

Az alumínium és vegyületei

(32. fejezet)

A p-mezőbe azok az elemek tartoznak, melyek vegyértékelektronhéján az s-alhéjak mellett p-alhéjak is megtalálhatóak. A p-mező elemeinek csak kisebb részét alkotják fémek, nagyobb részben nemfémes elemek tartoznak ide, melyekről már a korábbiakban bővebben szó is esett.

A p-mező fémes elemei közé a III.A csoportból az **alumínium (Al)**, **gallium (Ga)**, **indium (In)**, **tallium (Tl)**, a 4. főcsoportból **ón (Sn)** és **ólom (Pb)**, az 5. főcsoportból (V/A) az **arzén (As)**, **antimon (Sb)** és **bizmut (Bi)** tartozik. Vannak még a 6. és 7. főcsoportban is a nagyobb rendszámú elemek közül, melyek fémes tulajdonságokat mutatnak (pl. asztácium). Az elkövetkezendőkben az alumíniummal, ónnal és ólommal, illetve vegyületeikkel lesz alkalmunk bővebben megismerkedni.

Az alumínium általános jellemzése és fizikai tulajdonságai

A periódusos rendszer **harmadik főcsoportját** (III/A) a **földfémek** alkotják. A mindennapokban a legkiemelkedőbb jelentőséggel az alumínium bír. Vegyértékelektronhéján három darab elektron található, vegyértékelektron-szerkezete: $3s^2 3p^1$. Összességében a vegyértékelektronhéján egy elektronpár és egy magányos elektron található.

Az alumínium **szürkés színű, jól megmunkálható és nyújtható, viszonylag puha, könnyűfém** (sűrűsége $2,7 \text{ g/cm}^3$). Olyannyira jól nyújtható, hogy **egészen vékony alumíniumlemezek és fóliák készíthetők belőle**. Ezt annak köszönheti, hogy **lapon középpontos kockarácsban kristályosodik** (a legjobban megmunkálható fémek elemi cellája mind ilyen), **kicsi a sűrűsége és viszonylag nagy az atommérete**, így könnyen el tudnak az egyes rétegek egymáson csúszni.

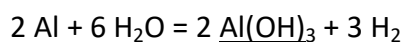
Az **elektromos áramot és a hőt viszonylag jól vezeti. Olvadáspontja nem túl magas** ($660,3 \text{ }^\circ\text{C}$). Ezt annak köszönheti, hogy a halmazában a fémes kötés a magasabb olvadáspontú fémekhez viszonyítva relatív gyenge, ugyanis atommérete viszonylag nagy és atomjai nem kompaktak (vagyis kis az atom kis térfogatában viszonylag kevés elektron található).

Elektronegativitása a többi fémmel összehasonlítva **közepes** és **standard-elektrodpotenciál értéke igen negatív** érték ($\epsilon^0 = -1,67$ V).

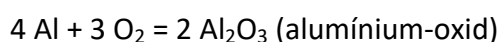
Kémiai tulajdonságai

Az alumínium **vegyületeiben +3-as oxidációs állapotban fordul elő** (vagyis mind a három vegyértékelektronjától megszabadul), ionos kötés kialakítására hajlamos. Azonban számos olyan alumíniumvegyület is van, amely átmeneti, ionosból kovalensbe hajló kötéssel rendelkezik. Ezek az ionrács mellett a kovalens kötéssel összetartott atomrács tulajdonságait is magukon viselik, például azt a jellegzetességet, hogy vízben oldhatatlanok, és magas az olvadáspontjuk.

- negatív standard-elektrodpotenciál (-1,67 V) értéke ellenére **nem korrodálódik** a levegőn. Ennek oka a felületét **borító védő oxidréteg védőhatásában rejlik** (tömör, az alumíniumhoz jól tapadó így nem engedi azt korrodálódni).
- Standard-elektrodpotenciál értéke alapján azt várhatnánk, hogy **a vizet képes redukálni** (így belőle hidrogént fejleszteni), de – **közönséges körülmények közt – nem teszi**. Ennek oka is a **védő oxidréteg**, mely **a fém alumínium vízzel való közvetlen érintkezését meggátolja**. Ha leoldjuk, **megbontjuk** vagy megsértjük a felületét borító védőréteget, **akkor képes a vízzel reagálni**. A védőréteg leoldható például **higany(II)-klorid-oldattal (szublimát, HgCl₂)**. Ilyenkor fehér **alumínium-hidroxid csapadék és hidrogéngáz képződik**:



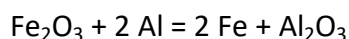
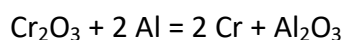
- **Éghető, vakító fehér lánggal ég, égése nagy hőfelszabadulással jár** (nagyon exoterm folyamat).



