

## 1. Elementární kovy

Elementární forma kovu označuje chemicky čistou kovovou. Elementární kovy i jejich slitiny mají obrovský technický význam- Používají se jako materiály ve strojírenství, elektrotechnice, stavebnictví i spotřebním průmyslu. Těžba a získávání (čištění) kovů je však složitý a velmi nákladný proces, který zahrnuje různé fyzikální i chemické postupy.

Z deseti nejrozšířenějších prvků na Zemi je sedm kovů (hliník, železo, vápník, sodík, draslík, hořčík a titan). V příloze č. 1 je zobrazen graf pro lepší představu poměru nejrozšířenějších prvků na Zemi. Stejně tak jako nejrozšířenější nekovy mají poměrně malé atomové číslo, tedy jsou hodně stabilní.

Kovy se však v přírodě nevyskytují ve formě elementární, ale ve formě rud. Ruda je přirozeně **vytvořený** nerost (směs nerostů), ze kterých lze vyrábět elementární kovy nebo jejich slitiny. Množství prvku (kovu) obsaženého v zemské kůře tedy ještě netně neznámá, že je snadné jej získat. Z chemických vlastností daného kovu, sloučenin, ve kterých je vázán, a lokalizace jeho rud se odvozuje energetická, technologická i finanční náročnost získávání elementárního kovu.

## 2. Obecné metody výroby kovů

Výskyt a dostupnost jednotlivých rud určuje způsob výroby a zpracování. Průmyslovou výrobu kovů můžeme obecně (zjednodušeně) rozdělit do pěti základních kroků:

1. těžba rudy,
2. nemechanické separační postupy sloužící ke zvýšení zastoupení aktivní komponenty,
3. chemické separační postupy a postupy, kterými se upravuje chemická kvalita suroviny,
4. chemický děj vedoucí přímo ke vzniku surového elementárního kovu
5. rafinační postupy zlepšující čistotu kovu.

Každá průmyslová výroba kovu začíná těžbou rudy, která všech nespádá do oblasti chemických disciplín. Dochází pouze k manipulaci s materiálem. Další kroky jsou většinou

mechanicko-fyzikální nebo chemicko-fyzikální separační procesy založené na fyzikálních a chemických jevech. Třetí skupina dějů je souborem holých chemických dějů, jimiž je aktivní látka (sloučeniny obsahující kov) oddělována od balastních komponentů nebo je převáděna na takovou sloučeninu, ze které jednoduše získáme elementární kov. Tyto chemické děje jsou často zakončeni fyzikálními separačními postupy (filtrace, destilace apod.).

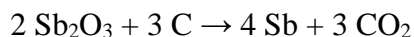
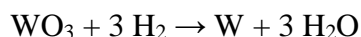
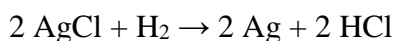
Čtvrtá skupina chemických dějů označuje výrobu elementárních kovů. Podle principu děje dělíme a označujeme způsoby přípravy kovů na

- a) redukční pochody
- b) tepelné pochody
- c) elektrolýzu

## 2.1. Výroba kovů redukčními pochody

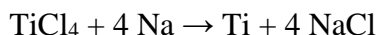
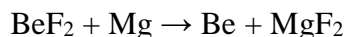
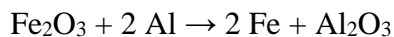
Metoda využívá nejčastěji redukci oxidu nebo halogenidu daného kovu za využití vhodného redukčního činidla. Aby se zvýšila rychlost reakce, zvyšuje se teplota soustavy, redukční pochody se proto často také označují jako *termoredukční*. Mezi nejběžnější redukční činidla patří různé druhy prvků i sloučenin.

Z **Elementárních nekovů** to jsou například vodík (H<sub>2</sub>) nebo uhlík (C).



**Redukce vodíkem** poskytuje poměrně čisté kovy, ale je drahá a nebezpečná. Spočívá v prostém žihání sloučeniny kovu v proudu vodíku. Tento způsob nelze použít na získávání neušlechtilých kovů. **Redukce oxidů kovů uhlíkem** patří k nejběžnějším, nejpropracovanějším, nejstarším a zároveň nejlevnějším metodám. Směs oxidu a koksu se zahřívá v elektrické peci nebo spalováním uhlíku a následně probíhá několik různých chemických reakcí. Čistota kovů však není vysoká a použití takto získaných kovů je tedy omezené.

