉ a patří např. Cu, Hg, Ag, Au.
- Čím je hodnota **E zápornější (menší) tím silnější jsou redukční schopnosti kovu.**
- Kov se zápornějším E může vytěsnit /vyredukovat/ z roztoku kov s kladnějším E.



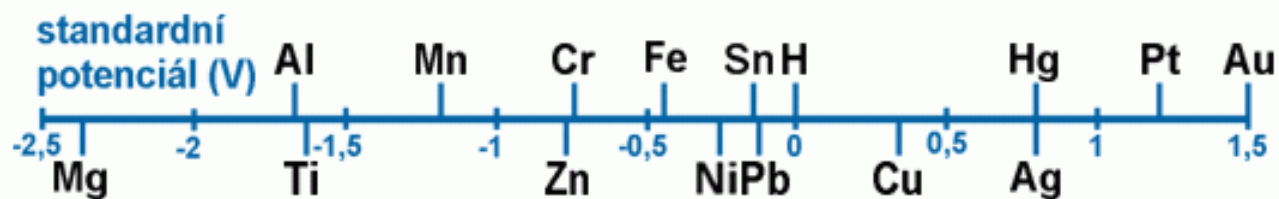
(kovy stojící daleko před vodíkem jsou schopny zredukovat vodík dokonce i z vody)

Kov, který stojí od vodíku napravo, tedy za vodíkem, je schopný zoxidovat vodík a sám sebe redukovat.



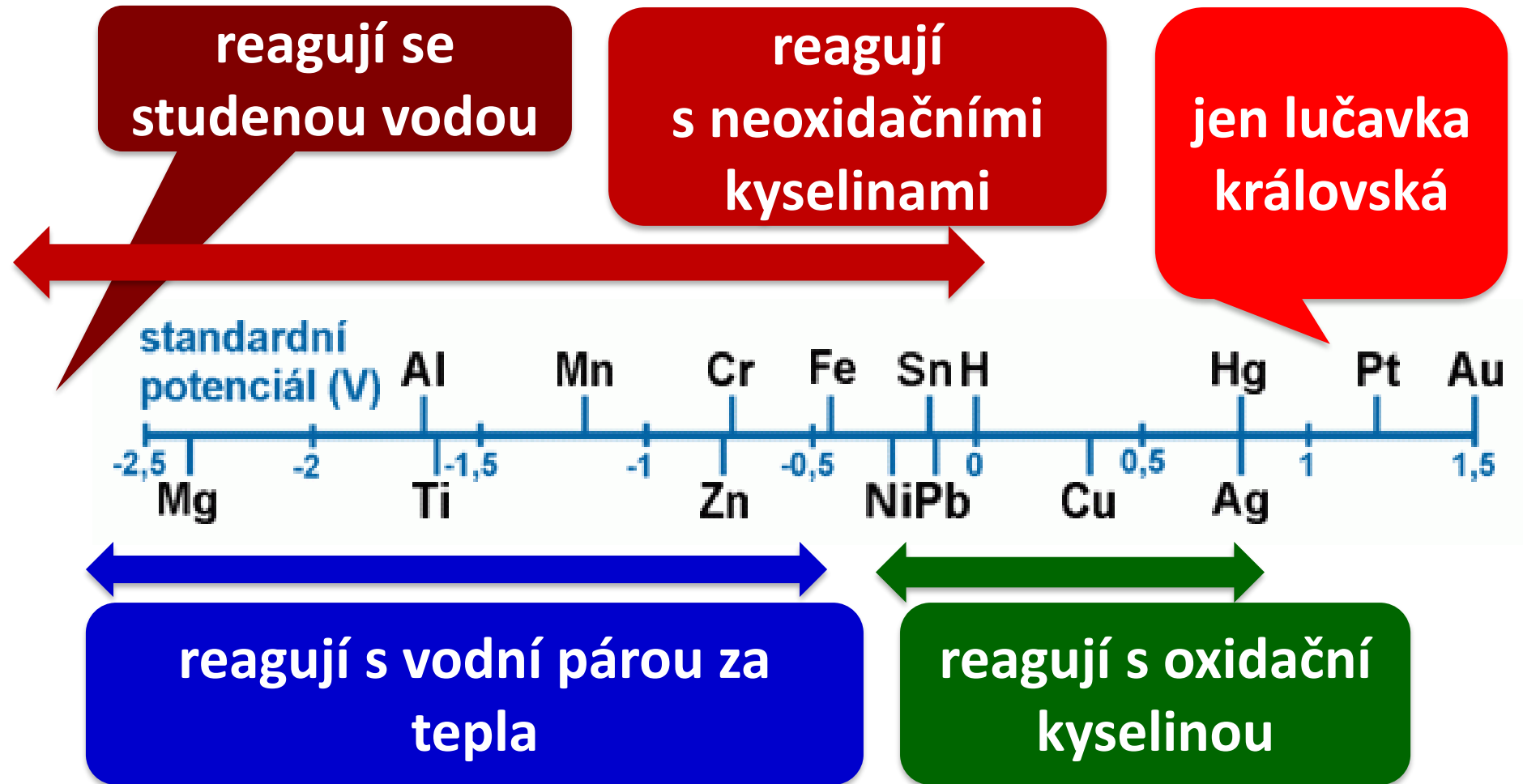


# Elektrochemická řada kovů



příprava: těžko redukovatelné - elektrolýza				redukce vodíkem za tepla												tepelný rozklad	
-3,0				-2,0				-1,0				0,0				+1,0	
K	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Zn	Cr	Fe	Co	Ni	Sn	Pb	H	Cu	Ag	Hg	Au
K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Au <sup>3+</sup>
reaktivita: studená H <sub>2</sub> O → H <sub>2</sub> +hydroxid				s vodní parou → H <sub>2</sub> + oxid								oxidační kyseliny				jen	
				s neoxidační kyselinou → H <sub>2</sub> + sůl								lučavka královská					
výskyt v přírodě:																	
nikdy volné						zřídka volné						často volné					
neušlechtilé kovy												ušlechtilé kovy					

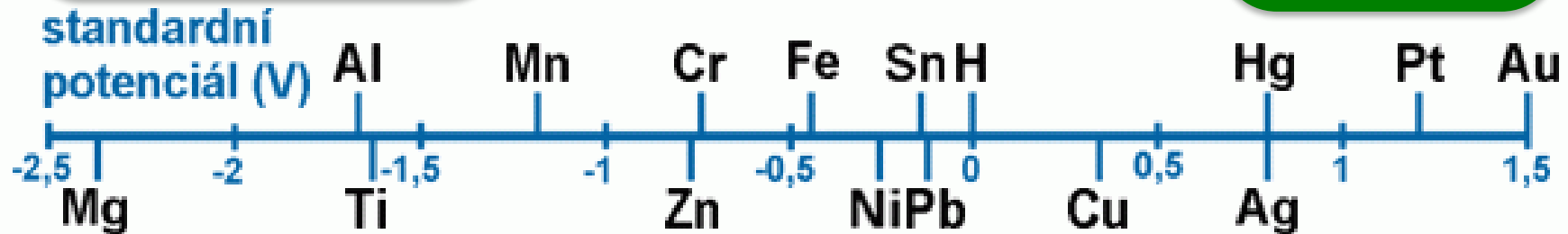
# Reaktivita kovů



# Příprava kovů

těžko  
redukovatelné  
– elektrolýza

tepelný  
rozklad  
sloučenin



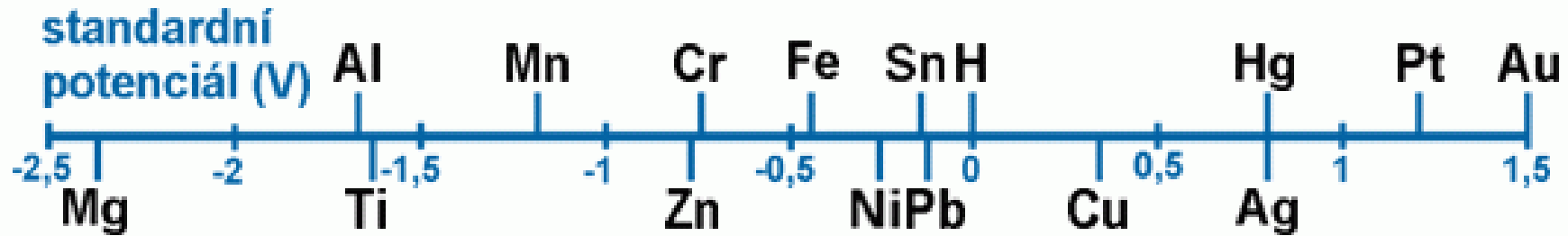
redukce vodíkem za tepla

# Výskyt kovů v přírodě

nikdy nejsou volné

zřídka volné

často volné



neušlechtilé kovy

ušlechtilé kovy



# KOROZE



# Koroze

Škody způsobené korozí kovů se v České republice odhadují na 90 miliard Kč ročně, což je asi 50krát více než škody způsobené požáry.

Kovy, s výjimkou ušlechtilých kovů, mají v kontaktu s vlhkým vzduchem tendenci přecházet zpět na oxidy, z nichž byly mnohdy získány.

Tyto reakce způsobují rozpad materiálu, a tím omezují např. životnost lodí na 30 let, způsobují lámání podvozků normálně naložených letadel, omezují životnost staveb ze železobetonu i životnost vodovodního rozvodu.

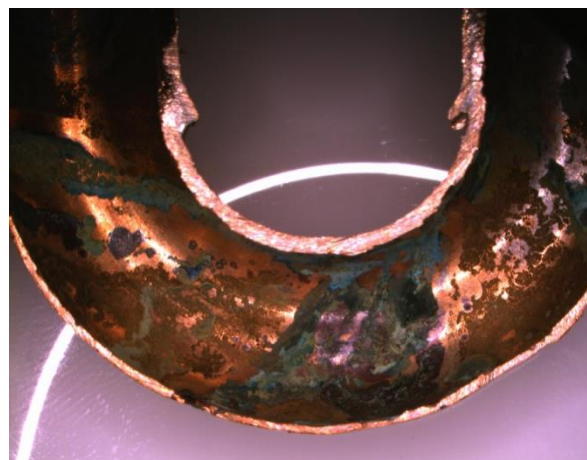
Korozí je zničeno 25 % světové produkce oceli.