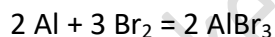
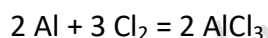
- **Erős redukálószer, így sok fém-oxidból (Fe₂O₃, Cr₂O₃...) képes a fémionokat redukálni**. Ezt nevezzük **termitreakciónak**.

Természetesen csak azon fémionokat képes az elemi alumínium redukálni, melyek standard-elektrod-pontenciálja az alumíniuméhoz képest nagyobb.

A **termitkeverék** magból a **redukálandó fém-oxidból és az alumíniumból álló porkeverék**. A reakció **beindításához magas aktiválási energia szükséges**, utána azonban önfenntartóvá válik (a folyamat rendkívül exoterm). A fém-oxid és alumínium keverékére magnéziumport szórnak, majd egy magnéziumszalagot helyeznek bele, amit meggyújtanak. A magnéziumszalag égése során felszabaduló sok hőmennyiség képes beindítani a reakciót:



• **Halogénnel hevesen reagál**, azonban klór esetében, szobahőmérsékleten a reakció lassú, melegítve hevesé válik.

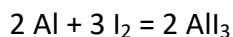


(Ha a brómot rácsepegtetjük az alumíniumra és várunk egy keveset, akkor fehér füst, lángtüremény képződésével járó, heves reakciót tapasztalunk.)

Érdekes reakció az **alumínium elemi jóddal** történő kölcsönhatása. Az elporított, majd összekevert alumínium és jódport – elszívófülke alatt vagy szabad levegőn – porcelántálba szórva, majd **egy csepp vizet** a kupac tetejére cseppentve rövid időn belül igen **látványos reakciót láthatunk**. Az alumínium egyesül a jóddal, AlI_3 -at, alumínium-jodidot eredményezve. A jelenség fény- és lángtüreménnyel jár, valamint az exoterm reakció következtében **elszublimáló jód lila gőzeinek káprázatával társul**.

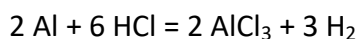
A vizet ebben a folyamatban katalizátorként szokás említeni. Valójában nehéz megmondani, hogy a víz hatására pontosan mitől is indul be a folyamat, de az bizonyos, hogy a vízben kis mértékben oldódó jód, s az így keletkező enyhén savas kémhatású oldat (HI és HOI) hozzájárul ahhoz, hogy az Al felületén lévő oxidréteg

leoldódjon. A fém alumínium pedig már közvetlenül is képes reagálni a jóddal (szilárd fázisú reakció, ami igen ritka), megfelelő aktiválást biztosítva ezzel a reakció teljes végbemeneteléhez.

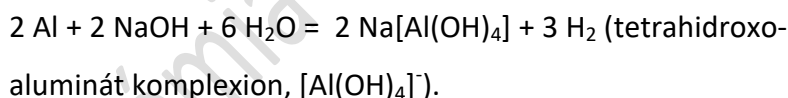


- **Amfoter sajátságú**, ami azt jelenti, hogy **lúgokban és savakban is oldódik, hidrogénfejlődés közben. Tömény, oxidáló tulajdonságú savakban** (pl. cc. H_2SO_4) **passziválódik**, mert a durva oxidációs hatásra a felületén nem leoldódik, hanem megerősödik a védőréteg.

- **reakciója híg sósavval:**

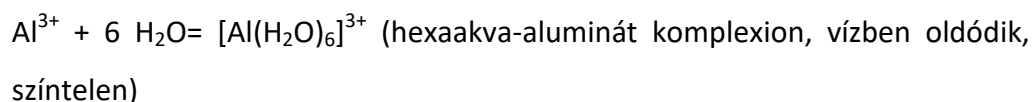


- **reakciója nátrium hidroxiddal:**



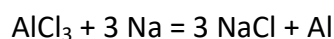
*A keletkezett komplex képletéből arra következtetnénk, hogy a komplexben **az alumínium koordinációs száma 4**, de nem így van, **a valóságban 6**, ugyanis a feltüntetett képlet nem fedi teljesen a valóságot, még két vízmolekula található a komplexben ligandumként, de őket alapesetben nem szoktuk feltüntetni. A valóságot tükröző komplex a $[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]^-$ tapasztalati képlettel írható le.*

- Az eddig említett reakciók mindegyike redoxireakció, vagyis elektronátmenettel járó reakció volt, melyben az alumínium redukálószerként szerepelt, vagyis ő maga oxidálódott. Az alumíniumnak azonban van még egy fontos kémiai tulajdonsága, a **komplexbépzés** (pontosabban koordinatív vegyületekben központi ionként képes viselkedni az Al^{3+}). Vizes oldatban az alumíniumion a valóságban egy hexaakva komplexion formájában van jelen. Komplexeiben az alumínium koordinációs száma 6, vagyis **6 datív-kötés** (koordinatív kötés) **akceptálására képes:**



Előállítása

Alumíniumra nagy mennyiségben van szükség az iparban. Régen az úgynevezett *Wöhler-eljárást* alkalmazták, melynek lényege az, hogy az alumíniumot alumínium-kloridból nátrium segítségével kiredukálják. Ma már ez az eljárás nem használatos.



