

## Réz és vas szétválasztása

### CÉL:

A kísérlet bemutatja két fém szétválasztásának módját.

### HÁTTÉRINFORMÁCIÓ AZ ÚJRAHASZNOSÍTÁSRÓL:

A fémek egymástól való elválasztása nagyon fontos lépés mind az elsődleges nyersanyagok finomítása mind pedig az újrahasznosítási folyamatok során.

Nagyon fontos a hatékony újrahasznosítás, különösen az elektromos és elektronikus berendezések hulladékai esetében, mert a világ népessége az elmúlt hatvan évben közel háromszorosára növekedett (az ENSZ becslése szerint 1950 óta 2,5 milliárdról 8 milliárdra), miközben ezzel párhuzamosan az egy főre jutó erőforrás-felhasználás még nagyobb ütemben gyorsult: a vasérc fogyasztás 11-szeresére, a rézérc hatszorosára, az alumíniumfogyasztás 30-szorosára nőtt.

Az újrahasznosító ipar ösztönzése mellett számos érv szól. A nemesfém-tartalmú hulladékok értékes árunak számítanak, mert az elhasználandó eszközök fémtartalma gyakran sokkal magasabb, mint az elsődleges érceké. Ezért a hulladékokból történő hasznosítás sokkal költséghatékonyabb, mint az elsődleges bányászat. A bányászati tevékenységeknek mindig nagy az édesvízigénye, de sajnos a nagyobb lelőhelyek gyakran száraz területeken találhatóak. Ezért ezeken a helyeken a mezőgazdaság és az állattenyésztés a bányászattal verseng a szűkös területkéért és vízkészletekért.

A környezet természetes állapotának megőrzése szintén kiemelt fontosságú az öklakosság számára azokon a területeken, ahol a turizmus fontos bevételi forrást jelent. Az elsődleges bányászat mennyisége leírható az összkereslet és a másodlagos nyersanyagok előállításának különbségével, ezért az újrahasznosított hulladékból származó másodlagos nyersanyagok előállítása csökkenti a bányászat által kitermelt nyersanyagok mennyiségét. Németországban az acél-, alumínium- és üvegyártást 50%-ban másodnyersanyagok táplálják.

A közzgazdászok azonban másképp érvelnek: miközben a magasan iparosodott országokban a kereslet csökken, ezzel együtt az árak is csökkennek, viszont ez új keresleti ösztönzőket jelent azoknak a vásárlóknak, akik korábban nem engedhették meg maguknak ezeket az elektronikai termékeket.

Az újrahasznosítás iránti megnövekedett érdeklődés másik oka meglehetősen önző. A hulladék további kezelés nélküli lerakásával nemcsak értékes anyagok vesznek el, hanem veszélyes anyagok is ellenőrizhetetlenül kerülnek a környezetbe. Ezért az újrahasznosítás az átfogó hulladékkezelési stratégia részeként hozzájárul az emberi egészség védelméhez és az életre alkalmas környezet megőrzéséhez.

Röviden: az újrahasznosítás hasznos és kívánatos lenne még nagyobb mértékű újrahasznosítás, viszont megfelelő mértéket kell tartanunk. Ha túl sok figyelmet fordul az anyagok visszanyerésére, gyakran alábecsülik az újrahasznosítási folyamatok során felhasznált nagymennyiségű energiát és vegyi anyagokat. Ezért minden anyag esetében van egy ökológiai és gazdasági optimum, amelyet az adott körülmények között mindig meg kell határozni. Ha egy adott nyersanyag visszanyerése nagyobb energiaigényű vagy nagyobb hatással van a környezetre, mint az elsődleges bányászat, akkor az több kárt okoz, mint amennyit megakadályoz. Az újrahasznosítás mindig arra irányul, hogy „hulladékból” másodlagos nyersanyagot állítsanak elő, amely legalább olyan jó minőségű, mint az elsődleges nyersanyag, olcsóbban gyártható és környezetterhelése kisebb.

Az újrahasznosítási folyamatlanc első lépései a hulladékok összegyűjtése és szétszerelése. Ezutóbbi során nagyon fontos cél, hogy a közvetlenül újrafelhasználható alkatrészeket visszanyerjük. A hulladékok (üveg, papír) és az elhasznált termékek (elektronika, járművek) gyűjtése más-más a logisztikai megközelítéssel oldható meg (pl. szelektív hulladékgyűjtés a háztartásokban, gyűjtőpontok, regionális gyűjtés). A további feldolgozás szempontjából előnyös, ha egyszerű vagy tiszta anyagáramok vannak, másrészt viszont ezek drámaian megnövelik a logisztikai költségeket, ezért kompromisszumokat kell kötni.

