

- <http://www.philohome.com/sort3r/sort3r.htm>
- LEGO Mindstorms EV3 Felhasználói útmutató (www.lego.com)
- LEGO MINDSTORMS EV3 Home Edition súgó
- Ayad, Tony: *EV3 Programming Overview for FLL Coaches*, <http://www.firstroboticscanada.org/main/wp-content/uploads/2013EV3Programming.pdf>
- <http://www.afrel.co.jp/en/archives/848>
- Griffin, Terry: *The Art of LEGO® Mindstorms® EV3 Programming*, No Starch Press, 2014.
- Valk, Laurens: *LEGO MINDSTORMS EV3 Discovery Book: A Beginner's Guide to Building and Programming Robots*, No Starch Press, 2014.
- Park, Eun Jung: *Exploring LEGO® Mindstorms® EV3: Tools and Techniques for Building and Programming Robots*, John Wiley & Sons, Inc., Indianapolis, 2014.

Kovács Lehel István

Az építőanyagokról

II. rész

Az emberi civilizáció fejlődése során használt építőanyagok (kő, fa, agyag, homok, mészkő, gipsz, bitumen, üveg, fémek) napjainkban is alapanyagok az építészetben. Az anyagtudományok fejlődésével számos adalékanyag, díszítőanyag (festékek, szerves polimerek) bővítette a modern építészetben a felhasznált anyagok sorát.

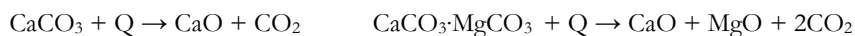
Az *építőköveket* épületeknél, hídépítésnél, útburkolatként, szerkezeti kőként, falazásra, burkolásra, díszítésre használják. Alkalmazásuknak megfelelően különböző tulajdonságokkal (pl. szilárdság, fagyállóság, hőszigetelő képesség, kopásállóság, időtállóság, víz hatására módosuló tulajdonságok) rendelkeznek.

Ahhoz, hogy az alkalmazási céloknak eleget tehessenek, az építőköveket kötőanyagokkal rögzítik.

Kötőanyagoknak nevezik azokat az anyagokat, melyek fizikai és kémiai folyamatok eredményeként folyékony, vagy pépszerű állapotból képesek megszilárdulni, szilárdságukat időben növelni. Amennyiben a kötőanyaghoz más szilárd anyagot (kő, kavics, homok) kevernek, annak részecskéit a szilárdulás folyamán összeragasztja.

Az építőiparban használatos kötőanyagok: mész, gipsz, cement, enyv, vízüveg, lenolaj, műgyanták, bitumen, kátrány. A következőkben ezekkel kapcsolatos ismereteinket foglaljuk össze.

Mész: kémiai összetétele: CaO. Előállítására mészkőből (CaCO₃) vagy dolomitból (CaCO₃·MgCO₃) történik hőbontással:



A mészgyártásban a hőbontást *mészégetésnek* nevezik. A keletkező mész minőségét az égetés hőmérséklete határozza meg. A viszonylag alacsonyabb hőmérsékleten (900° - 1000°C) keletkező mész megőrzi a hőbontásnak kitett mészkő eredeti kristályszerkezetét, porózus, nagy fajlagosfelületű, „*lágyan égetett mész*” néven használják fel.

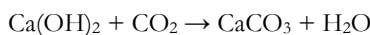
A magasabb hőmérsékleten (1100°-1300°C) égetett mészkőből a „keményen égetett mész” képződik. Ez tömörebb szerkezetű, kisebb a fajlagos felülete mint a lágyan égetett mészé. A mészégetés termékének minősége a mészkő szemcseméretétől is függ. Amennyiben nem egyenletes szemcseméretű a mészkő, a kisebb szemcsék túlégnek, s a keletkező mész sem lesz egyenletes tulajdonságú.

A mész (alkáli földfém oxidok) vízzel hevesen reagál erős bázisos anyaggá (fémhidroxid) alakulva. Az építkezésben ezt a változást nevezik *mészoltásnak*:



Mivel a mészoltás közben a keletkező Ca(OH)_2 részben oldódik a feleslegben levő vízben (ezt az elegyet nevezik mésztejnek), erős lúgként viselkedik (a fehérjéket roncsolja pl. a bőrszövetet). Hatását a reakció során felszabaduló nagy hőmennyiség is fokozza, ezért a mészoltásnál szigorúan be kell tartani a munkavédelmi előírásokat. Az elmondottakat az emberiség rég ismeri, tapasztalatait a történelem során hasznosította, pl. a nagy járványok esetén az elhunyt betegeket és az állatokat is mésszel leöntve hantolták el.

A mészoltás sebessége a mész minőségétől függ. A lágyan égetett mész gyorsan (5-10 perc alatt) oltódik, a keletkezett terméket „*keővér mész*”-nek nevezik. A keményen égetett mész lassan oltódik, terméke a „*sovány mész*” (szürke, vagy dolomitos mész). Mivel a mészégetőkből kikerült mész nem egységes anyag, az oltás folyamata elhúzódó időn át történhet, ezért ajánlott az oltott meszet felhasználás előtt „*pihentetni*”. Ellenkező esetben a frissen oltott mész felhasználása után a felkent rétegben térfogat növekedés történhet helyenként, ami lepattogást eredményezhet (az építő munkások mészkukacnak nevezik). Az oltott mész a levegő széndioxidja hatására szilárdul a következő kémiai folyamat eredményeként (ezért az oltott meszet csak levegőtől elzárva lehet tárolni):



A levegő szén-dioxid tartalma nagyon alacsony (<1%), ezért a természetes szilárdulás igen lassú folyamat. Sebessége a hőmérséklettől is függ. 10°C-0°C között nagyon lassul, 0°-on meg is szűnik. Ez az oka, hogy a téglafalazatokat csak több hónap után vakolják.