Při použití **elementárních kovů a polokovů** můžeme teoreticky použít jakýkoli kov, který stojí v Beketově řadě (*příloha č. 2*) v levé části od kovu, který se snažíme získat. Mezi nejpoužívanější však patří např. hliník (Al), hořčík (Mg), vápník (Ca), baryum (Ba) a sodík (Na).

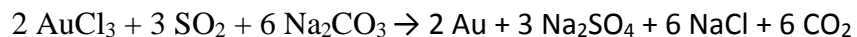
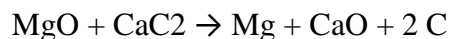
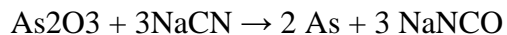
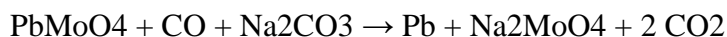


Tyto přípravy bývají obecně označovány názvem *metalotermie*. Reakce jsou exotermní a slouží k přípravě málo ušlechtilých kovů, které nepřipravujeme redukcí vodíkem nebo uhlíkem, protože by s nimi po vytěsnění reagovaly, ale i ušlechtilých kovů.

Podobnou metodou je tzv. *Krollova metoda*, která spočívá v redukcí halogenidů kovů roztavenými neušlechtilými elementárními kovy, např. hořčíkem, vápníkem nebo sodíkem.

Metalometrie a Krollova metoda jsou však značně drahé, protože spotřebovávají elementární kovy, které se musejí předtím obtížně připravovat. Někdy je také potřeba pracovat za sníženého tlaku nebo v inertní atmosféře.

Poslední skupinou redukčních činidel jsou **redukující sloučeniny**, např. oxid uhelnatý (CO), oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>), acetylid vápenatý (CaC<sub>2</sub>), nebo kyanid draselný (KCN).



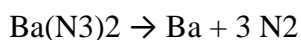
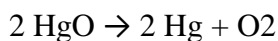
Nejpoužívanější z těchto metod jsou žihání sloučeniny v proudu oxidu uhelnatého, nebo termická reakce s karbidem vápenatým. Takto připravené kovy jsou vysoce pórovité, houbovitě nebo dokonce prášky. Následně se tedy ztavují na kompaktní materiál.

## 2.2. Výroba kovů tepelnými pochody

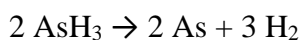
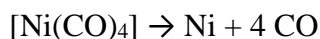
Tepelný rozklad tuhých látek se obvykle provádí v trubicích nebo ve válcích, kde je látka uložena na lodičce nebo na dně reakčního prostoru. Ten je zahříván zvenčí a destilací, odsáváním nebo procházením ochranným plynem se odvádějí těkavé produkty.

Plynné látky se nejčastěji rozkládají na vyhřátém kovovém vlákně.

V metalurgii se nejčastěji používá **rozklad oxidů a azidů**, ostatní sloučeniny se rozkládají pouze výjimečně. Pro tuto metodu jsou nevhodnější oxidy ušlechtilých kovů, protože na rozdíl od oxidů neušlechtilých kovů jsou nestálé. Naopak u azidů je potřeba vysoce elektropozitivních kovů (neušlechtilé), protože azidy ušlechtilých kovů mají tendenci k exploznímu vybuchování.



Pokud se zaměříme na rozkladné reakce kovů, jsou pro nás důležité hlavně **dekompozice karbonylů, halogenidů a hydridů**. Jako příklad můžeme uvést například *Mondův proces*, kterým se získává velmi čistý nikl, nebo arsen.



Poměrně velké množství kovů (titan, zirkon, hafnium, vanad atd.) se může připravovat **van Arkelovou-de Boerovou metodou**, která spočívá v rozkladu jodidů (popř. bromidů) na žhavém vlákně.

Poslední dvě metody slouží většinou k přečišťování surových kovů získaných pomocí jiné metody.

## 2.3. Výroba kovů elektrolytickými postupy

Elektrolytické postupy patří mezi nejpoužívanější postupy získávání čistých kovů. Pro některé je tento způsob jediným způsobem průmyslové výroby. Používáme elektrolýzu roztoků solí nebo tavenin.