A szétszerelés különösen az elhasznált termékek, pl. az elektronikai eszközök kezelése során kiemelt fontosságú. Ebben a lépésben töréssel, vágással vagy aprítással megszüntetik az eszközök összetevői és építőelemei, valamint a különböző anyagok közötti kapcsolatokat. Erre azért van szükség, hogy bizonyos anyagokat különálló anyagáramokban dúsíthassanak a további feldolgozási folyamatok számára.

A dúsításhoz az anyagkeveréket a különböző anyagcsoportok eltérő fizikai tulajdonságai választják szét egymástól. Például a sűrűség szerinti szétválasztáshoz a részecskéknek megközelítőleg azonos méretűeknek kell lenniük, hogy a sűrűségbeli különbségeket ne kompenzálják az eltérő részecskeméret miatti tömegkülönbségek. Az aprított anyag szűk szemcseméret-eloszlású frakcióinak szétválasztására osztályozási technikákat, például szitálást alkalmaznak. A műszaki és gazdasági követelmények teljesítése érdekében a folyamat paramétereit, például a szitáló gép kialakítása, vagy a szita mozgatásának sebessége változtatható.

A szétválasztási technikák közé tartozik a sűrűség szerinti, a mágneses, az örvényáramú és az elektrosztatikus szétválasztás. A szétválasztás során az osztályozott anyagokat különböző koncentrátumokként szeparálják, amelyek további feldolgozási folyamatokba kerülnek. Például az elektronikai hulladékból színesfém-koncentrátumot nyernek mágneses és örvényáramú elválasztás kombinálásával. Először a mágnesezhető vas-, kobalt- vagy nikkelötvözetet tartalmazó anyagokat nyerik ki ferromágneses szeparátorral, majd a vezető anyagokat (vasat nem tartalmazó színesfémeket) örvényáramú szeparátor választja le. Az így keletkező koncentrátum többnyire rézből áll, de nemesfémek és számos technológiai szempontból jelentős fém is megtalálható benne. Ez utóbbiakat alacsony koncentrációban használják, de számos modern elektronikai eszköz működése szempontjából kulcsfontosságúak.

Az így előállított koncentrátumok kombinálhatók más anyagokkal és más forrásból származó, viszonylag tiszta hulladékokkal (pl. gyártási törmelék), és olvasztási folyamatok során további feldolgozásra kerülhetnek. Az ezt követő finomítási eljárások során a tiszta anyagokat a keletkező ötvözetektől a fémek egymástól különböző kémiai viselkedésének kiaknázásával választják el, elektrolízist, kicsapást és kilúgozást, kristályosítást vagy ioncserét alkalmazva, szilárd vagy folyékony fázisban (oldószeres extrakció).

### Kicsapás és kilúgozás

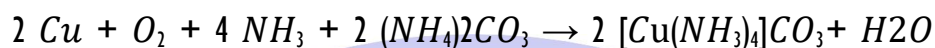
A fémsók többé-kevésbé összetett keveréke a tiszta sókban szétválasztható olyan reakciósorozat segítségével, amely egyes komponensek kicsapódását okozza. A keletkező csapadékban található szennyeződések sok esetben bizonyos körülmények között újra feloldódhatnak. Egy másik stratégiát jelent a kinyerni kívánt anyagot tartalmazó keverék kicsapása és a kinyerni kívánt anyag utólagos szelektív kilúgozása. Ezt a stratégiát aranybányászati eljárásoknál alkalmazzák, ahol az aranyt cianidokkal lúgozzák ki.

Az Előválogató kísérletben vas- és rézsók keverékével szemléltetjük a fémek szétválasztásának elvét a kicsapási és kilúgozási lépések sorozatán keresztül. Általában a vas és a réz elválaszthatók a vizes oldatuk pH-értékének megváltoztatásával, mivel a két anyag oldhatósága eltérő és nagymértékben függ a pH-értéktől.

### Csapadék és kilúgozás a réz visszanyerése során

A réz visszanyerésére a *hidrometallurgiai* megközelítést előnyben részesítik a *pirokohászati* eljárásokkal szemben, azokban az esetekben, ha a kiindulási alapanyagkeverék réztartalma alacsony, vagy ha olyan kompozitokból

kívánják visszanyerni, amelyeket a szokásos mechanikai feldolgozás során nem lehet szétszedni. A réz szelektív kilúgozására ammóniumkarbonát-oldat használható:



A folyamat során a rezet a kerámiákból, a műanyagokból és a vasból származó nikkellel együtt kilúgozzák. A keletkező komplex melegítés hatására felbomlik. A desztilláció során a komplex disszociál, melynek során az ammónia kinyerhető. A réz hidroxid és oxid formájában válik ki. Szűrés és szárítás után ez a rézben gazdag csapadék a pirokohászati rézfinomítás során más anyagárammal is kombinálható.

