**Kapitola 23, ELEMENTÁRNÍ KOVY**

Výskyt

* Mezi první desítkou prvků nejrozšířenějších v přírodě je i 7 kovů – hliník, železo, vápník, sodík, draslík, hořčík a titan (v přírodě nejvíce rozšířeny prvky s malým atomovým číslem)

Vznik

* Základní pochod = tuhnutí magmatu (z původní kapalné vrstvy magmatu, tvořící svrchní obal Země, při chladnutí vznikla primární zemská kůra), magma = tavenina převážně křemičitanů mnoha různých kovů
* Tuhnutí magmatu
	+ První fáze
		- Likvidace = odměšování dvou kapalných fází (nej. oddělování kapalného FeS často s obsahem NiS od kapalného magmatu)
		- Další pokles teploty krystalizační děje
			* Vznik před.oxidů, křemičitanů, fosforečnanů kovů (FeII, FeIII, CrIII, AlIII, MgII, MnII, TiIV, CaII, ZrIV,…)
			* Vylučování elementárních platinových kovů
			* Krystalizace diamantu
		- Vznikající minerály se v magmatu uspořádávaly podle toho, jak se jejich hustota lišila od hustoty magmatu
			* Velký rozdíl – vznikající krystaly vytvořily segregační (oddělená) ložiska
			* Malý rozdíl – krystaly zůstaly v magmatu ve vznosu a jsou tedy přítomny ve velmi rozptýlené formě jako tzv. akcesorické nerosty (akcesorický = nachází se v hornině v nepatrném množství)
	+ Druhá fáze
		- Spontánní tuhnutí valné části dosud kapalného magmatu
		- Vznik krystalů horninotvorných nerostů (před.křemičitany a hlinitokřemičitany, oxid křemičitý a trochu sírany)
		- Oxid křemičitý vzniká ve formě tridymitu a cristobalitu
		- Křemičitany krystalizují z magmatu v pořadí určeném strukturou jejich aniontů:
			* Křemičitany obsahující izolované tetraedry SiO4 - Olivín (Mg,Fe)2SiO4
			* Pyroxeny s jednoduchými řetězci tetraedrických křemičitanových aniontů – Mg2Si2O6, (Mg,Fe)2Si2O6, CaMgSi2O6, CaFeSi2O6
			* Amfiboly s dvojitými řetězci aniontů – (Mg,Fe)7Si8O22(OH)2
		- Slídy s vrstevnatým uspořádáním aniontů – biotit K(Mg,Fe)3AlSi3O10(OH,F)2
		- Orthoklas a křemen s prostorovou sítí tetraedrů
	+ Třetí fáze = pegmatitová fáze
		- Krystalizace posledních kapalných zbytků magmatu
		- Vznikají již jen žilní nerosty vyplňující mezery mezi bloky horninotvorných minerálů
			* Obsahují křemičitanové, fluoridové, chloridové anionty a hydroxilové skupiny, aniont boritanový, titaničitanový
			* Typický obsah kationtů LiI, BeII, MnII, kationtů kovů vzácných zemin, TiIV, ZrIV, HfIV, ThIV, TaV, NbV, UIV, SnIV
		- Technicky významné rudy
	+ Čtvrtá fáze = pneumatolytické pochody – po ztuhnutí magmatu
		- Voda a další těkavé sloučeniny (fluoridy a chloridy těžkých kovů) jsou ve ztuhlém magmatu přítomny jako plynné komponenty
		- Kvůli teplotnímu gradientu (změna teploty vzduchu na 100 m výšky nad Zemí) se plyny pohybují a spolu navzájem nebo s již vzniklými nerosty chemicky reagují vznikají krystaly dalších minerálů obsahující Sn, W, Mo, Fe
	+ Hydrotermální procesy
		- Při poklesu teploty v hornině pod kritický bod vody (374°C)
		- V hornině jsou přítomny přehřáté vodné roztoky sloučenin – krystalizací z těchto roztoků vznikají další minerály
		- Křemen, některé uhličitany (CaII, MgII, FeII), fluoridy (CaII), sírany (BaII), před.sulfidy těžkých kovů (Bi, As, Cu, Zn, Pb, Sb, Hg, Au, U)
		- Ložiska mají nejčastěji polymetalický charakter (jsou tvořena sulfidy skupin kovů)
* Vznik druhotných minerálů – při kontaktu vzniklých minerálů s vodou, mechanickým působením, účinky živých organismů
* Metamorfní procesy vzniku minerálů – nové vyvření magmatu – v nejbližším okolí se mění struktura minerálů