# Koroze

Koroze je znehodnocení (porušování, rozrušování) materiálu, vznikající vzájemným chemickým působením materiálu a korozního prostředí.

Jedná se o povrchové chemické a elektrochemické reakce vyžadující součinnost nejméně dvou z následujících tří složek: **kyslík, voda, elektrolyt**.

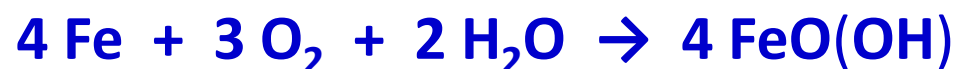




# Koroze

Pokud není podmínka součinnosti složek splněna, koroze prakticky neprobíhá (suchý vzduch, voda prostá kyslíku a dalších látek). Železo je napadáno teprve tehdy, je-li vzdušná vlhkost > 50%. Mechanismus koroze je složitý, závisí na podmínkách, které převládají.

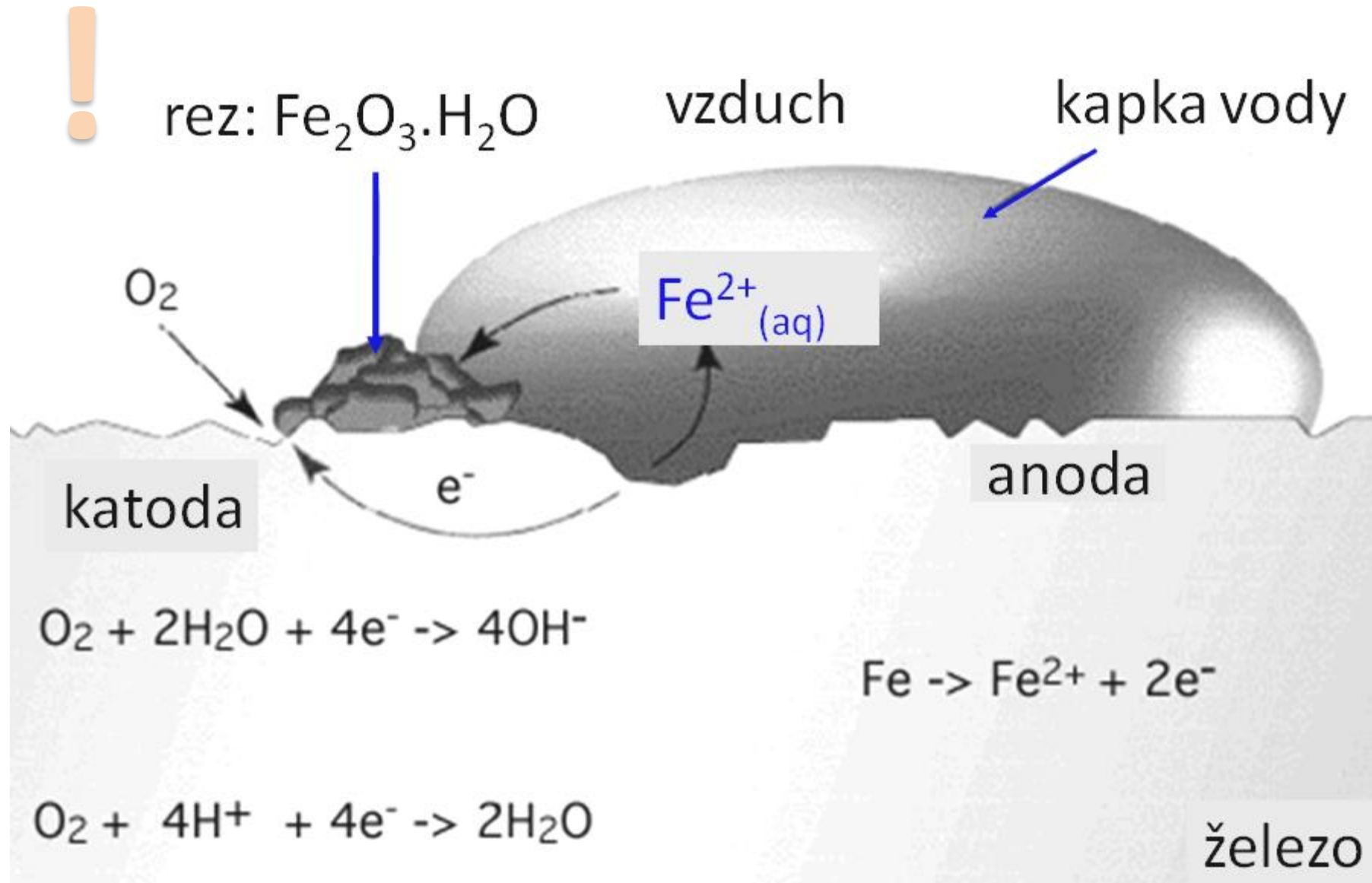
Jde v podstatě o oxidaci kovového povrchu např.:



Elektrickou vodivost zajišťuje elektrolyt (rozpuštěné  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  z emisí).



# Schéma koroze



# Pourbaixovy diagramy

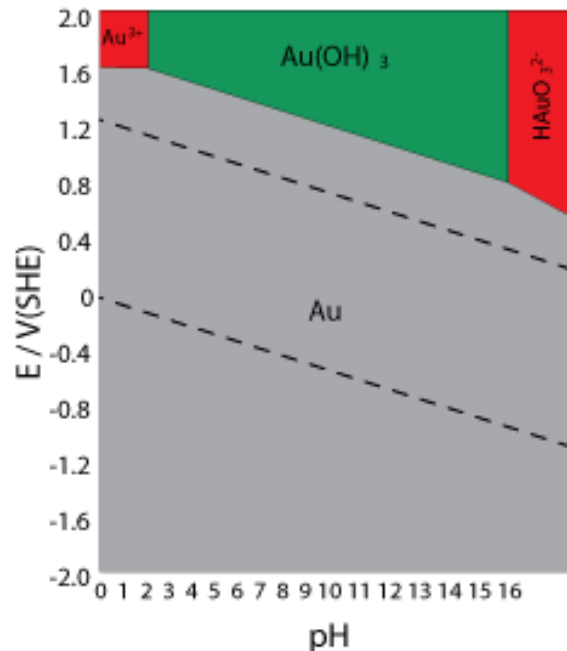


Marcel Pourbaix  
1904-1988

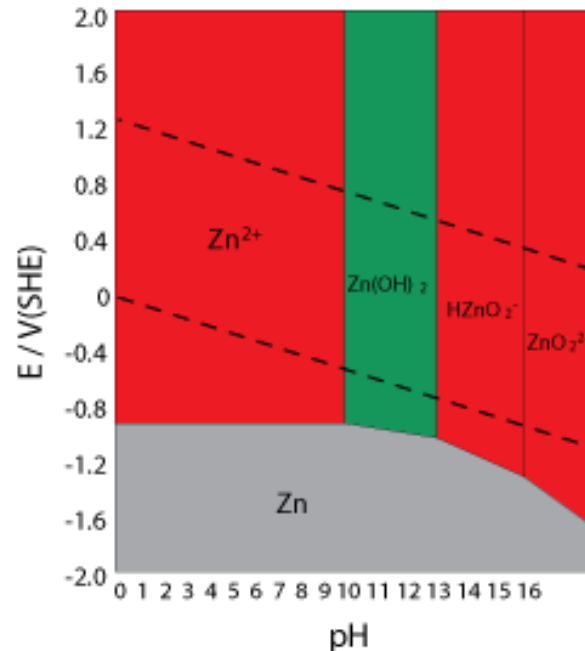
Pourbaixovy diagramy zachycují redukčně-oxidační a acidobazické rovnovážné diagramy pro zvolené ionty.

Umožňují předpovědět nebo vysvětlit korozi, pasivaci či odolnost daného prvku.

