

A cement és cementgyártás története



Kleine Csilla
Leczovics Péter, tanszéki mérnök
2012.

Tartalomjegyzék

oldal

1. Bevezetés	3.
2. Terminológia	4.
3. Kronológiai visszatekintés	6.
4. Cementgyártás Magyarországon	18.
5. Összefoglalás	23.
 Felhasznált irodalom	 25.

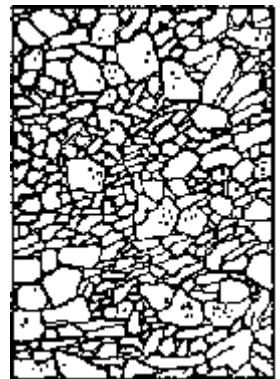
1. Bevezetés

A cement történelmi visszatekintése nem teljesen egyértelmű, részben a hidraulikus kötőanyagokhoz, részben a betonkészítéshez kapcsolódik, így a jelen áttekintés időszakonként e két témakör bevonását is tartalmazza.

A kötőanyagok története kb. ötezer évre vezethető vissza. A kötőanyagok egyik legismertebb anyaga a cement. Ez a hidraulikus kötőanyag szervesen, nemfémes ásványok finomra őrölt, majd zsugorodásig égetett, más fő- és mellékalkotórészekkel együtt, vagy külön őrölt, majd kevert anyag, amelyet 1450°C-ra hevítenek.

A cement története az i.e. 3000 időszakra vezethető vissza, bár az i.e., valamint az ókori történelemben a szerepe nem határozható meg egyértelműen, mivel a fellelhető irodalom általában a kötőanyagokról szól. A cement esetében a hidraulikus jelleg felismerésének kezdetei a római korig vezethetők vissza.

A „cement” kifejezés a latin „caedere” szóra vezethető vissza. A rómaiak az építkezésekhez használt természetes követ jelölték ezzel az elnevezéssel. A természetes kőből épült falakat pedig „caementa” vagy „caementica structural”-nak nevezték. Lorient francia kutató 1744-ben franciára fordította Plinius római író munkáját, a „caementa” szót „ciment”-re fordította. A latin „caementum” szó „megmunkált építőkövet” jelent. Ma már azonban világszerte a cement kifejezés alatt a terminológia szerint hidraulikus kötőanyagokat értjük. A „transz” szó a holland „tyras” szóból származik.



opus caementitium

A cement megfogalmazása az évszázadok folyamán többször is változott, a mi értelemben:

„ a meghatározott összetételű nyersanyag keverék zsugorodási hőmérsékleten történő égetésével előállított klinkerből, kötőszabályozó hozzáadásával őrölt, porszerű anyagot nevezzük portlandcementnek.” (2008)

2. Terminológia

Klinker „pontosan előírt összetételű, finomra őrölt nyersanyag keverékből zsugorodásig égetett terméket nevezzük, amely főtömegében a kalciumoxidnak (CaO) szilícium-dioxiddal (SiO_2), alumínium- és vasoxiddal (Al_2O_3 és Fe_2O_3) alkotott vegyületeiből áll. E vegyületeket kalcium-szilikátoknak, kalcium-aluminátoknak és kalciumferritnek nevezik.” (Cementgyártás, 1964, 42. o.)

Románcement: „40-60% CaCO_3 -ot tartalmazó természetes mészmárgából állítják elő fritteléssel. Öröletlenül vízzel nem reagál. Megőrölve meglehetősen gyorsan köt. Ezt a kötőanyagot nevezik –Mihalik és az általa idézett szakemberek- hidraulikus mésznek.” (A magyar cementipar története, 1970, 15. o.)