Výroba

* Obecně:
1. Těžba rudy - mechanická manipulace s nerostem
2. Nechemické separační postupy sloužící ke zvýšení poměrného zastoupení aktivní komponenty - založeno na fyzikálně-chemických jevech a principech (magnetická separace, frakční rozpouštění)
3. Chemické separační postupy a postupy, kterými se upravuje chemická kvalita suroviny
	* + Chemické děje vedoucí k oddělení od ostatních komponent
		+ Tavení s některými látkami, rozklad kyselinami, termické rozklady za nepřístupu vzduchu, pražení na vzduchu, vylučování sraženin z roztoků
4. Chemický děj vedoucí přímo ke vzniku surového elementárního kovu

**Redukční pochody**

* Redukce sloučenin kovu (nej.jeho oxidu nebo halogenidu) na elementární kov chemickým účinkem vhodného redukovala
* Při vyšších teplotách = termoredukční pochody
* Redukovadla:
	+ Elementární nekovy (H2, C, aj.) 2 AgCl + H2 2 Ag + 2 HCl
		- Redukce vodíkem jsou technicky velmi „elegantní“ a poskytují relativně čisté kovy. Jsou ale drahé a náročné.
		- Nejsnáze se vodíkem redukují oxidy a halogenidy kovů
		- Sulfidy kovů se nejprve žíháním převádějí na oxidy
		- Nelze použít pro přípravu neušlechtilých kovů
		- Redukce oxidů kovů uhlíkem – běžně používané
		- Nenákladné, ale kovy nejsou moc čisté
		- Nelze – elektropozitivní kovy (tvoří s uhlíkem karbidy)
	+ Elementární kovy a polokovy (Al, Mg, Ca, Ba, Na, Si, Zn, Zr, Fe, aj.) Fe2O3 + 2 Al 2 Fe + Al2O3
		- = metalotermie, termitové reakce
		- Reakce jsou velmi exotermické
		- Pro přípravu málo ušlechtilých kovů
		- Krollova metoda = redukce halogenidů kovů roztavenými neušlechtilými elementárními kovy (roztavený Mg, Ca, Na)
		- Metalotermie i Krollova – drahé
		- Substituční reakce – ušlechtilejší kov je vyredukován méně ušlechtilým kovem
		- Př: „srážení“ rtuti železem v tavenině HgS HgS + Fe Hg + FeS
		- Př: „cementace“ mědi z vodného roztoku síranu měďnatého: Cu2+ + Fe Cu + Fe2+
	+ Sloučeniny (CO, SO2, CaC2, KCN, aj.) PbMoO4 + CO + Na2CO3 Pb + Na2MoO4 + 2 CO2
		- Velké uplatnění postup používaný k výrobě kovů z kvalitních sulfidických rud
		- Část rudy se pražením převádí na oxid: 2 PbS + 3 O2 2 PbO + 2 SO2
		- Po uzavření přívodu vzduchu se vzniklý oxid redukuje zbylým sulfidem:
1. PbO + PbS 3 Pb + SO2
	* + Takto připravené kovy jsou vysoce pórovité, popř. houbovité nebo přímo prášky – musí se proto někdy ztavovat na kompaktní materiál