**Elektrolýza vodných roztoků** se provádí za normální teploty, pouze výjimečně za teploty vyšší než 100 °C. Elektrody se stejnosměrným proudem se ponoří do elektrolytické vany. Na katodě poté probíhá redukční děj a vzniká na ní elementární kov, zatímco na anodě probíhají děje oxidační. Roztok může být elektrolytem průběžně doplňován, popř. se může jako anoda použít surový kov, který se v důsledku anodické reakce rozpouští a je vylučován na katodě v elementární formě. Tento děj se potom nazývá *elektrolytická rafinace kovů*.

Tento proces však nebude probíhat s velmi neušlechtilými kovy, protože na katodě by vznikal pouze vodík. Tento jev lze pro některé neušlechtilé kovy potlačit pokrytím katody vrstvou rtuti. Vyloučený kov poté okamžitě reaguje za vzniku amalgamu. Některé kovy (i z ušlechtilých) se však do dnes s nevysvětlitelných důvodů nevylučují.

**Elektrolytický rozklad tavenin** se uskutečňuje při vysokých teplotách. Tavenina je zahřívána díky průchodu elektrického proudu nebo vnějším ohřevem. Jelikož na katodě se vylučuje tekutý kov, musí být odčerpáván nebo v určitém místě zchlazován. Pokud je zchlazován, vzniká pórovitý kov a musí být následně přetavován. Tento postup se uplatňuje především na nejneušlechtilější kovy, protože je zabráněno jejich reakci se vzduchem.

Celý proces je však velmi energeticky náročný, tedy i velmi drahý. Proto se do tavenin často přidávají různé příměsi, aby se snížila jejich teplota tání. Další nevýhodou této přípravy je vylučování těžce se zachycujících plynů vzniklých díky korozi anody.

### 3. Rafinace kovů

Čistota po získání kovu z jeho rudy záleží na druhu kovu, způsobu přípravy apod. Ve většině případů není dostačující. Následují tedy procesy dalšího čištění, které se obecně nazývá *rafinace*. (Popř. se ještě může dělit na *předrafinaci* a následnou *rafinaci*). Z formálního hlediska dělíme způsoby rafinace na chemické metody a metody fyzikálně chemické.

**Chemické metody** se dále dělí na dvě hlavní cesty. 1. cesta spočívá v přeměně kovu na vhodnou sloučeninu, která se následně separuje od nečistot (proběhne jedno, či více pročištění) a následně se kov redukuje na elementární formu. 2. cesta označuje proces, při kterém nereaguje kov, ale naopak nežádoucí příměsi v surovém kovu. Nečistoty se tedy převádí na jednoduše

separovatelné sloučeniny tak, aby kov v této reakci nereagoval. Z nečistot se na povrchu většinou vytváří struska, která se následně odsaje.

Mezi **fyzikálně chemické metody** řadíme velké množství dějů např. elektrolýzu, extrační postupy, destilaci, termický rozklad a řadu dalších. Nejpoužívanější ze všech je *elektrolýza*.

## 4. Výroba a použití některých kovů, surovinové zdroje

### Hliník

- Výskyt
  - Převážně oxidy-hydroxidy (bauxit  $\text{AlO}(\text{OH}) \cdot \text{Al}(\text{OH})_3$  s obsahem  $\text{Fe}^{\text{III}}$ ,  $\text{Mn}^{\text{IV}}$ ,  $\text{SiO}_2$  aj.)
  - Výjimečně také hlinitokřemičitany (nefelin  $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ )
- Výroba
  - Tavenou elektrolýzou  $\text{Al}_2\text{O}_3$  rozpuštěného v kryolitu nebo chiolitu
    - Na (grafitové) katodě se vylučuje kapalný hliník
    - Na (grafitové) anodě se vyvíjí  $\text{O}_2$  a s uhlíkem elektrody poté tvoří  $\text{CO}$  a  $\text{CO}_2$
    - Čistý  $\text{Al}_2\text{O}_3$  je připravován z bauxitu, a to nejčastěji Bayerovou metodou; na bauxit se působí roztokem  $\text{NaOH}$  za zvýšeného tlaku a zvýšené teploty  $\text{AlO}(\text{OH}) + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$
    - Touto operací se oddělí  $\text{Fe}^{\text{III}}$ ,  $\text{Mn}^{\text{IV}}$  a  $\text{SiO}_2$ ; karbonatací (zaváděním  $\text{CO}_2$ ) se v roztoku  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  vyloučí  $\text{Al}(\text{OH})_3$  
$$2 \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{CO}_2 \rightarrow 2 \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$
    - Ten se dehydratuje kalcinací při  $1200^\circ\text{C}$
    - Připravený hliník se rafinuje opět tavnou
- Využití
  - Výroba slitin hliníku (konstrukční materiály, elektrické vodiče, antikorozi povlaky aj.)
  - Aluminotermie
  - Organická syntéza