20-50% sósavban oldhatatlan részt tartalmazó márgák égetés után olyan meszet adnak, amelyek vízzel érintkezve sem, illetve huzamosabb ideig a levegőn tartva nem esik szét porrá; ez a mész megőrölve adja a román cementet; földes tapintású, színe a sárgástól vöröses-barnáig bármilyen lehet, por állagú; vízzel feleresztve erősen vagy csekélyebb mértékben megmelegszik és megkeményedése is gyorsabb vagy lassúbb; fajsúlya ritkán haladja meg a 3%-ot, és izzítás alatt 5%-nál kisebb súlyvesztés következik be. Az alkalmas márgának égetése v. akna- v. Hofmann-féle kemencében történik; előbbiben rend szerint folytonos tüzelés mellett. A kemence szájába a márga és tüzelő anyagot rétegenként adagoljuk ezalatt a kész gyártmány a kemence aljáról kinyerjük. A helyesen vezetett égetésen kívül, a gyártott román cement minősége az őrléstől is függ. A minőség ami a térfogat állandóságot és szilárdságot takar, megállapított normatívumok alapján határozható meg. Román cement használható beton építkezéseknél ott, ahol felette nagy szilárdság nem szükséges. Alkalmas anyag az épület-homlokzat készítésére, mert a belőle készített vakolat ellenálló képessége nagyon jó.

Az elsősorban historizáló és Art Nouveau épületek homlokzatának díszítésére használt római cement 7-20 perc alatt megköt és az időjárás viszontagságokat is elég jól tűri. Az első világháború idején kibontakozó modernista-funkcionalista építészet azonban gyakorlatilag teljesen eltüntette az építőanyag-iparból és ezzel lehetetlenné vált a korábbi homlokzatok pótlása, restaurálása is. Az újabb fajta Portland cement műemlékvédelmi szakemberek tapasztalata szerint nem tudta pótolni a legtöbb európai nagyvárosban meghatározó román cement homlokzatzdíszítést.

Portlandcement: „Mészkőből és agyagból előállítható 75-78% CaCO_3 tartalmú nyersliszt vagy iszap zsugorodásig való égetésével gyártják. Örölve vízzel hidraulikusan, azaz víz alatt is jól megszilárdul. Kezdetben az akkori kezdetleges őrlési technológiával előállított portlandcementek lassan kötöttek. A minőségi követelmények fokozódásával, illetve a gépipar fejlődésével lehetővé vált a finomabb őrlés is, miáltal gyorsabb kötés jelentkezett. Ennek megakadályozására vezette be, valószínűleg a német Michaelis, a gipszadagolást.” (A magyar cementipar története, 1970, 15. o.)

Olyan építkezéseknél, melyeknél a nagy szilárdság a főkövetelmény: portland cementet használnak. Némely román cement előállítására is alkalmas mész dúsabb márgák, magasabb hőfokig, azaz a fehér izzásig hevítve, összemennek és a megőrölés kezdetének jeleit magukon viselő, sötét-szürke kékesbe játszó kő darabokat adnak melyek megőrölve képezik a portland cementet. Az ennek gyártásához szükséges, különleges kémiai összetételű márgák azonban igen ritkák, és ahol előfordulnak is, ott se kellően tisztán, ami a megbízható gyártásnak fő feltétele, azért mesterséges úton állítjuk elő. A portland cement érdes tapintású, sötét-szürke, s kék-zöldes színű por, mely vízzel feleresztve alig, v. semmit sem melegszik meg, és rövidebb vagy hosszabb idő multával keményedik meg. A gyártáshoz szükséges nyers anyagok, lehetőleg tiszta, főképp magnézia-mentes mészkő és agyagnak a megfelelő arányban való keverése, száraz vagy nedves úton történik. Utóbbit iszapolásnak is nevezzük, ez a hatékonyabb, de csakis lazább, inkább kréta alakú mészköveknél alkalmazható. Elterjedtebb a száraz úton való keverés, amikor az előre megszárított darabos nyers anyagokat, megfelelő arányban keverve egyszerre történik a keverés folyamata. Ehhez az eljárásához a kristályos tömör mészkő a legjobb. Az együtt őrölt és többszöri szitálás által finomított és egyenletes keverékű por, vagy szárazon sajtolás, vagy

nedves úton dolgozzák fel. Szárítás után akna vagy Hofmann-kemencékben égetik. A helyesen égetett portland cement téglák sötét-szürke színűek, taplósan összetöppörödtek, a kezdő megolvadás jelét mutató, csengő üvegkemény darabok; ezeknek megőrlése meglehetősen nehéz művelet. A kész gyártmányt nagyobb mennyiségben folytonos összekeverés mellett, raktározzák. A helyes raktározás minden cementnek fokozza jó tulajdonságait, amiért portland cementet is, csak hónapokra terjedő raktározás után, és sohasem friss állapotban kell használni.