**Tepelné rozklady**

* Tuhé látky – rozklad v trubicích nebo ve válcích, v nichž je látka uložena na lodičce nebo přímo na dně reakčního prostoru – ten se zahřívá zvenčí a těkavé produkty se odvádějí pryč (destilací, odsáváním nebo procházejícím ochranným plynem)
* Plynné látky – rozklad na vyhřátém kovovém vláknu, drátu, kontaktním tělese nebo na lokálně vyhřívané části rozkladné trubice
* Metalurgicky se nejvíce využívají:
	+ rozklady oxidů a azidů kovů 2 HgO 2 Hg+ O2
	+ z plynných látek: tepelné dekompozice některých karbonynů, halogenidů a hydridů
		- Mondův proces – výroba velmi čistého práškového Ni: Ni(CO4) Ni + 4 CO
		- Dekompozice Arsanu 2 AsH3 2 As + 3 H2
	+ van Arkelova-de Boerova metoda = rozklad jodidů (nebo bromidů) na žhavém vláknu

TiI4  Ti + 2 I

**Elektrolýza**

* Nejpoužívanější
* U některých kovů je to jediná cesta výroby
* Elektrolýza vodních roztoků
	+ Při normální teplotě (výjimečně vyšší – do 100 °C)
	+ Do roztoku v tzv. elektrolytické vaně jsou vnořeny vodivé elektrody pod stejnosměrným napětím
	+ Katoda – redukční děje, vylučuje se elementární kov (z roztoku příslušné soli)
	+ Anoda – oxiduje složky v roztoku; jako anoda může být použit surový kov, který se v důsledku anodické reakce rozpouští (za vzniku příslušné soli) a je v čistě formě vylučován na katodě = Elektrolytická rafinace kovu
	+ Kovy, které se na katodě nevylučují – neušlechtilé, záporný elektrodový potenciál (Cs, Li, K, Ba, Sr, Ca, Na, La, Mg, Be, Al, Zr,…)
		- Na katodě dochází přednostně k redukci protonů na elementární vodík

 ( 2 H3O+ + 2 e- H2 + 2 H2O)

* + - Plynný vodík uniká z prostoru katody a kov se nevylučuje
		- Lne pouze při použití vrstvy rtuti jako katody (Vodík se na rtuti vylučuje neochotně, vykazuje přepětí a tím se mění pořadí reakcí
* Elektrolýza tavenin
	+ Vyšší teploty (vnější ohřev nebo vývin tepla při průchodu proudu lázní)
	+ Kov vyredukovaný na katodě je nejčastěji kapalný (vyšší teplota než je bod tání kovu)
	+ Kapalný kov se odčerpává nebo je chlazen a mechanicky se odstraní
	+ Menší teplota než je bod tání – produkt je pórovitý a musí se ztavovat
	+ Elektrolyzují se obvykle taveniny halogenidů, halogenkomplexů, hydroxidů a oxidů
	+ Veliká energetická náročnost – velká proudová hustota, nahrazování teplotních ztrát
	+ Ekologický problém - reakce na anodě jsou zdrojem znečištěného kyslíku nebo halogenů a plyny uvolněné z prostoru elektrolyzéru v důsledku koroze elektrod se obtížně zachycují
1. Rafinační postupy zlepšující čistotu kovu
	* + Primární kov většinou svou čistotou nevyhovuje účelům – musí se čistit
		+ Několik čistících operací = předrafinace, konečný proces = rafinace
		+ Čisté kovy vyhovují jako konstrukční materiály, složky slitin, výchozí látky pro přípravu některých sloučenin
		+ Fyzikálně chemické postupy
			- elektrolýza
				* Nejčastěji
				* Princip: Kationty kovů se na katodě vylučují teprve, když dosáhnou svého depolarizačního potenciálu
				* Významné: Amalgámová elektrolýza – katoda je Hg
				* Běžné: Jednoduchá elektrolýza s rozpustnou anodou, kterou tvoří surový kov (Cu, Pb, Sn, Sb, Cr)
			- Extrakce
				* Princip: vodný roztok soli kovů se uvede do styku s určitým org.rozpouštědlem, dělení = kovy se liší tendencí přejít do org. fáze
			- Měniče iontů
				* = přírodní nebo umělé nerozpustné vysokomolekulární látky, které mají schopnost zachycovat na svém povrchu v důsledku chemické (acidobazické) reakce ionty z roztoku elektrolytů
			- Fyzikální metody
				* K získávání materiálů vysoké čistoty, vždy finální operace
				* Pochody za sníženého tlaku - Princip: rozdílná těkavost kovu a znečišťujících komponent
				* Zonální rafinace