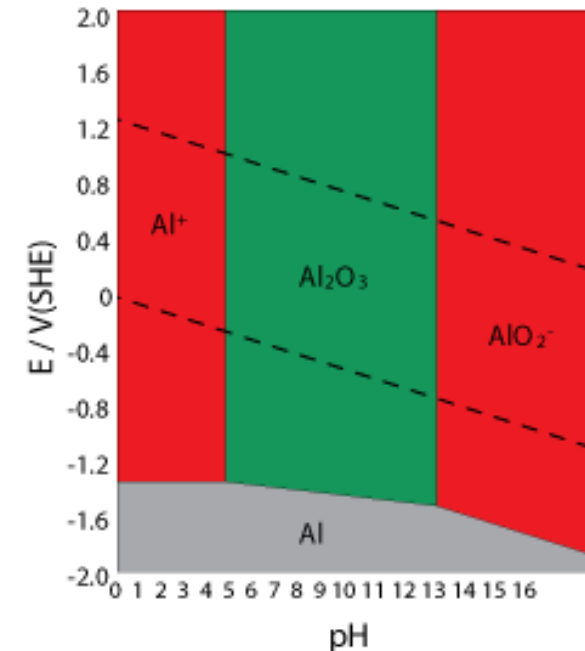
zlato



zinek

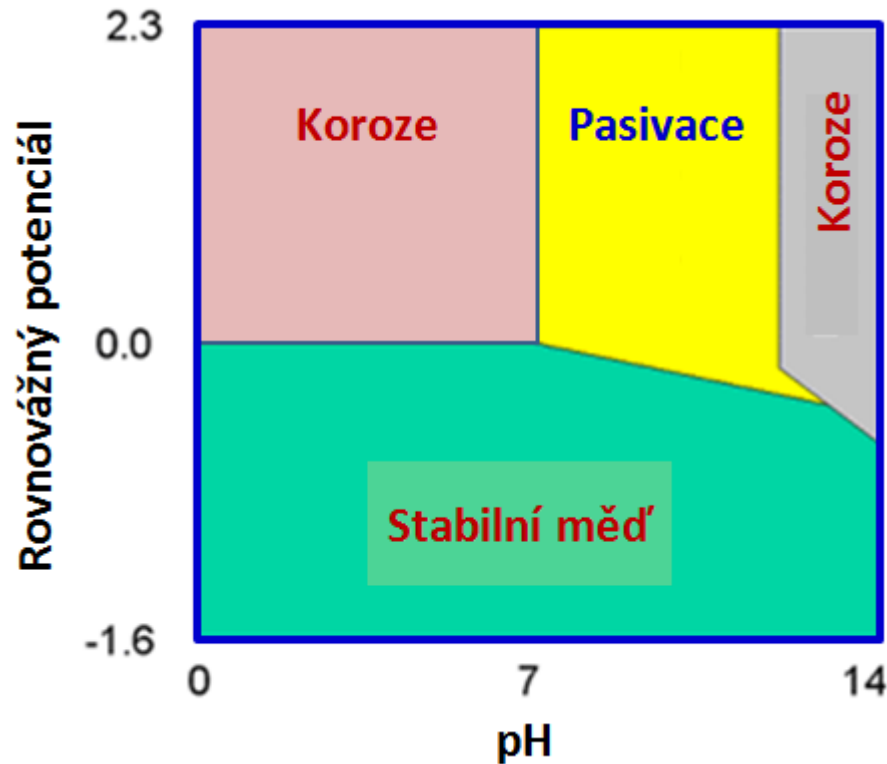


hliník



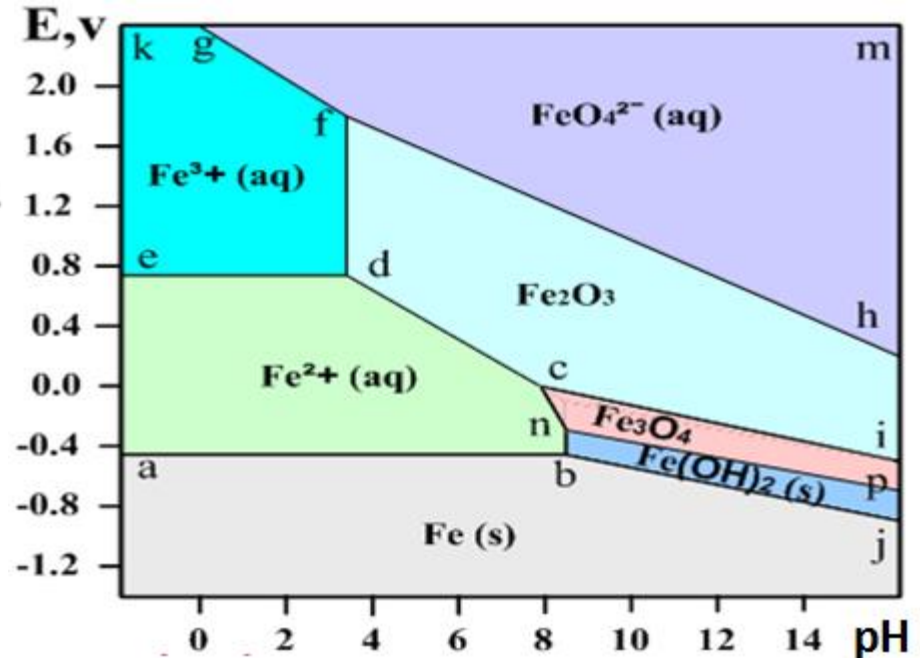


# Pourbaixovy diagramy



Měď vykazuje širší oblast stability

Pourbaixův diagram ukazuje složitost chemických pochodů na povrchu železa



**nátěry**

**inhibitory  
koroze**

**pokovování**

# OCHRANA PROTI KOROZI

**elektrochemická  
ochrana**

**slitiny**

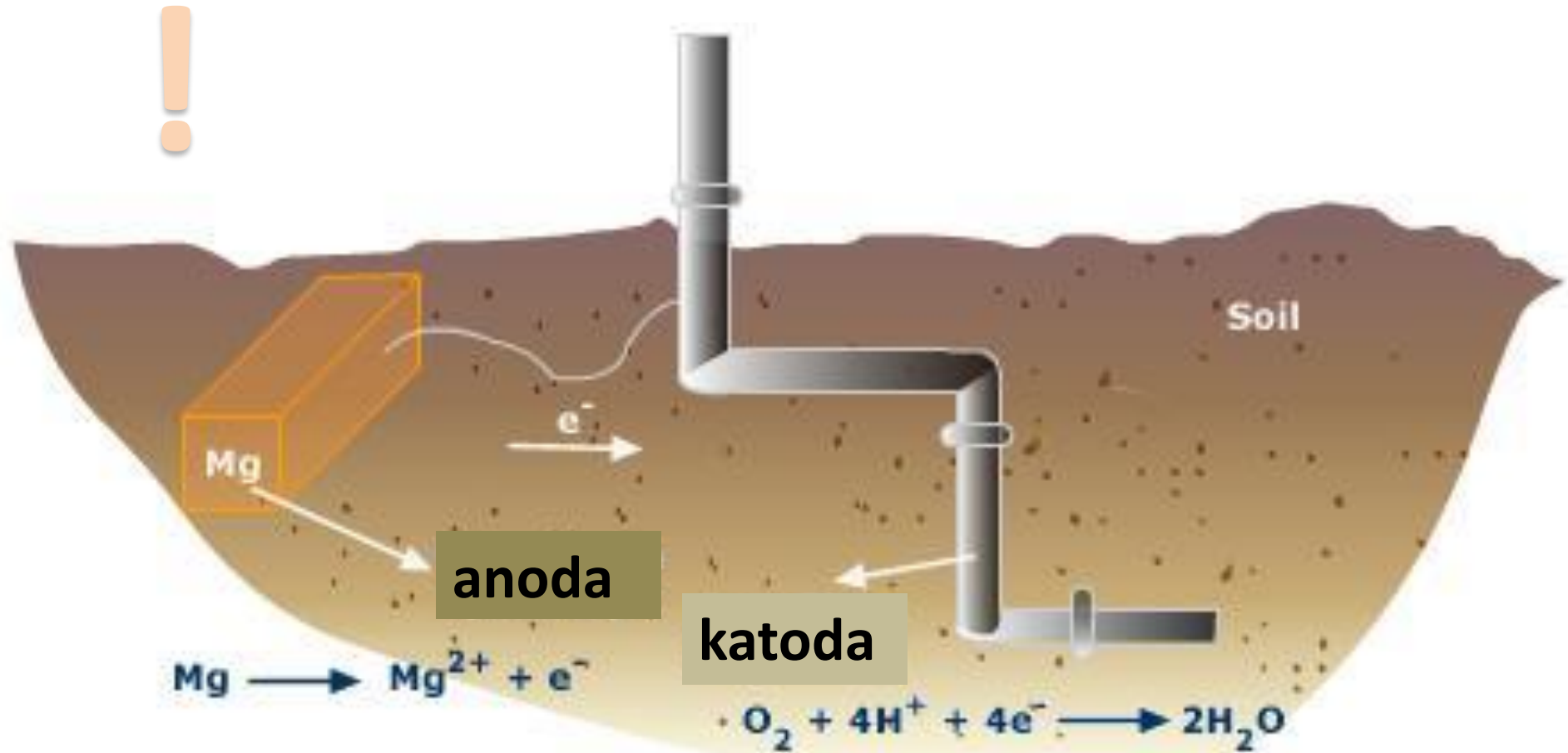
# Ochrana proti korozi

1. **nátěry** - nerozpustné částice pigmentu ( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnCrO}_4$ ) v organické kapalině (rostlinný olej, lak)
2. **pokovování** ponořením do roztaveného kovu nebo elektrolýzou
3. **inhibitory koroze** - látky, které v nízkých koncentracích výrazně snižují rychlost koroze (přídavek chromanů nebo hydrazinu do recirkulující chladicí vody)
4. **elektrochemická ochrana** - katodická: spojení s kovem se zápornějším potenciálem, anodická: vytvoření pasivní oxidované vrstvy (eloxace hliníku, fosfatace železa)
5. **slitiny** např.: nerezavějící oceli



# Katodická ochrana potrubí

„obětovaná“ anoda – používá se zinek, hořčík nebo hliník

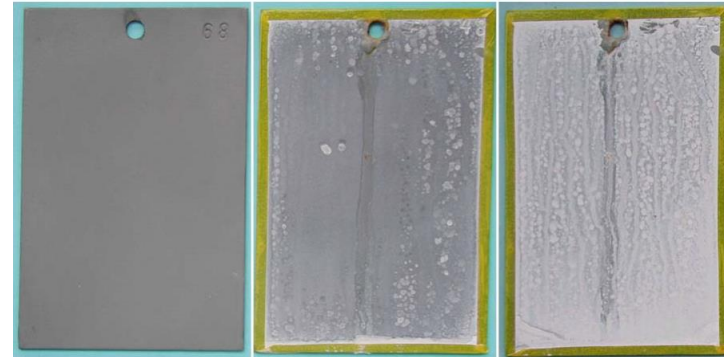


# Katodická ochrana obetovanou anodou



# Monitoring koroze

Korozní zkoušky:  
Dlouhodobé  
Laboratorní krátkodobé



Stanovuje se obvykle hloubka poškozené vrstvy za rok v  $\mu\text{m}$   
V laboratořích – intenzita korozního proudu v  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$

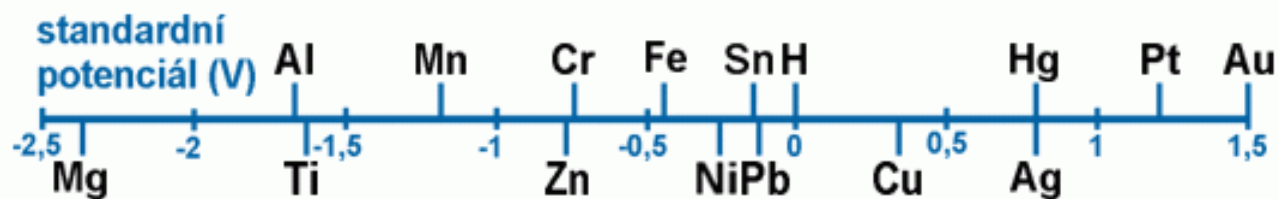
Korozní porušení nižší než  $25 \mu\text{m}$  za rok lze považovat za dobré  
Korozní porušení v rozsahu  $500 - 1000 \mu\text{m}$  za rok je uspokojivé  
Korozní porušení vyšší než  $1000 \mu\text{m}$  za rok je špatné