### AMIRE SZÜKSÉGÜNK LESZ A KÍSÉRLETHEZ:

- Vas(II)-szulfát-heptahidrát (c = 0,14 mol / liter)
- Réz(II)-szulfát-pentahidrát (c = 0,13 mol / liter)
- Nátrium-hidroxid oldat (c = 10 %)
- Ammóniaoldat (c = 10 %)
- kémcsövek
- kémcsőtartó
- szűrőpapír
- mérőhenger

### A kísérletek lépései

#### I. Csapadékképzés és kilúgozás

##### I.1 Törzsoldatok előkészítése

A) Mérjük ki 0,014 mol  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ -t, helyezzük egy 100 ml-es mérőlombikba, és adjuk hozzá a lombik térfogatának körülbelül fel mennyiségű desztillált vizet. A zárt lombikot alaposan rázzuk fel, hogy a só feloldódjon. Adjunk desztillált vizet a tiszta oldathoz, amíg el nem érjük a lombik jelölését. Ezután ismét jól keverjük össze.

B) Mérjük ki 0,013 mol  $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ -t, és járjunk el a fent leírtak szerint.

C) A vegyes oldat elkészítéséhez mérjük be 0,014 mol  $\text{FeSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ -t és 0,013 mol  $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ -t, mindkettőt tegyük egy lombikba, és oldjuk fel az A pontban leírtak szerint.

A törzsoldatokat jelöljük meg A, B, C betűkkel.

## I.2 Kísérlet

Külön kémcsövekbe (kb. 2 cm magas) helyezünk egy-egy mintát az A és B oldatokból, majd pipettával cseppenként adjunk nátrium-hidroxidot mindkét kémcsőhöz. Szűrjük le a kémcsövek tartalmát. Gyűjtsük össze a szűrőpapírokon maradt üledékeket tiszta kémcsövekbe, és pipettával adjunk hozzá cseppenként ammóniaoldatot.

Most helyezünk egy mintát a C oldatból egy friss kémcsőbe, és ismételjük meg a fenti lépéseket. Ebben a kísérletben vas- és rézsók keverékével szemléltetjük a fémek szétválasztásának elvét a kicsapási és kilúgozási lépések sorozatán keresztül. Általában a vas és a réz elválasztható egy vizes oldat pH-értékének megváltoztatásával, mivel az oldhatóság eltérő, de mindkét esetben nagymértékben függ a pH-értéktől.

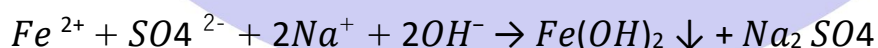
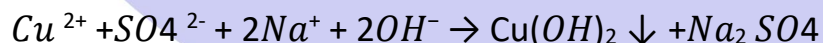
### Mi is történik a kísérletek során?

#### Mi történik nátrium-hidroxid hozzáadásakor?

A nátrium-hidroxid hozzáadása vas(III)-hidroxid képződését okozza vas (A oldat)

és réz-hidroxid réz (B oldat) jelenlétében,

mindkettő oldhatatlan, az alábbi egyenletek szerint:

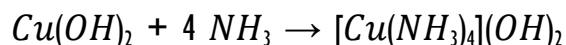


#### Mi történik, ha ammóniaoldatot adnak a szűrőmaradványokhoz?

Az ammónia hozzáadása nincs hatással a kicsapódott vassóra. Réz jelenlétében egy sötétkék, könnyen oldódó



komplex, a tetraamin-réz(II)-hidroxid képződik, a következő egyenlet szerint:



A komplex kation kémiai és fizikai tulajdonságaiban is különbözik a csupasz réziontól. Ez a színváltozás miatt könnyen észrevehető.

**Hogyan lehet egyszerűbb eljárással ugyanazt az eredményt elérni a C oldat esetében?**

A nátrium-hidroxid hozzáadásával mindkét elem csapadékot képez, amint azt fentebb említettük. Ezért ez a lépés nem túl szelektív, hacsak nem nagyon óvatosan hajtják végre. Így ezt a lépést kihagyhatjuk, és ammóniaoldat hozzáadásával egy lépésben képezzük az oldható rézkomplexet és az oldhatatlan vas(III)-hidroxidot. Az szétválasztást szűréssel és a maradék mosásával érhetjük el.