Princip: opakovaný jednosměrný průchod protáhlého ingotu kovu místem, kde je kov vyhřát na teplotu blízkou jeho bodu tání; příměsi dobře rozpustné v kapalném kovu v materiálu migrují a jsou po mnohonásobném opakování operace shromážděny na odlehlém konci ingotu (tam, kde ingot zónu opouští). Málo rozpustné příměsi se naopak koncentrují na straně, kterou ingot do zóny vstupuje. Střední část ingotu = vysoce čistý kov

* + - * + pěstování monokrystalů kovů
		- Dva postupy
			* Převedení kovu na vhodnou sloučeninu, která se fyzikálně-chemickou separační metodou oddělí od reakčních zbytků = odstranění mnoha nečistit (Ni, Ti, Au)
			* Chemické atakování příměsí obsažených v surovém kovu, reakcí jsou převedeny na snadno separovatelnou formu (Sn, Bi, In, Fe)

Využití

* Kovové prvky mají mimořádný technický význam (strojírenství, v elektrotechnice, ve spotřebním průmyslu a ve stavebnictví); kov elementární forma požadované produkty a výrobky
* Ruda = nerost nebo směs nerostů, z nichž jde v dané etapě technického rozvoje v průmyslovém měřítku a s prospěchem, tedy ekonomicky, vyrábět elementární kovy, jejich slitiny nebo i sloučeniny

LITHIUM

* Z - křemičitany (lepidolit, spodumen LiAlSi2O6), fosforečnany ( trifylin (Li, Na)(Fe, Mn)PO4), chloridy (NaI, KI, MgII) s izomorfně přítomným Lithiem
* V- tavná elektrolýza směsi LiCl a KCl při 400 °C (na grafitové anodě vzniká chlor, na železné katodě

 kapalné Li)

 metalotermicky (působením Ca nebo Al) z Li2O nebo LiOH při 800 – 1000 °C, rafinace destilací za

 sníženého tlaku

* P - zušlechťující a deoxidační přísada v metalrgii Al, Cu, Zn, Fe; teplonosné médium v jaderných

 reaktorech, příprava organolithných sloučenin, redukční prostředek v organické syntéze,

 polymerační katalyzátor

SODÍK

* Z - chloridy (halit NaCl), mořská voda
* V - tavná elektrolýza směsi NaCl s některými dalšími halogenidy (CaCl2, KCl, NaF) při 600 – 650 °C; na grafitové anodě vzniká chlor, na železné katodě kapalný sodík; rafinace destilací za sníženého tlaku
* P - výroba tetraethylolova v organické syntéze, výroba kovů (Ti, Zr, Th, U) redukcí kapalným sodíkem,  výrobě sodných sloučenin

DRASLÍK

* Z - chloridy – sylvín KCl, karnalit KMgCl3 x 6H2O
* V - karbiotermicky při 600 – 800 °C z KF nebo KCl: 2 KF + CaC2 2 K + 2 C + CaF2

 metalotermicky z KCl redukcí sodíkem při 840 °C (vzniká slitina sodíku s draslíkem)

 tavnou elektrolýzou KOH, KNO3nebo K2CO3 rozpuštěných v tavenině KCl; rafinace destilací za

 sníženého tlaku

P - teplonosné médium v jaderných reaktorech, slitina se sodíkem jako redukovadlo v organické syntéze