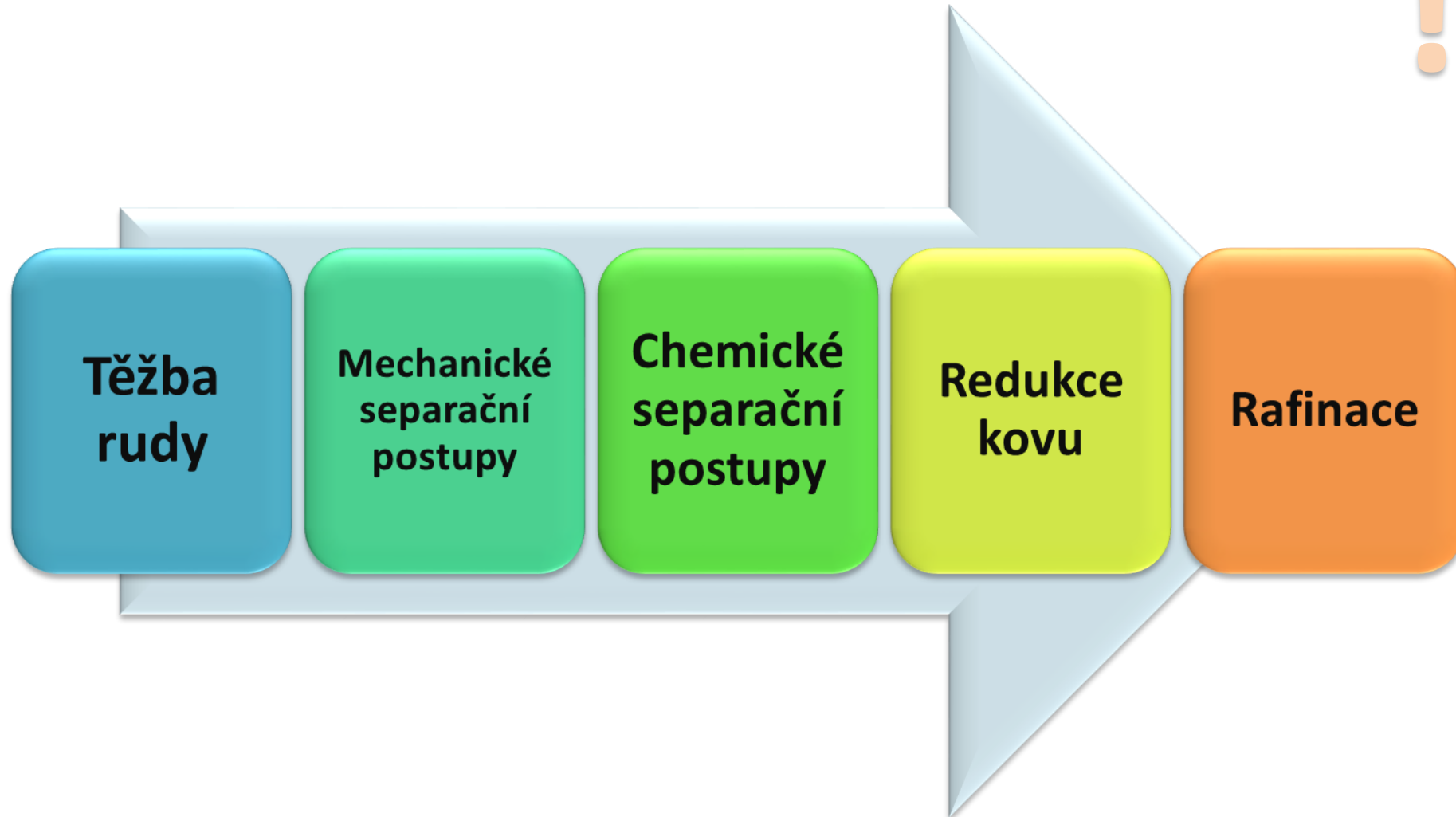


# Elektrochemická řada kovů



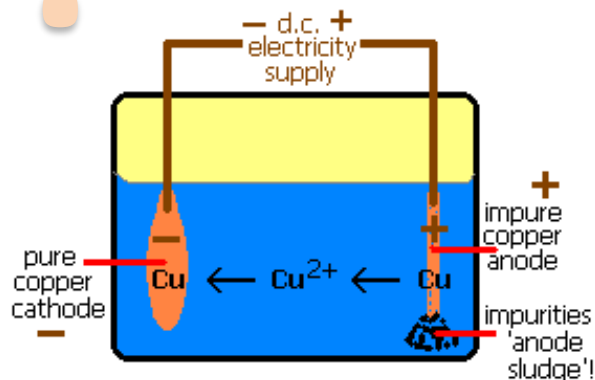
příprava: těžko redukovatelné - elektrolýza										redukce vodíkem za tepla							tepelný rozklad	
-3,0			-2,0				-1,0			0,0				+1,0				
K	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Zn	Cr	Fe	Co	Ni	Sn	Pb	H	Cu	Ag	Hg	Au	
K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Au <sup>3+</sup>	
reaktivita: studená H <sub>2</sub> O → H <sub>2</sub> +hydroxid																	oxidační kyseliny	
s vodní parou → H <sub>2</sub> + oxid																	jen	
s neoxidační kyselinou → H <sub>2</sub> + sůl																	lučavka královská	
výskyt v přírodě:																		
nikdy volné						zřídka volné						často volné						
neušlechtilé kovy												ušlechtilé kovy						

# Obecný postup výroby kovů



# Rafinační pochody zlepšující čistotu kovu

destilace těkavých sloučenin kovu  
extrakce stopových příměsí  
rekrytalizace rozpustných solí kovu  
elektrolýza  
pásmové tavení





# 2 VÝROBA ŽELEZA

## RUDY

magnetit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

hematit (krevel)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

limonit (hnědel)  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$

siderit (ocelek)  $\text{FeCO}_3$

pyrit  $\text{FeS}_2$

- V ČR se chudé železné rudy vyskytují na mnoha místech. Avšak v současné době se zde netěží ani ty kvalitnější železné rudy v malých lokalitách v Podyjí a v Krušných horách.
- Železo se vyrábí hlavně jako základ pevných konstrukčních materiálů nazývaných oceli.
- Průmyslová chemie železa se zabývá téměř výhradně redukčními a oxidačními procesy výroby oceli a oxidačními procesy koroze.

Do historické železářské pece se vsazovala železná ruda a dřevěné uhlí.

Dmýcháním vzduchu se vyvíjelo teplo hořením

$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \quad \Delta H = -393 \text{ kJ/mol}$  (nerovnovážná, produktem je jen CO)

$\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2\text{CO} \quad \Delta H = +93 \text{ kJ/mol}$

Oxid uhelnatý je rozhodujícím **redukčním činidlem** a reakce podle složení výchozí vsádky probíhají jedním nebo více z kroků vesměs endotermních reakcí

$3\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{Fe}_3\text{O}_4 \quad (450^\circ \text{C})$

$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + 3\text{FeO} \quad (600^\circ \text{C})$

$\text{FeO} + \text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{Fe(s)} \quad (700^\circ \text{C})$

Při těchto teplotách vzniká v pevném skupenství porézní "**železná houba**".

Nežádoucí příměsi (hlavně  $\text{SiO}_2$ ) reagují s **přidávaným vápencem na strusku**.

**Cíl** Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- Vyjmenovat nejdůležitější sirné látky v přírodě a osvětlit jejich význam
- Popsat vysokou pec
- Pojmenovat a vysvětlit hlavní proudy surovin a produktů vysoké pece



# Těžba rudy

**Ruda** je technický název pro nerost nebo směs nerostů, z nichž lze v průmyslovém měřítku ekonomicky dobývat jejich kovové součásti.





# Těžba rudy

Nejde jen o mineralogické a chemické složení,  
ale i o technické, komerční a dopravní podmínky.

Např.: za rudu považujeme zlatonosný písek obsahující

10 g zlata / t,

ale materiál s 20 % obsahem Fe  
nemusí být považován za rudu.



# Mechanické separační postupy

Užívají se např.:

**drcení,  
plavení,  
flotace,  
sedimentace,  
magnetické třídění**



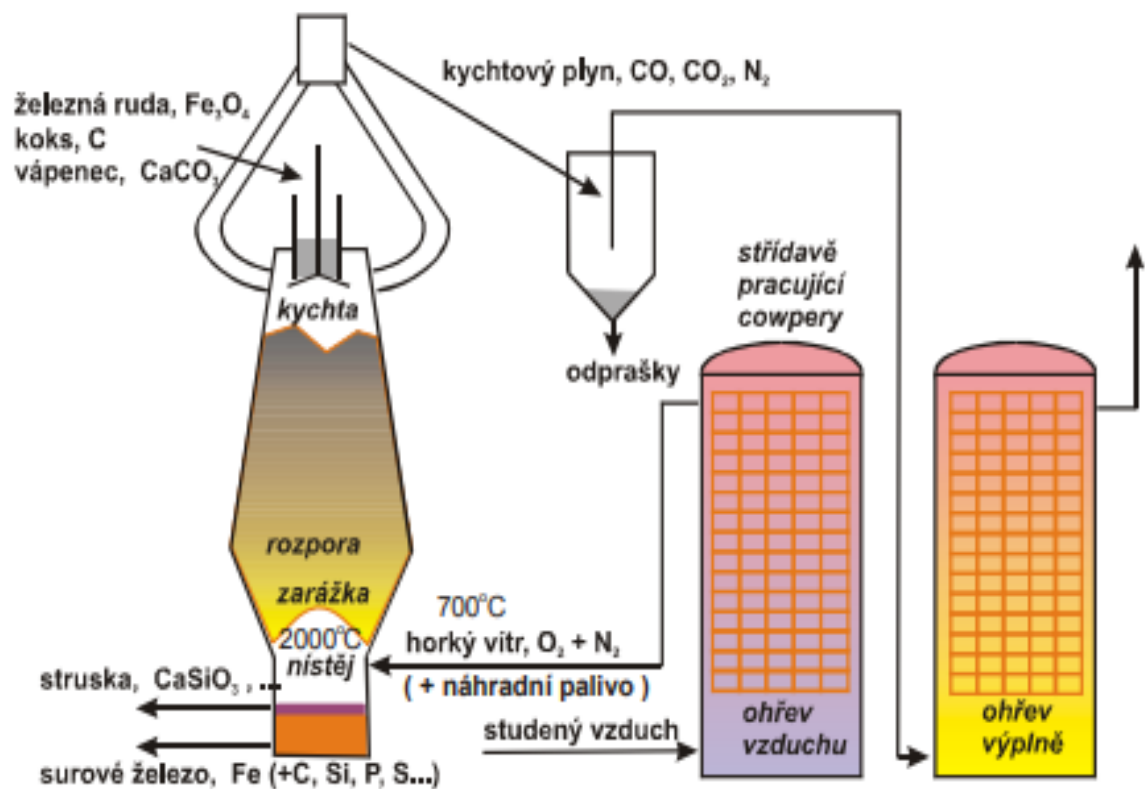


# Chemické separační postupy

Jedná se o  
**hrudkování,  
spékání,  
pražení**



## 2 VÝROBA ŽELEZA



Obr. 8.2. Schéma vysoké pece

- Vysoké pece jsou chemické reaktory, do kterých jdou tři hlavní proudy dávkované shora: **koks** (zdroj uhlíku), **železná ruda** (pro jednoduchost  $\text{FeO}$ ) a **vzduch** (přinášející  $\text{O}_2$ ).
- Tvar vysoké pece s šachtou - rozbíhajícím se kuželem v horní části zabraňuje klenbování vsádky. Naopak zarážka funguje jako rošt.
- Zarážka se sesouvá když koks odhořívá, ruda se rozkládá a **odtéká železo a struska**.
- Pod tuto vrstvu **se vhání horký vzduch – tzv. "vítr"**, který slouží k ohřevu vsádky nad 1500°C a k vytvoření oxidu uhelnatého.
- Hlavním produktem je roztavené železo s velkým obsahem uhlíku, vznikající reakcemi
$$\text{FeO} + \text{CO} \rightarrow \text{Fe(l)} + \text{CO}_2$$
$$\text{Fe(l)} + \text{C(s)} \rightarrow \text{Fe-C(l)}$$
- Železo, vypouštěné z vysoké pece se buďto nechá **ztuhnout do "housek"** (pig iron), ale ekonomičtější je **rovnou tekuté převézt** k dalšímu ocelárenskému zpracování ve speciálních cisternových vagónech ("torpedo").
- Odcházející plyn (dusík ze vzduchu, oxid uhličitý a uhelnatý, prachové částice) - **kychtový plyn**.
- Po odloučení prachu se jeho zjevné i spalné teplo použije k ohřátí keramické výplně v zařízeních označovaných **kaupry** (Cowper stoves). Po vyhřátí se kauprem prohání vzduch (vítr) pro vysokou pec, který se vyhřeje asi na 700°C. Přebytečný kychtový plyn se použije jako nízkovýhřevné palivo.

## 2 VÝROBA ŽELEZA A OCELI



<https://www.youtube.com/watch?v=b3BOMfH7Dbc>



## 2 VÝROBA ŽELEZA



Obr. 8.1. Vysoká pec v pozadí, zprava k ní vede výtah na kusové suroviny, vepředu 4 cowpery pro



## 2 VÝROBA ŽELEZA



# 2 ZPRACOVÁNÍ ŽELEZA A VÝROBA OCELI

## ZPRACOVÁNÍ SUROVÉHO ŽELEZA

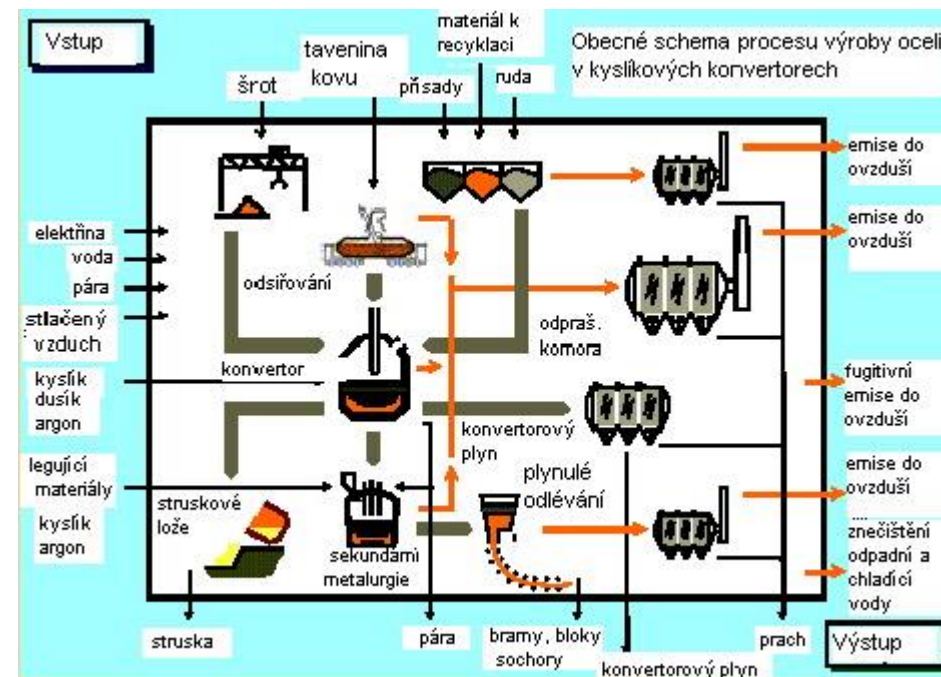
- Přetavení na nekujné litiny bílá litina (cementit  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) šedá litina ( $\text{Fe} + \text{grafit}$ )
  - Zkušňovací procesy (snížení obsahu C pod 1,5 %)
- Ocel konstrukční nebo nástrojová

**Většina surového železa se zpracovává na ocel (snížení obsahu uhlíku pod 1,5 % a odstranění dalších příměsí) v ocelárnách (oxidace uhlíku kyslíkem na CO, odstranění P a S, přísady legujících kovů)**

## Výroba oceli

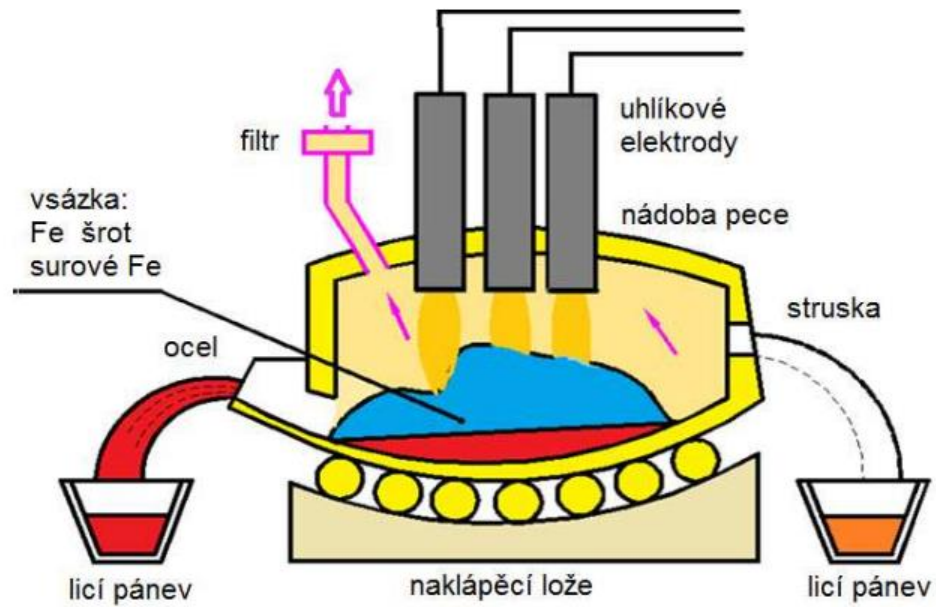
- Martinský způsob (Siemens-Martinská pec)
- Elektrické pece (indukční nebo obloukové)
- Konvertory (Bessemerův nebo Thomasův)

Konvertor na výrobu oceli

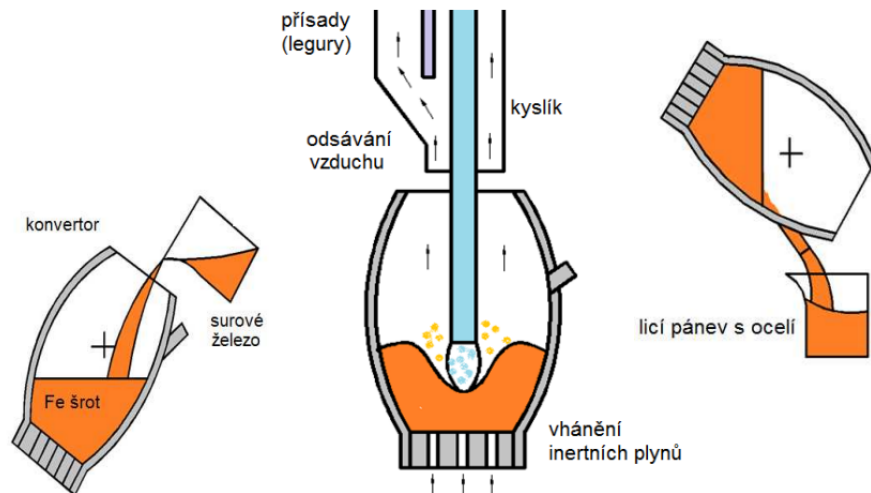




# Elektrická oblouková pec



# Konvertory



# 3 KOVY - ZPRACOVÁNÍ

## ODLÉVÁNÍ

- Odlévání je významný technologický krok zpracování kovů. Existuje celá řada technologií: kontinuální a diskontinuální lití, gravitační, odstředivé, tlakové, odlévání ingotů (polotovary) nebo odlitků ve tvaru finálního výrobku.
- Slévárenské vady: dutiny, trhliny, vměstky atp.
- Lze odlévat jen určité materiály: nepřiliš vysoká teplota tavení, úzký krystalizační interval, dobrá zabíhavost, nízký sklon k naplynění.



## TVÁŘENÍ

- Změna tvaru slitiny plastickou deformací – za studena či za tepla (dle teploty), válcováním / prpotlačováním / kování / tažením (dle metody).
- Při tváření dochází k eliminaci vad vzniklých litím a ke vzniku deformační textury – protažení zrn materiálu ve směru tváření.
- Tvářené materiály mají obecně lepší mech. vlastnosti, než materiály lité.