## Železo

- Výskyt
  - Oxidické rudy (magnetit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , hematit  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , limonit  $\text{FeO}(\text{OH})$ )
  - Uhličitany (siderit  $\text{FeCO}_3$ )
  - Sulfidické rudy (pyrit, markasit  $\text{FeS}_2$ , pyrrotin  $\text{FeS}$ )
- Výroba
  - Chemicky čisté železo se získává redukcí oxidů železa vodíkem při  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ , elektrolýzou vodných roztoků železnatých solí a termickým rozkladem  $[\text{Fe}(\text{CO})_5]$
  - Redukcí oxidů železa uhlíkem (oxidem uhelnatým) ve vysokých pecích se získává technické železo s obsahem uhlíku (šedé nebo bílé podle toho, zda se uhlík stačil nebo nestačil při chladnutí vyloučit v grafitové formě)
  - Zmenšování obsahu uhlíku vznikají oceli
- Využití
  - Hlavní, univerzální a široce užívaný konstrukční a nástrojový materiál (ocel, litina)
  - Speciální účely (ferity, magnetické slitiny)
  - Jako katalyzátor pro přípravu některých sloučenin

## Vápník

- Výskyt
  - Uhličitany (vápenec  $\text{CaCO}_3$ , dolomit  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ )
  - Fluorit (kazivec  $\text{CaF}_2$ )
- Výroba
  - Tavnou elektrolýzou směsi  $\text{CaCl}_2$  a  $\text{CaF}_2$  při teplotě  $700 - 800\text{ }^\circ\text{C}$ 
    - Na železné katodě narůstá vrstva vápníku
    - Elektroda se zvolna mechanicky zvedá a z taveniny se vytahuje ingot surového Ca
  - Metalometricky reakcí  $\text{CaCl}_2$  s elementárním hliníkem
$$3\text{CaCl}_2 + 2\text{Al} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{Ca}$$
  - Rafinace destilací za sníženého tlaku
- Využití
  - Výroba kovů kalciothermií

- Slitina Pb – Ca má použití jako ložiskový kov
- Deoxidační přísada při výrobě oceli

## Sodík

- Výskyt
  - Převážně chloridy (halit NaCl)
  - Křemičitany – velmi rozšířené, ale nepoužívají se na výrobu
- Výroba
  - Tavnou elektrolýzou směsi NaCl s některými dalšími halogenidy (CaCl<sub>2</sub>, NaF aj.) při teplotě nad 600 °C. Na grafitové anodě vzniká chlor, na železné katodě kapalná sodík.
  - Rafinuje se destilací za sníženého tlaku.
- Využití
  - Výroba tetraethylolova v organické syntéze
  - Při výrobě kovů (Ti, Zr, Th, U) k redukci kapalným sodíkem
  - K výrobě některých sloučenin sodíku

## Draslík

- Výskyt
  - Převážně chloridy (sylvín KCl, karnalit KMgCl<sub>3</sub> · 6 H<sub>2</sub>O apod.)
- Výroba
  - Karbidometricky při 600 - 680°C z KF nebo KCl:
  - $2KF + CaC_2 \rightarrow 2K + 2C + CaF_2$
  - Metalotermicky z KCl redukcí sodíkem při 840°C (vzniká slitina sodíku s draslíkem)
  - Tavnou elektrolýzou KOH, KNO<sub>3</sub> nebo K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> rozpuštěných v tavenině KCl.
 Rafinace destilací za sníženého tlaku
- Využití
  - Teplonosné médium v jaderných reaktorech
  - Slitina se sodíkem jako redukční činidlo v organické syntéze