RUBIDIUM, CESIUM

* Z - draselné soli (karnalit KMgCl3 x 6 H2O, lepidolit) obsahující izomorfně přítomné RbI a CsI; přímým zdrojem jsou mateční louhy po zpracování karnalitu
* V - metalotermicky redukcí oxidů, chloridů nebo hydroxidů nebo i chromanů obou kovů působením
* elementárního Mg, Ca, Zr, Ba nebo Al v proudu vodíku nebo za sníženého tlaku při t 500 – 800 °C

 tavnou elektrolýzou chloridů nebo hydroxidů

* P - výroba speciálních těžkotavitelných skel (Rb), velektronice (obrazovky, fotonásobiče), v osvětlovací

 technice (výbojky Rb, Cs)

BERYLLIUM

* Z - hlinitokřemičitany (beryl Be3Al2Si6O18), křemičitany (fenakit Be2SiO4)
* V - tavnou elektrolýzou směsi BeCl2 a NaCl při 350°C, na grafitové anodě vzniká chlor, na niklové

 katodě práškové Beryllium

 metalotermicky redukcí BeF2 nebo BeCl2 roztaveným hořčíkem v elektrické peci

 redukcí BeO uhlíkem v elektrické peci při 1 400°C; po slinutí kovu lisováním, rafinace destilací za

 sníženého tlaku

* P - moderátor neutronů v jaderných reaktorech, ýroba slitin Be s některými kovy (před.Cu = berylliové

 bronzy) – velmi tvrdé a houževnaté, tepelně i chemicky značně odolné

HOŘČÍK

* Z - chloridy (karnalit, bischofit), uhličitany (dolomit CaMg(CO3)2; magnesit MgCO3)
* V - tavnou elektrolýzou MgCl2 s přídavkem KCl, LiF, NaF nebo CaCl2 při 650 – 750 °C; na grafitové anodě vzniká chlor, na železné katodě kapalný hořčík

 redukcí MgO uhlíkem, karbidem vápenatým nebo křemíkem (ferrosiliciem) při 1200 – 2200 °C 2 MgO + Si + 2 CaO 2 Mg + Ca2SiO4;

* P - zušlechťování kovů (zejména hliníku, mědi a železa), výroba kovů Krollovým způsobem, organické syntézy (Grignardova činidla)

VÁPNÍK

* Z - uhličitany – vápenec CaCO3, dolomit, fluorit (kazivec) CaF2
* V - tavná elektrolýza směsi CaCl2 a CaF2 při 700 – 800 °C; na železné katodě narůstá vrstva Ca, elektroda se zvolna mechanicky zvedá a z taveniny se vytahuje ingot surového Ca

 metalotermicky reakcí CaCl2 s elementárním hliníkem: 3 CaCl2 + 2 Al 2 AlCl3 + 3 Ca

* P - výroba kovů kalciotermií, slitina Pb-Ca – jako ložiskový kov, deoxidační přísada při výrobě oceli

STRONCIUM

* Z - izomorfně přítomno v některých minerálech obsahujících vápník, zácné minerály: stroncianit SrCO3, celestin SrSO4
* V - tavná elektrolýza směsi SrCl2 a KCl při 700 °C, metalotermicky z SrO (aluminotermií)

BARRYUM

* Z - síran (baryt BaSO4), uhličitan – witherit BaCO3
* V - elektrolýza vodného roztoku BaCl2 za použití rtuťové katody

 metalotermicky redukcí BaO s účinkem Al nebo Si: 3 BaO + Si BaSiO3 + 2 Ba

 tavná elektrolýza BaCl2; vrstva roztaveného olova tvoří katodu, vzniká slitina Pb-Ba

* P - Pb-Ba jako ložiskový kov

RADIUM

* Z - koncentrát připravený při zpracování uranových rud

HLINÍK

* Z - oxid-hydroxidy – bauxit AlO(OH) x Al(OH)3, hlinitokřemičitany – nefelin
* V - Tavnou elektrolýzou Al2O3 rozpouštěného v tavenině kryolitu (Na3AlF6) nebo chiolitu; na katodě (grafitové vaně elektrolyzéru) vzniká kapalný Al, na anodě (taky grafitové) se vyvíjí O2 a poskytuje s uhlíkem elektrody CO a CO2; čistý Al2O3 je připravován z bauxitu – Bayerova metoda: na bauxit se působí roztokem NaOH za zvýšeného tlaku a zvýšené teploty:
* P - slitiny hliníku (konstrukční materiál, elektrické vodiče, antikorozní povlaky), aluminotermie