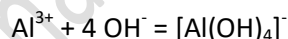
Manapság az előállítása alumínium-oxid (timföld, Al_2O_3) elektrolízisén alapul. Az alumíniumgyártás nyersanyaga, az alumínium érce a **bauxit**. Az előállítási folyamat két nagy lépésre bontható szét:

- timföld előállítása bauxitból,
- timföld olvadékelektrolízise.

Timföld előállítása bauxitból

Legelterjedtebben a **Bayer-féle eljárást** alkalmazzák. Ennek **kezdeti lépése egy lúgos feltárás**. A kibányászott **bauxit vöröses**. Alumíniumvegyületeken kívül nagy mennyiségben **tartalmaz még vas-oxidokat** és különböző szilikátokat. Színét is a benne lévő vas-oxidoknak köszönheti.

Az eljárás során **magas hőmérsékleten, tömény, erős lúgoldattal (NaOH) kioldják a bauxitból az alumínium tartamú vegyületeket (lúgos feltárás)**. Ez azért **lehetséges, mert az alumíniumvegyületek többsége amfoter sajátságot mutatnak**, míg a bauxitban található többi összetevő nem. Ily módon **a tömény lúg hatására az alumíniumvegyületek komplex formában oldatba mennek**, és az oldatfázis részeként elválaszthatóak a salakanyagoktól.



A visszamaradó – vörös színű – salakanyagot vörösiszapnak hívják. A lúgos feltárás után ülepités és szűrés segítségével elválasztják tehát az alumíniumot tartalmazó oldatot a vörösiszaptól. A vörösiszap tárolását nagy körültekintéssel kell kivitelezni, ugyanis az iszap pH-ja elérheti a 12-13-as értéket is, ami erősen lúgos kémhatást jelent, mely minden élő szervezetre roncsoló hatással van.

2010. október 4-én Magyarországon katasztrófahelyzet alakult ki, amikor átszakadt egy a Devecseri kistérségben lévő vörösiszap-tároló gátja és a kiömlő vörösiszap hatalmas károkat okozott.

Az elválasztott **alumíniumot tartalmazó oldatot lehűtik és hígítják**. A **hígítás hatására hatására vízben rosszul oldódó fehér alumínium-hidroxid csapadék válik ki az oldatból**.

A **kiváló csapadékot leszűrik, és csökemencében kivitelezett magas hőfokú izzítással timfölddé alakítják**; ezt a folyamatot **kalcinálásnak** nevezik. Kalcinálás: hidroxidok oxiddá történő átalakulása hevítés hatására.



Az így kapott timföld ekkor áll készen az elektrolízisre.

Timföld olvadékelektrolízise

A folyamatnak ezen a pontján azonban szembesülni kell egy hatalmas problémával. A **timföld megolvasztásához nagyon sok energia kell**, mert olvadáspontja nagyon magas, 2070 °C körüli, ilyen feltétel mellett nagyon drága, veszteséges lenne az alumínium gyártása. **Ennek kiküszöbölésére egy ásványt, kriolitot (nátrium-hexafluoro-aluminát, Na_3AlF_6) használnak adalékanyagként, amely csökkenti a rendszer olvadáspontját**. A kriolit olvadáspontja alacsonyabb, 1000 °C körül van. Megolvasztják a kriolitot, majd ebben az olvadékban oldják fel a timföldet, a hőmérsékletet továbbra is kellően magasán tartva, de így jóval gazdaságosabban 900 °C körüli hőmérsékleten végezhetik az elektrolízist.

Az elektrolizáló berendezés érdekesen néz ki. **Az alumíniumkohó** (ebben zajlik az elektrolízis) **alja grafittal van bélelve, ez az elektrolizáló cella negatív pólusa, vagyis a katód**. Itt történik az **alumíniumionok redukciója**. **Anódként egy hatalmas grafitömb van kapcsolva, melyet egyszerűen a timföldes olvadéokra helyeznek**. Itt történik az **oxidáció, oxigéngáz fejlődik**. Az elektrolízis alatt a kohó alján redukálódik ki tehát az alumínium, melyet folyamatosan elvezetnek. A frissen keletkező, folyékony alumíniumot a felette lévő olvadékréteg védi az visszaoxidálódástól. További érdekesség, hogy az **anód** elektród anyagát, vagyis magát a **grafittömböt időnként pótolni kell**, ugyanis a felületén keletkező magas hőmérsékletű oxigéngázzal a grafit reakcióba lép, szén-monoxid/szén-dioxid gázelegy képződése mellett.

anód: $6 \text{O}^{2-} = 3 \text{O}_2 + 12 \text{e}^-$ (pozitív pólus, oxidáció)

katód: $4 \text{Al}^{3+} + 12 \text{e}^- = 4 \text{Al}$ (negatív pólus, redukció).