A vakolat szilárdulásának siettetésére a falak közelében koksztot égetnek, ami során megnő a CO_2 mennyiség is, s a hőhatás is kedvezőbb. Mivel a vakolat szilárdulása során víz képződik, ezért a fal vizesedése a szilárdulás előrehaladtán a jele.

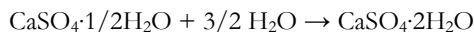
A meszet az előzőekben tárgyalt átalakulási folyamatai alapján különböző építőanyagok (kő, fa, téglá) kötőanyagaként használják. Mivel csak levegőn köt, víz alatt nem, és tartósan víz alatt tárolva elveszti szilárdságát *nem hidraulikus kötőanyag*nak nevezik az építőiparban.

A mészhez hasonlóan nem hidraulikus kötőanyag a *gipsz*.

Gipsz a természetben *gipszkő* ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) és *anhidrit* (CaSO_4) állapotban fordul elő. Az építési gipszet a gipszkőnek 110°-180°C hőmérsékleten való hevítésével állítják elő, miközben részleges vízvesztéssel *hemihidráttá* ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) alakul:



Ez vízzel gyorsan köt, megszilárdul:



A gipszkő hőbontása is különbözőképpen történik, ha nem ellenőrzik a hőmérsékletet. 180°-300°C közötti hőmérsékleten kötőképes anhidrit (CaSO_4), 300-600° között „*agyronégetett anhidrit*” képződik, amely kristályszerkezetében olyan maradandó változások történnek, aminek következtében nem, vagy alig tud vizet felvenni, ezért nem tud szilárdulni. Amennyiben a hőbontást 600°-1200°C hőmérsékleten végzik, a termék, amit *esztrich gipsz*nek neveznek, anhidrit mellett $\text{CaSO}_4\text{-CaO}$ tartalmú bázikus kalcium-szulfátot tartalmaz. Ez lassabban köt mint az építési gipsz, de nagyobb szilárdságú lesz. A gipsz építőipari felhasználása az utóbbi időben egyre elterjedtebb. Válaszfalakként, térelemekként, tűzvédelmi célokra, hő és hangszigetelőként, díszítőelemekként használják, tulajdonságainak (kis sűrűség, hővezetése gyenge, az agyagtégláénak 1/3-a) köszönhetően.

A hemihidrárt megőrölt gipszből adalékanyagokkal (timsó, borax vagy fémsók) keverve 800°C hőmérsékleten kiégetve kapják a *márványgipsz*et, amely nagy szilárdságú és keménységű anyag, jól csiszolható, műmárvány gyártására használják..

Az építőiparban legjelentősebb kötőanyag, amely levegőn és vízben is szilárdul (hidraulikus kötőanyag) a *cement* melyet mészkő és agyag keverékének zsugorodásig való égetése során nyerik.

Cement: Összetétele szerint lehet:

- *szilikátcement* (portlandcement): mészkő (75-80%) és agyag (20-25%) keverékének a zsugorodásig való égetésével (1450°C) átalakul *klinker*é (amiben a hevítés hatására történő bomlás során képződő összetevők: CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 nagyrészt kalcium-szilikáttá alakulnak) A klinkernek jellemző többfázisú kristályszerkezete van az alkotók arányától és a hűlési folyamattól függően, mely befolyásolja a fizikai és mechanikai tulajdonságait. A klinkert lehűlése után 4-5% gipszkővel őrlik. Az így kapott terméket nevezik portlandcementnek.
- *aluminátcement:* mészkő és alumíniumtartalmú kőzetek égetése során nyerik. Jellemzője, hogy gyorsabban szilárdul és nagyobb a kezdeti szilárdsága, de mivel ez alatt instabil kalcium-aluminát hidrát képződik, mely idővel átkristályosodik, lassan a szilárdsága lényegesen csökken. Évtizedek alatt az aluminátcementtel (bauxitcement) készült építmények állaga megromlott. Ezért napjainkban nem használják épületek készítésénél, csak tűzálló betonok kötőanyagaként.
- *magnezijacment* (*Sorel-cement*) MgO , MgCO_3 keverékét magas hőmérsékleten égetik miközben MgSO_4 -el keverik. Melegpadlók burkolóanyagaként használják.

Beton: napjaink legfontosabb mesterséges építőanyaga, melyet kötőanyag, víz és adalékanyag keverésével állítanak elő. A mindennapi gyakorlatban használt beton kötőanyaga a portlandcement.

A betonfélésegek készítéséről, tulajdonságairól, felhasználásáról a sorozat következő részében olvashattok.

Forrásanyag:

Balázs Gy.: *Építőanyagok és kémia*, Műegyetemi Kiadó, 2002

Molnár V.: *A vályog és a favázis vályogépítészet*, Doktori dolgoz., 2004

Laczovics P.: *Építőanyagok és kémia*, egyetemi jegyzet, 2012.

Máthé Enikő