GALLIUM

* Z - izomorfně přítomno v bauxitu, sfaleritu a v některých druzích uhlí
* V - elektrolýza vodných roztoků gallitanu sodného, tavná elektrolýza GaCl3
* P - polovodičová technika, sluneční články

INDIUM

* Z - provází olovo, zinek a cín
* V - cementace zinkem z vodného roztoku síranu inditého
* P – polovodiče, zušlechťující komponenta ložiskových kovů

THALLIUM

* Z - provází olovo a zinek - přímý zdroj je ulétavý prach z pražení těchto sulfidických rud
* V - redukce TiCl kyanidem draselným, cementace zinkem z vodného roztoku síranu thallného, elektrolýza vodného roztoku síranu thallného
* P - slitiny s některými kovy (Pb, Ag, Au, Hg)

GERMANIUM

* Z - ulétavý prach (popílek) při spalování některých druhů uhlí, provází zinkové rudy
* V - redukce GeO2 vodíkem při 550°C, redukce GeCl4 zinkem při 930°C (Popílek se přetaví, rozpustí se v HCl a destiluje se GeCl4)
* P - polovodiče

CÍN

* Z - kassiterit SnO2
* V - redukce SnO2 uhlíkem při 1300°C SnO2 + 2 C Sn + 2 CO
* P - protikorozní ochrana kovových materiálů, výroba pájecích kovů

OLOVO

* Z - galenit PbS, anglesit PbSO4, cerussit PbCO3
* V - redukce PbO uhlíkem při 1000°C = pražně-redukční pochod (redukci předchází pražení rudy)
* P - Surové olovo je meziprodukt pro výrobu kovů doprovázejících olovo v jeho rudách (Ag, Au, In, Tl), výroba akumulátorů, tetraethylolova

ARSEN

* Z - sulfidické rudy (arsenopyrit FeAsS), arsenid (FeAs2)
* V - tepelný rozklad arsenopyritu při 700 – 800°C FeAsS FeS + As

 tepelný rozklad arsenidu při 700°C FeAs2  FeAs + As

* P - polovodiče, slitiny

ANTIMON

* Z - sulfidické rudy (antimonit Sb2S3)
* V - redukceSb2O3 uhlíkem po předchozím pražení Sb2S3 2 Sb2O3 + 3 C 4 Sb + 3 CO2

 redukce Sb2S3 elementárním železem při 700°C Sb2S3 + 3 Fe 2 SB + 3 FeS

* P - výroba slitin, ochranné povlaky na některé kovy

BISMUT

* Z - sulfidy (bismutinit Bi2S3), oxid-soli (bismutit)
* V - Redukce Bi2S3 elementárním železem při 700°C („srážení“) Bi2S3 + 3 Fe 2 Bi + 3 FeS

 Redukce Bi203 uhlíkem při 900°C

* P - Speciální slitiny (magnetické Bi-Mn, použití v jaderné technice)

SKANDIUM, YTTRIUM, LANTHANOIDY

* Z - prvky s větším poloměrem kationtů (La, Ce, Pr, Nd, Sm – ceritové zeminy) – křemičitany (cerit, orthit), fosforečnany (monazit, apatity), ostatní lanthanoisy + Z + Sc – křemičitany (gadolinit), fosforečnany (xenotim), promethium v přírodě není
* V - Tavná elektrolýza soli/elektrolýza vodných roztoků solí
* P – přísady v hutnictví Fe

TITAN

* Z – oxidické rudy (rutil, anatas, brookit TiO2)
* V – Redukce plynného TiCl4 hořčíkem při 900°C (Krollův postup) za sníženého tlaku nebo pod ochrannou atmosférou (Ar, He)
* P – vynikající konstrukční materiál (lehký, pevný, chemicky odolný)