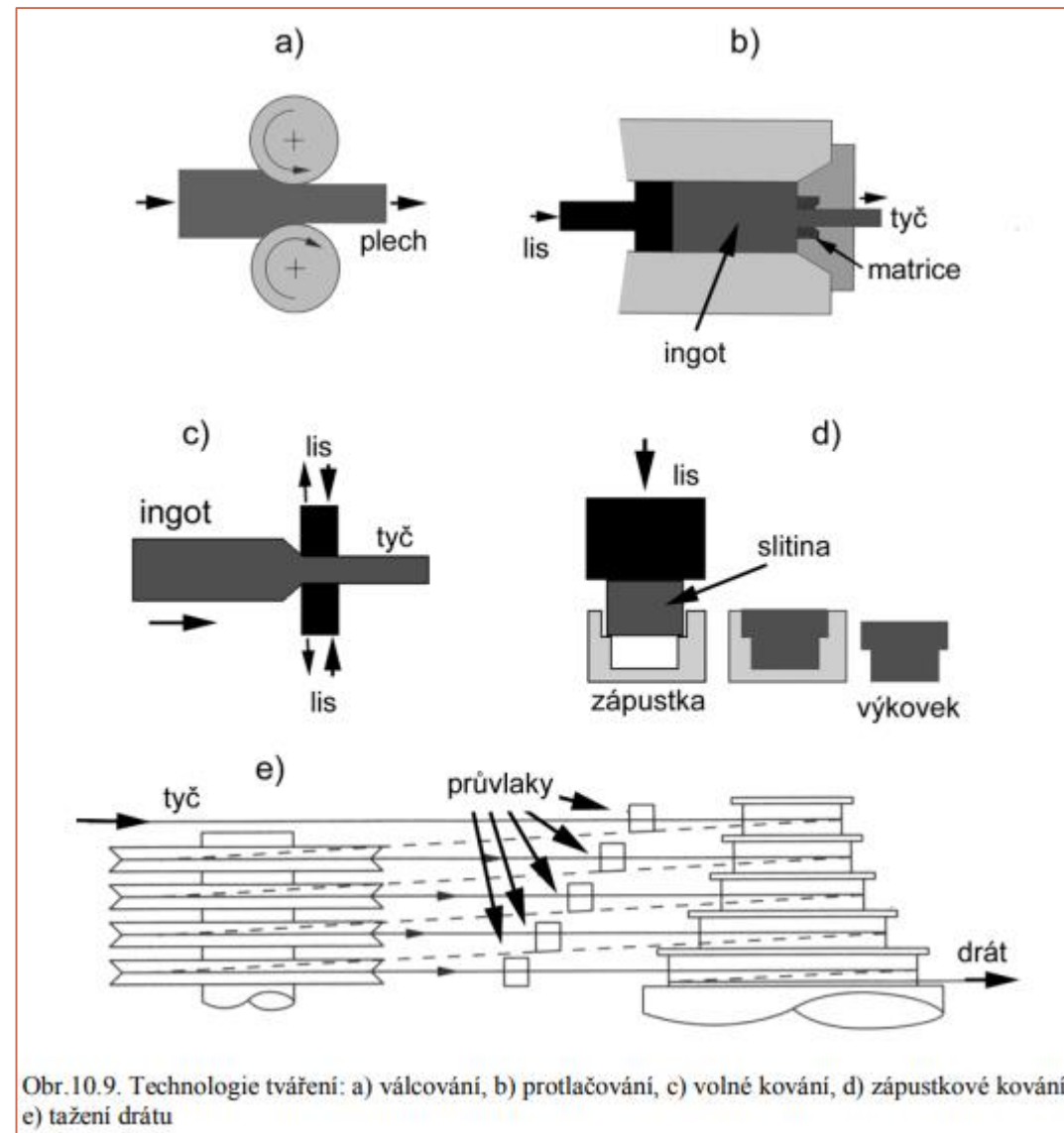
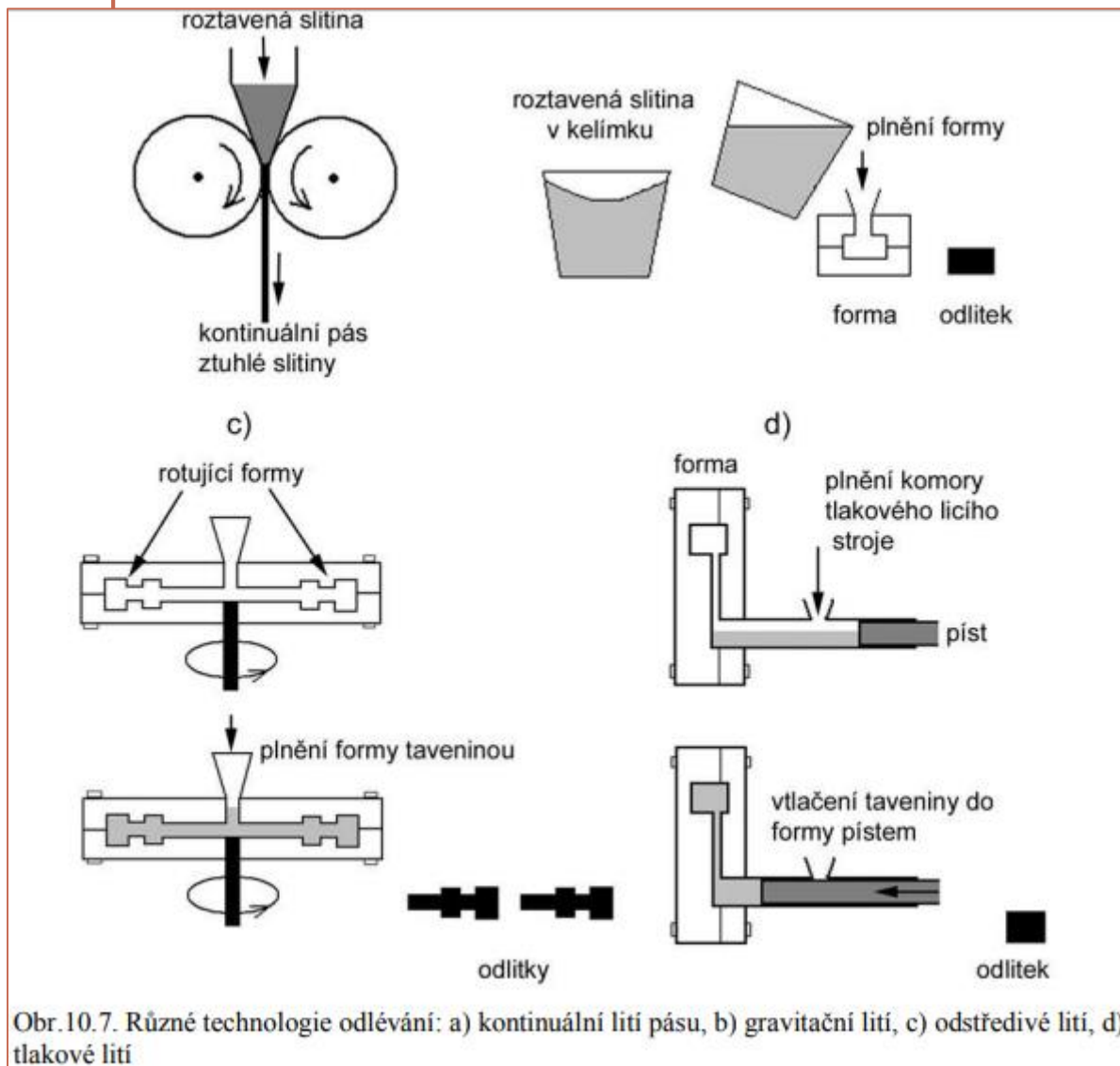
## PRAŠKOVÁ METALURGIE

- Relativně mladá technologie zpracování kovů. Spočívá v přípravě prášku dané slitiny (rozstříkovaní tlakovým médiem, případně chemickou reakcí) a následné kompaktizaci (lisování a slinování). 3D tisk kovů.
- Touto technologií lze zpracovávat i například vysokotavitelné kovy a jejich slitiny (W, Mo).