A folyamat bruttó egyenlete: $2 \text{Al}_2\text{O}_3 = 4 \text{Al} + 3 \text{O}_2$

A fent leírt egyenletek más sztöchiometriai együtthatókkal is felírhatóak, a lényeg csupán annyi, hogy a anódos és katódos folyamatban a leadott és felvett elektronok mennyisége megegyezzen.

Az alumíniumgyártás rendkívül energiaigényes. Sok energiát kell fordítani az olvadék előállítására és még többet magára az elektrolízisre. Az alumíniumgyárakat ezért érdemes erőművek mellé telepíteni (főleg olyanok közelébe, melyek olcsó villamos energiát tudnak előállítani).

Az alumíniumgyártás során melléktermékként perfluorozott szénhidrogének is keletkeznek. Ennek az az oka, hogy az anódon a fluor is képes oxidálódni és az elemi fluor erős oxidálószer lévén reakcióba lép az anód grafitjával.

Felhasználása

Felhasználják tiszta állapotban is, de ötvözőelemként is. Tiszta állapotban puha, jól megmunkálható, könnyű, jól vezeti az elektromos áramot, de ami még ennél is fontosabb, hogy a felületén lévő védőréteg miatt nem korrodálódik. Emiatt vezetékek, fóliák és lemezek készítésére használják.

Ötvözetként való felhasználása során azt a tulajdonságát használják ki, hogy rendkívül könnyű. Különböző közlekedési- és háztartási eszközöket (repülő, kávéfőző, kanál stb.), építőiparban szerkezeti egységeket (pl. ablakkeret, kerítés, állvány) tudnak belőle készíteni.

Előfordulása, élettani hatása

Az alumínium csak vegyületeiben fordul elő, vegyületei azonban igen gyakoriak (a harmadik leggyakoribb elem a Földön). Fontos összetevője agyagásványoknak, **bauxitnak** és még számos más kőzetalkotó vegyületnek (pl. szilikátvegyületeknek).

Az alumínium **veszélyes a fejlettebb állati szervezetek számára**. Számos súlyos betegség kialakulásával hozták már eddig kapcsolatba. Ilyen például a mellrák, az Alzheimer-kór és számos allergiafajta. Veszélyességét az is növeli, hogy nem is gondolnánk, milyen sok módon bejuttathatjuk a szervezetünkbe az alumíniumot. Számos, napi szinten használatos tárgy készül alumíniumból. Már tudjuk, hogy savakban és lúgokban oldódik, így ha nem figyelünk oda és valamilyen savas kémhatású ételt (pl.: ecetes saláta) alumínium edényben készítünk, esetleg még abban is tárolunk, akkor rengeteg Al^{3+} juthat a szervezetünkbe. Ez azért is veszélyes, mert – vizsgálatok alapján – az alumínium könnyűfém mivolta ellenére képes lehet felhalmozódni a szervezetben. A fentiek miatt igyekezzünk kellő megfontolással kezelni az étkezéshez és tisztálkodáshoz használt alumíniumból készült eszközöket!

Az alumínium fontosabb vegyületei

vegyület neve és képlete	vegyület triviális neve	főbb fizikai tulajdonságok	jelentőség
alumínium-oxid Al_2O_3	korund, timföld	<ul style="list-style-type: none">•kemény,•magas olvadáspontú,•fehér színű,•vízben oldhatatlan•Op.: 2070 °C	<ul style="list-style-type: none">•alumínium előállításához•színes fémionokkal szennyezett ásványait csiszolják és drágakőként értékesítik (kék színű zafír, piros színű rubint)
alumínium-hidroxid $\text{Al}(\text{OH})_3$	-	<ul style="list-style-type: none">•fehér színű,•vízben nem oldódó szilárd anyag,•nagy fajlagos felület	<ul style="list-style-type: none">•textiliparban színezékek megkötésére

alumínium-klorid AlCl_3	-	<ul style="list-style-type: none">•fehér színű,•vízben savasan hidrolizál	<ul style="list-style-type: none">•<i>Lewis savként</i>
nátrium-hexafluoro- aluminát Na_3AlF_6	kriolit	<ul style="list-style-type: none">•Op.: 1009 °C	<ul style="list-style-type: none">•timföld elektrolízisénel adalékanyagként

Lénárt Gergely kémia magánoktató