## Hořčík

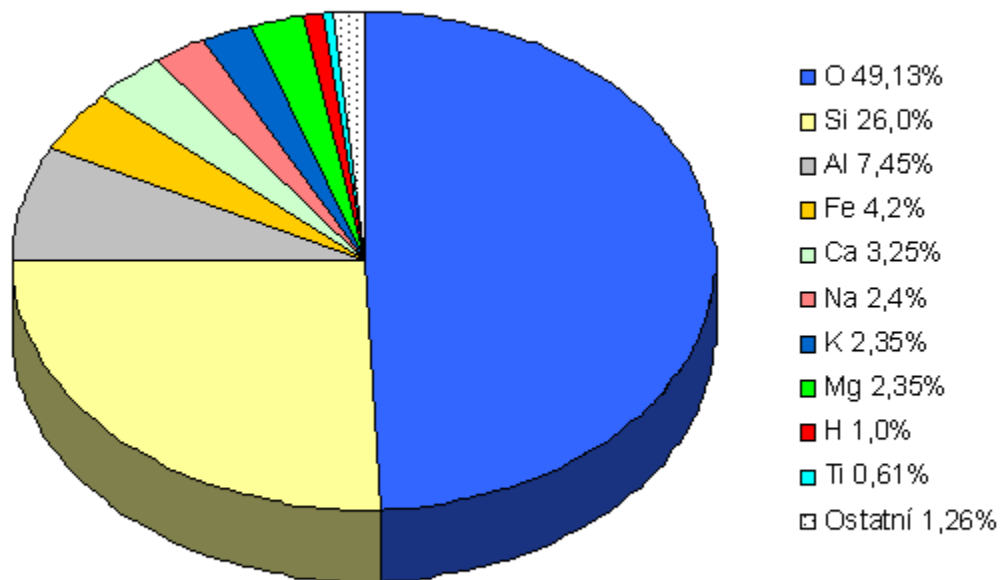
- Výskyt
  - Hlavně chloridy (karnalit  $\text{KMgCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ , bischofit  $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ )
  - Uhličitany (dolomit  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , magnesit  $\text{MgCO}_3$ )
- Výroba
  - Tavnou elektrolýzou  $\text{MgCl}_2$  s přídavkem  $\text{KCl}$ ,  $\text{LiF}$ ,  $\text{NaF}$  nebo  $\text{CaCl}_2$  při teplotě okolo  $700 \text{ }^\circ\text{C}$ ; na grafitové anodě vzniká chlor, na železné katodě kapalný hořčík. Rafinace přetavením a destilací za sníženého tlaku
  - Redukcí  $\text{MgO}$  uhlíkem, karbidem vápenatým nebo křemíkem (ferrosiliciem) při teplotách  $1200 - 2200 \text{ }^\circ\text{C}$  Rafinace destilací za sníženého tlaku
$$2 \text{MgO} + \text{Si} + 2 \text{CaO} \rightarrow 2 \text{Mg} + \text{Ca}_2\text{SiO}_4$$
- Využití
  - Zušlechťování kovů (zejména hliníku, mědi a železa)
  - Výroba kovů Krollovým způsobem
  - Organické syntézy (Grignardova činidla)

## Titan

- Výskyt
  - Oxidické rudy
- Výroba
  - Redukcí plynného  $\text{TiCl}_4$  hořčíkem při  $900 \text{ }^\circ\text{C}$  (Krollův postup) za sníženého tlaku nebo pod ochrannou atmosférou vzácného plynu
  - Elektrolýza  $\text{TiCl}_4$  nebo tavná elektrolýza  $\text{K}_2[\text{TiF}_6]$
  - Redukce  $\text{K}_2[\text{TiF}_6]$  kapalným sodíkem, redukce  $\text{TiO}_2$  hydridem vápenatým
  - Metalotermie ilmenitových koncentrátů hliníkem nebo křemíkem za vzniku slitiny železa s titanem (ferrotitan)
  - Předrafinace destilací  $\text{TiCl}_4$ , finální rafinace kovu van Arkelovou-de Boerovou metodou
- Využití
  - Konstrukční materiál vynikajících vlastností (lehký, pevný, chemicky odolný, snáší relativně vysoké teploty) a výroba slitin s železem a hliníkem

## 5. Přílohy

### Příloha č. 1: Složení zemské kůry [2]



### Příloha č. 2: Dlouhá Beketova řada [3]

Li, Cs, Rb, K, Ba, Sr, Ca, Na, La, Mg, Sc, Be, Al, Ti, Ta, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, In, Co, Ni, Sn, Pb, **H**,  
Mo, Re, Cu, Os, Ru, Ag, Hg, Pd, Ir, Pt, Au

## 6. Zdroje

1. HÁJEK, Bohumil, Jiří KLIKORKA a Jiří VOTINSKÝ. *Obecná a anorganická chemie*. Státní nakladatelství technice literatury, 1985.
2. <http://www.prvky.com/zemska-kura.html>
3. <http://www.prvky.com/elektrochemicka-rada.html>