ZIRKONIUM A HAFNIUM

* Z – zirkon (ZrSiO4), baddeleyit (ZrO2), izomorfní příměs hafnia
* V – redukce halogenidů obou kovů kapalnými kovy (Krollova metoda); redukce koncentrátů s velkým obsahem ZrO2 křemíkem nebo hliníkem
* P – Zirkonium jako výborný konstrukční materiál (jaderná technika)

THORIUM

* Z – fosforečnany vzácných zemin (monazit)
* V – metalotermicky (redukce fluoridu, chloridu nebo oxidu thoričitého sodíkem neb vápníkem)
* P – výchozí látka pro výrobu 23392 U jaderným procesem (U pak slouží jako jaderné palivo)

VANAD

* Z – rudy železa s obsahem vanadu, v minerální složce některých rop (venezuelská)
* V – Kalciotermie nebo Silikotermie z V2O5 při 900°C: V2O5 + 5 Ca + 5 CaCl2 2 V + 5 CaO . CaCl2
* P – legování oceli, magnetické slitiny (Co-Fe-V)

NIOB, TANTAL

* Z – niobičnan-tantaličnany (columbit, tantalit)
* V – Redukce Nb2O5 uhlíkem za sníženého tlaku (1000°C); redukce Nb2O5 nebo Ta2O5 hliníkem za přítomnosti oxidů železa (vznikají feroslitiny)
* P – konstrukční materiály vysoké pevnosti (raketová, letecká, jaderná technika); ferrotantal a ferroniob jako přísada do nerezavějící oceli

CHROM

* Z – chromit FeCr2O4
* V – redukce chromitu v elektrické peci uhlíkem (vzniká ferrochrom), elektrolýza vodných roztoků kyseliny chromové, aluminotermicky z čistého Cr2O3
* P – ferrochorom jako legující přísada do oceli, ochranné povlaky (galvanické pokovování)

MOLYBDEN

* Z – molybdenit MoS2
* V – redukce koncentrátů obsahujících až 90% MoO3 uhlíkem nebo aluminotermicky (ferromolybden), tavná elektrolýza MoO3
* P – legování oceli a litiny (kolejnice), vakuová technika

WOLFRAM

* Z – wolframit, scheelit CaWO4
* V – Redukce uhlíkem nebo vodíkem z čistého WO3, metalotermicky redukcí WO3 zinkem
* P – ferrowolfram na legování oceli, obráběcí zařízení

URAN

* Z – minerály, v jejichž struktuře je UO2 nebo UO3 (uraninit, smolinec)
* V – redukce UF4 hořčíkem nebo vápníkem UF4 + 2 Mg U + 2 MgF2
* P – palivové články pro jaderné reaktory

MANGAN

* Z – burel MnO2, doprovod železných rud
* V – redukce oxidů manganu uhlíkem v elektrické peci MnO + C Mn + CO (vyšší oxidy se termicky štěpí na MnO)
* P – deoxidační a zušlechťující přísada k ocelím a ke slitinám niklu

RHENIUM

* Z – vzácné, doprovází molybden v MoS2
* V – redukce KReO4 nebo NH4ReO4 vodíkem při 1000°C
* P – slitiny s platinou a wolframem (velká tvrdost a chemická odolonost)

ŽELEZO

* Z – oxidické rudy (magnetit Fe3O4, hematit Fe2O3, limonit FeO(OH)), uhličitan (siderit FeCO3), sulfidické rudy (pyrit, markasit FeS2)
* V - Chemicky čisté železo se získává redukcí oxidů železa vodíkem při 1000°C, elektrolýzou vodných roztoků železnatých solí a termickým rozkladem Fe(CO)5

 Technické železo s obsahem uhlíku se získává redukcí oxidů železa uhlíkem (CO) ve vysokých pecích