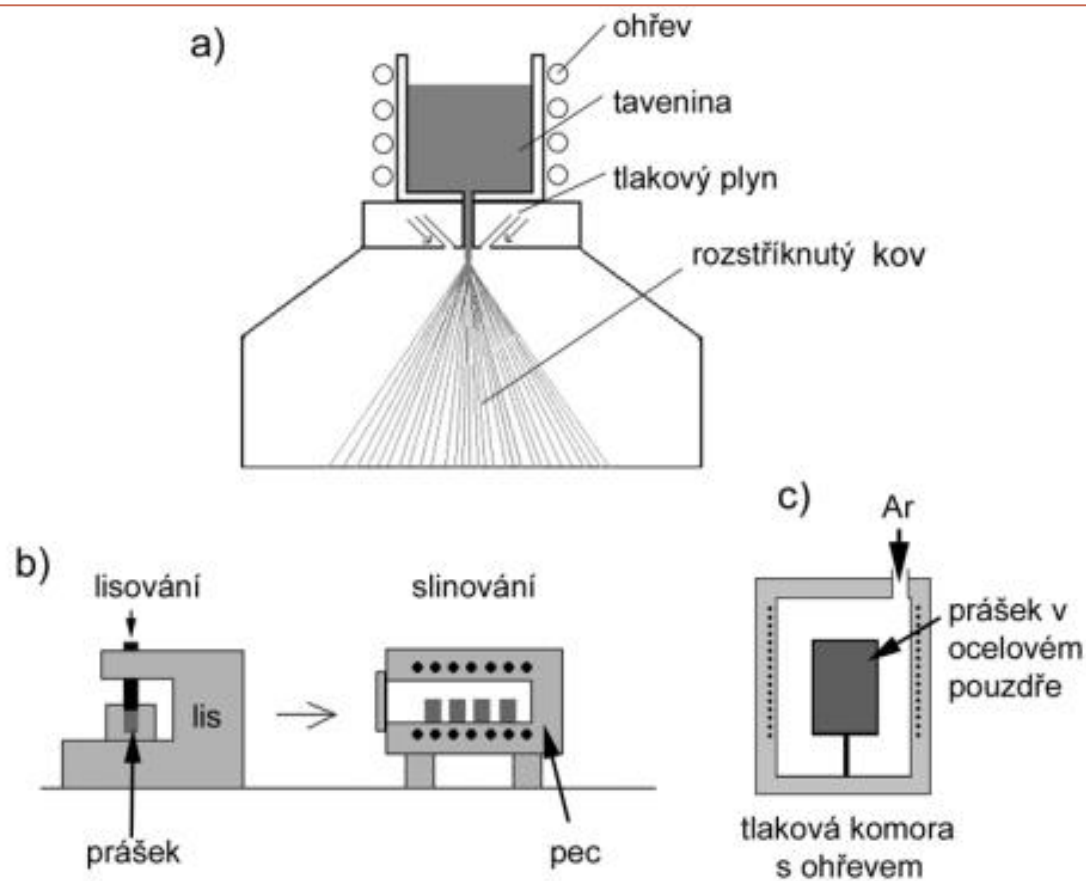




# 3 KOVY - ZPRACOVÁNÍ

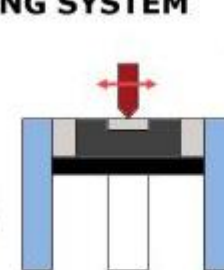


# 3 KOVY - ZPRACOVÁNÍ

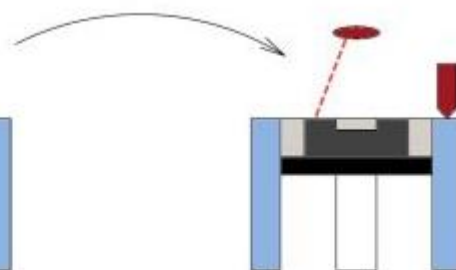


## LASER MELTING SYSTEM

① VRSTVU KOVOVÉHO PRÁŠKU ROZHRNE SILIKONOVÁ LIŠTA



② TAVENÍ KOVOVÉHO PRÁŠKU LASEREM



③ SNIŽENÍ ZÁKLADNY O VÝŠKU VRSTVY

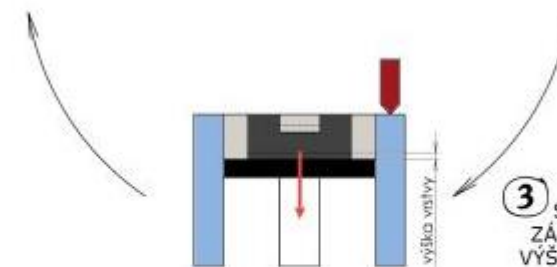


Schéma procesu tavení práškového kovu metodou Selective Laser Melting

Obr.10.10. Postup práškové metalurgie: a) výroba prášku rozstříkáním taveniny, b) lisování a slinování prášků, c) izostatické lisování za tepla (HIP)

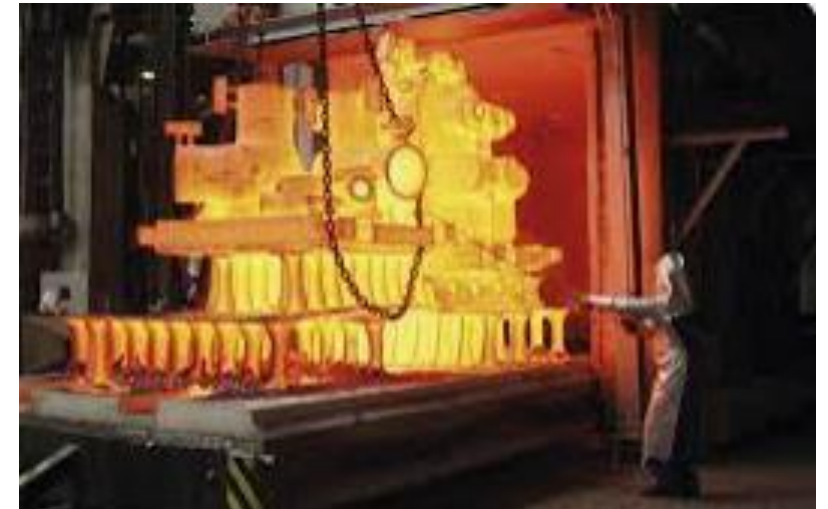
# 3 KOVY - ZPRACOVÁNÍ

## OBRÁBĚNÍ A SPOJOVÁNÍ

- Slouží k dosažení přesného finálního tvaru výrobku a požadované kvality povrchu.
- Mnoho operací: soustružení, frézování, broušení, leštění. Obrobitelnost závisí na mechanických vlastnostech. Obecně se špatně obrábějí velmi tvrdé a příliš měkké materiály.
- Spojování: nýtování, šroubování, lepení, svařování, pájení (měkké pájky Pb-Sn pod 500°C, tvrdé pájky – mosazné nad 500°C).

## TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

- Tepelným zpracováním je u kovových materiálů dosahováno požadovaných vlastností (zejména mechanických). Patří sem žíhání, zušlechťování (kalení, a popouštění) a vytvrzování.
- Aplikace daného teplotního režimu na materiál je spojena se změnou mikrostruktury (rekrytalizační pochody, rozpouštění intermediálních fází, změna morfologie) a tím i vlastností materiálu.



## POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- Finální operace zpracování kovů. Cílem je zejména zvýšení korozní odolnosti a dosažení požadovaného vzhledu či zvýšení tvrdosti.
- Mechanické (otrýskání), chemické (moření, odmašťování, barvení, bezproudové pokovování), elektrochemické (galvanické pokovování), tepelné (žárové pokovení, plazmové nástřiky, smaltování) a vakuové (CVD, PVD). U ocelí se často používá chemicko-tepelné zpracování (cementace, nitridace) vedoucí k tvorbě velmi tvrdé povrchové vrstvy.

# 3 KOVY - ZPRACOVÁNÍ

## POVRCHOVÉ ÚPRAVY

**Elektrochemické povrchové úpravy** zahrnují zejména galvanické pokovování a anodickou oxidaci. **Galvanické pokovování** slouží k přípravě kovových (Cu, Zn, Ni, Cr, Au, Sn atd.) nebo slitinových (Cu-Zn) povrchových vrstev. Vrstvy vznikají elektrolýzou vodných roztoků iontů příslušných kovů (obr.10.11.). Například pro pokovování mědi je nejčastěji používán kyselý roztok síranu měďnatého. Pokovované předměty bývají zapojeny jako katoda (-) a dochází na nich k redukci iontu kovu  $M^{n+}$  na elementární kov M:



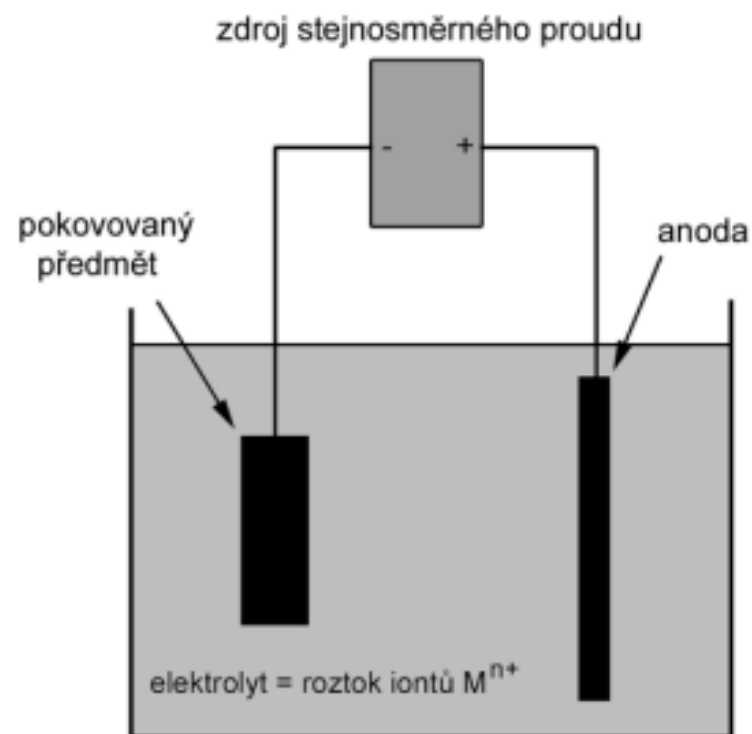
Anody (+) bývají buď z inertních materiálů (Pb, Ti) nebo z kovu, kterým povlakujeme (Cu, Zn, Ni). V takovém případě dochází během elektrolýzy k rozpouštění anody, čímž jsou do roztoku dodávány ionty kovu:



**Anodická oxidace** se využívá zejména u slitin hliníku (eloxování). Provádí se elektrochemicky ve vodných roztocích ( $H_2SO_4$ ) a spočívá v oxidaci povrchové vrstvy slitiny (zapojena jako anoda – kladný pól) na oxid hlinitý ( $Al_2O_3$ ). Povrchová vrstva se stává tvrdší, korozně odolnější a slouží rovněž jako výborný podklad pro nanášení barev.

## ELEKTROLÝZA:

- viz <https://e-chembook.eu/elektrolyza>
- viz laboratoře



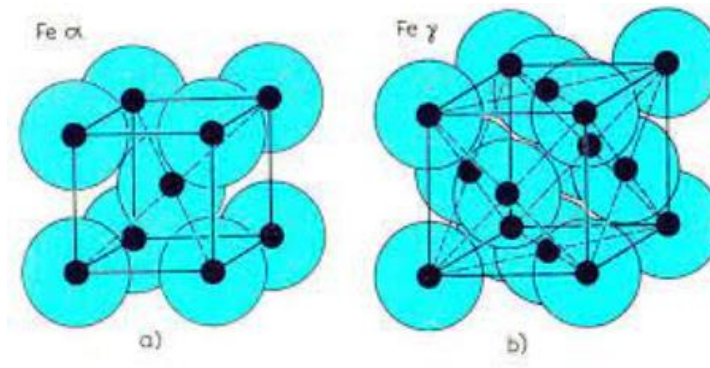
Obr.10.11. Schéma galvanického pokovování



# 4 KOVY

## ŽELEZO

- Je technicky nejvýznamnější kov vyskytující se ve dvou krystalografických modifikacích:



$\alpha$ (Fe) kubická prostorově centrovaná  
 $\gamma$ (Fe) kubická plošně centrovaná

- Jelikož výroba železa probíhá redukcí železné rudy uhlíkem, je uhlík vždy ve vyrobeném materiálu přítomen. Jeho obsah významným způsobem ovlivňuje vlastnosti železa.
- Podle obsahu uhlíku dělíme slitiny železa na dvě základní skupiny:
  - a) **OCELI** pod 2,1 % C
  - b) **LITINY** nad 2,1 % C



Uhlík se vyskytuje v železe v různých formách:

ferit – tuhý roztok uhlíku v  $\alpha$ (Fe)  
austenit – tuhý roztok uhlíku v  $\gamma$ (Fe)  
cementit – karbid železa  $Fe_3C$   
grafit

# 4 KOVY

## OCELI

- **Oceli jsou slitiny železa s uhlíkem a případně dalšími legujícími prvky definovaného chemického složení, které jsou za vysokých teplot tvárné.**
- Obsah uhlíku musí být menší než jeho maximální rozpustnost v austenitu (tzn. 0 – 2,1 %).
- Podle chemického složení dělíme oceli na **UHLÍKOVÉ a oceli LEGOVANÉ.**
- **Více než 90 % všech vyrobených ocelí představují oceli uhlíkové ( s obsahem uhlíku obvykle do 0,3 %).**
- Pro zvýšení užitečných vlastností se oceli legují hodnými legujícími prvky (**nejčastěji Cr, Ni, Mn, Si, V, Mo, W**) – vznikají oceli legované.

## TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ OCELÍ

- Jedná se o významný technologický krok, tzv. zušlechťování.
- Je to kombinace kalení s popouštěním, kdy během kalení dojde k rozpouštění cementitu v austenitu při teplotě 880 °C. Po následném prudkém ochlazení se nestačí cementit znovu vyloučit a uhlík tak zůstává rozpuštěn v tuhém roztoku feritu. Rozpuštěný uhlík způsobuje prnutí krystalické mřížky a vzniklá struktura je velmi tvrdá a křehká. Následující popouštění významně snižuje křehkost, kdy se vylučují velmi jemné částice cementitu Fe<sub>3</sub>C při teplotách nižších než je teplota kalení.



A roll of steel wool



A steel bridge



A steel pylon suspending overhead power lines



A stainless steel gravy boat

# 4 KOVY

## LITINY

- Litiny jsou slitiny železa se zvýšeným obsahem uhlíku (nad 2,1 %) a dalších prvků, zejména křemíku.
- Díky své výborné slévatelnosti se vždy zpracovávají odléváním a lze z nich odlévat i tvarově náročné odlitky.
- Díky tomu jsou výrobky z litin levnější než výrobky z oceli, která se zpracovává tvářením.
- Litiny se dělí na:
  - a) **BÍLÉ (uhlík přítomen ve formě cementitu  $Fe_3C$ )**
  - b) **GRAFITICKÉ**
- Díky vysokému obsahu tvrdého karbidu  $Fe_3C$  jsou bílé litiny velmi tvrdé a používají se na součásti extrémně namáhané třením (součástí mlýnů nebo drtičů). Více používané jsou však litiny grafitické (motory, čerpadla, potrubí, topná tělesa, sloupy atd.)



Cast-iron drain, waste and vent piping



Cast-iron plate on grand piano



Cast-iron waffle iron, an example of cast-iron cookware



# 4 KOVY

## NEŽELEZNÉ KOVY

- Z hlediska světové roční produkce neželezných kovů zaujímá první místo hliník, následovaní mědí, zinkem a olovem.

## VYBRANÉ PRŮMYSLOVĚ DŮLEŽITÉ KOVY

- **Lehké kovy** : Al, Ti, Mg
- **Kovy s nízkými teplotami tání**: Pb, Zn, Sn, Hg, Bi
- **Kovy se středními teplotami tání**: Cu, Ni, Co
- **Kovy s vysokými teplotami tání**: W, Mo, Zr
- **Ušlechtilé kovy**: Ag, Au, Pt, Pd



Tabulka XII.2. Teploty tání, hustoty a krystalické struktury nejvýznamnějších neželezných kovů (symboly krystalických struktur jsou vysvětleny v kap.10.1.1.).

Kov	Teplota tání [°C]	Hustota (20°C) [kg/m <sup>3</sup> ]	Krystalická struktura
hliník	660	2 700	fcc
hořčík	650	1 740	hcp
titan	1668	4 500	T<882°C-hcp, α(Ti) T>882°C-bcc, β(Ti)
olovo	327	11 300	fcc
zinek	420	7 100	hcp
cín	230	7 300	T<13°C-strukturální typ diamantu <sup>1</sup> , α(Sn) T>13°C-tetragonální <sup>2</sup> , β(Sn)
rtuť	-39	13 500	T<-39°C-trigonální <sup>3</sup>
měď	1083	8 940	fcc
nikl	1453	8 900	fcc
kobalt	1493	8 850	T<417°C-hcp, β(Co) T>417°C-fcc, α(Co)
wolfram	3410	19 300	bcc
molybden	2610	10 220	bcc
zirkonium	1852	6 450	T<862°C-hcp, α(Zr) T>862°C-bcc, β(Zr)
stříbro	960	10 500	fcc
zlato	1063	19 300	fcc
platina	1773	21 450	fcc

<sup>1</sup>struktura diamantu je kubická, každý atom je obklopen čtyřmi sousedy

<sup>2</sup>struktura tetragonální má elementární buňku ve tvaru hranolu se čtvercovou podstavou

<sup>3</sup>elementární buňka struktury trigonální má všechny tři hrany stejné a rovněž všechny tři úhly shodné, avšak jiné než 90°

# 4 KOVY

## NEŽELEZNÉ KOVY

**HLINÍK:** je nejdůležitější neželezný kov. V praxi nalézá široké uplatnění (obalová technika, elektrotechnika, dopravní prostředky, stavebnictví, spotřební zboží). Vynikající elektricky a tepelný vodič. Nejrozšířenější slitinou je dural (Al-Cu, Al-Cu-Mg).

**HOŘČÍK:** slitiny nejsou tak pevné jako hliníkové, přesto se hojně využívají v letectví a automobilovém průmyslu (díky nízké hustotě hořčíku).

**TITAN:** má vynikající pevnostní vlastnosti a vysokou korozní odolnost s výhodnou nízkou hustotou. Titan je velice perspektivní materiál pro lékařský (implantologie), letecký a kosmický průmysl s extrémními nároky na spolehlivost.

**OLOVO:** nejvíce olova je spotřebováno na výrobu akumulátorů v automobilovém průmyslu. Další využití má díky své vynikající korozní odolnosti v chemickém průmyslu a v ochraně proti rtg záření.

**ZINEK:** povrchové úpravy ocelových výrobků.

**CÍN:** povrchová ochrana ocelí, potravinářství (plechovky), výroba tabulového skla.

**RTUŤ:** kapalný kov s velmi malou smáčivostí – měřicí technika (teploměry, tlakoměry), dentální amalgámy, rtuťové katody v chemickém průmyslu.

**MĚĎ:** téměř polovina mědi se spotřebovává na výrobu kabelů. Dále ve stavebnictví, rozvod vody, tepelné výměníky. Slitiny: Mosaz (+Zn), Bronz (+Pb, Sn).



Aluminium-bodied Austin A40 Sports (c. 1951)



Products made of magnesium: firestarter and shavings, sharpener, magnesium ribbon



Medical screws and plate used to repair wrist fractures. Scale is in centimeters.

# DOMÁCÍ ZAMYŠLENÍ

## KOVY A SLITINY!

Tavením vzniklá směs kovů s dalšími kovy nebo jinými prvky či sloučeninami, obvykle ve formě pevného roztoku.

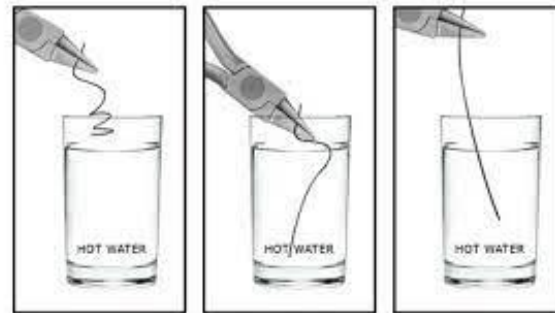


Jakou **slitinu používá v MCU Tony Stark pro tvorbu svého obleku?** Jakými vlastnostmi se tato slitina vyznačuje? A proč?

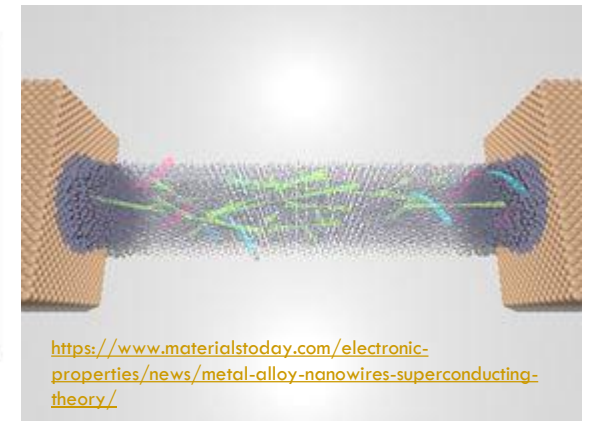


Co to je **paměťová slitina?** Z čeho se skládá, co umí a proč?

Nalezněte příklad **supervodivé slitiny** a vysvětlete princip fungování?



<http://www.ti-mart.com/cases/Metal-has-memory---nitinol.html>



<https://www.materialstoday.com/electronic-properties/news/metal-alloy-nanowires-superconducting-theory/>



# ODKAZY

Vlastnosti kovových materiálů a jejich zkoušení -

[https://katedry.pf.jcu.cz/kaft/wp-content/uploads/Ing\\_Hladky\\_4.pdf](https://katedry.pf.jcu.cz/kaft/wp-content/uploads/Ing_Hladky_4.pdf)

ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI materiálů A JEJICH ZKOUŠENÍ

[http://chemikalie.upol.cz/skripta/mvm/zkousky\\_mat.pdf](http://chemikalie.upol.cz/skripta/mvm/zkousky_mat.pdf)

TECHNICKÉ KOVY JCU:

<https://slideplayer.cz/slide/1962348/>

[https://mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-st-05\\_vnitrnistrukturakovu.pdf](https://mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-st-05_vnitrnistrukturakovu.pdf)