* P – konstrukční a nástrojový materiál (ocel, litina), katalyzátor

KOBALT

* Z – arsenidy (smaltin CoAs2)
* V – Redukce Co3O4 uhlíkem při 1 100°C, elektrolýza vodného roztoku síranu kobaltnatého
* P – vysoce žárovzdorné slitiny (raketová a jaderná technika, tryskové motory), endoprotézy

NIKL

* Z – sulfidické rudy (pentlandit, millerit NiS)
* V – Redukce NiO uhlíkem při 1260°C, redukce NiO sněsí CO a H2 při 400°C, elektrolýza vodného roztoku síranu nikelnatého
* P – legování ocelí, slitiny magnetických vlastností, slitiny pro letecký průmysl

PLATINOVÉ KOVY

* Z – ryzí přírodní platina
* V – termický rozklad při 1000°C nebo redukce uhlíkem při 1000°C sloučenin typu (NH4)2(PtCl6)
* P – elektrotechnika (Pt velmi odolává korozi)

MĚĎ

* Z – sulfidické rudy (chalkopyrit CuFeS2, covellin CuS), oxidické rudy (kuprit Cu2O, malachit, azurit)
* V – redukce Cu2O účinkem Cu2S v tzv. měďařském konvertoru Cu2S + 2 Cu2O 6 Cu + SO2 (touto operací končí tzv. žárová výroba mědi při zpracovávání sulfidické rudy)

 Redukce plynného chloridu měďného vodíkem při 800°C (pracuje se v reaktoru s oxidickou rudou křemičitanového typu za přítomnosti malého množství NaCl)

 Elektrolýza vodných roztoků síranu měďnatého

* P – elektrotechnika, potravinářský průmysl

STŘÍBRO

* Z – hl. zdrojem jsou sulfidické rudy olova, zinku, mědi a niklu, stříbřité sulfidické rudy (argentit Ag2S)
* V – Oddělení stříbra ze surového olova získaného ze stříbronosných rud – krystalizací z taveniny olova (pattinsonováním) nebo separací pomocí zinku (pakesování)

 Olova a zinku se zbavujeme oxidací („shánění“ za vzniku PbO) a destilací zinku.

 Amalgamace elementárního stříbra přítomného v surovině – přidávají se látky, které sloučeninu

 rozloží (elementární železo) Ag2S + Fe 2 Ag + FeS

 Kyanidové loužení ze suroviny obsahující elementární Ag a následná cementace zinkem

* P – výroba klenotů a mincí, optika (zrcadla), katalyzátory, elektrotechnika

ZLATO

* Z – v přírodě jako elementární kov, doprovází sulfidické rudy mědi, olova a zinku
* V – amalgamace elementárního zlata, kyanidové loužení

 4 Au + 8 KCN + 2 H2O + O2 4 K (Au(CN)2) + 4 KOH

* P – klenoty a umělecké předměty, rubínové sklo, zubní lékařství

ZINEK

* Z – hlavně sulfidické rudy (sfalerit ZnS)
* V – redukce ZnO uhlíkem při 1200°C ZnO + C Zn + CO

 (páry zinku destilují z retortové peci a jsou jímány do předlohy)

* P – pozinkování kovových materiálů (plech, trubky, dráty)

KADMIUM

* Z – zinkové rudy s obsahem kadmia
* V – Prvé frakce zinku destilujícící z retorty obsahují hodně kadmia – kadmium se získá vydestilování za současné redukce uhlíkem
* P – alkalické akumulátory, lehkotavitelné slitiny a speciální pájecí kovy, legování mědi, pokovování elektrotechnických součástek

RTUŤ

* Z – rumělka (cinnabarit HgS), v přírodě i v elementární formě
* V – Pražení rudy na vzduchu při 500°C a kondenzaci rtuťových par HgS + O2 Hg + SO2

 Rozklad rudy za nepřístupu vzduchu pálením s oxidem vápenatým nebo tzv. „srážení“ železem HgS + Fe Hg + FeS

* P – amalgamové elektrody při elektrolýze, amalgamační výroba stříbra a zlata

 PbO + bfjdsbCO Pb 2