A portland cement minőségét befolyásoló tényezők: őrlés-finomság, térfogat-állandóság, kötő-erő és szilárdság stb. A portland cementet használnák olyan építkezéseknél, ahol első sorban nagy szilárdság és tömörség a követelmény; leginkább vízépitkezéseknél tesz igen jó szolgálatot. Szárazépítkezésnél a portland cement és fehér mész keveréke is használatban van ez igen jó habarcsot ad.

Natúrceement: „természetes 75-80% CaCO_3 tartalmú mészmárgából előkészítés nélkül állítható elő. Ilyen mészmárga van többek között Beocsinban, Dalmáciában és Belgiumban. ... Miután ennek a cementnek a gyártása kisebb önköltséggel járt, sokáig megtagadták az említett cement részére a portlandcement elnevezés használatát.” (A magyar cementipar története, 1970, 15. o.)

Salakcement: „A portlandcementhez kevert granulált kohósalak igen kedvezően befolyásolja a cement tulajdonságait. A salakkérdés különben hosszú ideig nagy vita tárgya volt. A tiszta portlandcement gyártói meg akarták akadályozni a kisebb önköltséggel előállítható kohósalak cementnek egyenértékűvé való elfogadását.” (A magyar cementipar története, 1970, 15. o.)

Transzok, vulkanikus tufák, puccolánok, szantorin föld: „Ezeket savanyú kiegészítő anyagoknak nevezzük (eredetileg a rómaiak ezeket nevezték caementumnak). Ugyanide tartoznak a rómaiak által használt, őrléssel előállított téglapor is. A ma még érvényes magyar szabvány ide sorolja a porszéntüzelésű kazánok pernyéjét is.” (A magyar cementipar története, 1970, 15. o.)

Hidraulikus pótlékok alatt olyan természetes vagy mestérséges anyagot értünk, melyek fehér mészhez keverve annak hidraulikus tulajdonságot adnak. A hidraulikus pótlékoknak hatása a bennük levő, oldható kavasavtól függ; ennek mennyisége szabja meg értéküket. A természetben előforduló ilyen anyagok: eruptív kőzeteknek tuffái; ilyenek a trassz, a puzziolan és santorin-föld, stb. Hidraulikus pótlékul használták még a vas olvasztó kemencék bázikus salakjait is; valamint égetett agyagokat pl. téglaport stb. Lisztfinomságra őrölt hidraulikus pótlékoknak méshidráttal gyárilag előállított keveréke adja a puzziolan cementet. Ez a használt pótló anyag szerint mint salak cement v. trassz cement stb. jön forgalomba. Ezen cementek fajsúlya rendszerint kisebb a 2,8-nál; izzítás alatt súlyuknak legalább is 10%-át veszítik; színük az alapanyag színétől függ; tapintatuk lisztes puha; vízzel felereszve nem melegeznek és igen lassan keményednek meg. A belőlük készített habarcs, a méshidráttal tartalom miatt, a kiszáradáskor hajlamos repedésre. Jó tulajdonsága, hogy a belőle készített beton vízbe öntve nehezen iszaposodik el.

Cementet tisztán igen ritka esetben használunk. Minden alkalmazásánál, hogy szilárdsága és egyéb jó tulajdonságai teljes mértékben érvényesülhessenek a cementnek háborítatlanul kell megkötni. Ilyenkor a lassan kötő cementek kerülnek előtérbe. A cement megkötése igen bonyolult kémiai folyamat, melynek az a lényege, hogy víz jelenlétében kalcium és alumínium szilikát dupla sók képződnek, 12-20% hidrátvíz is megköt. A megkeményedés folyamata alatt még mintegy 10-25% szén-sav is felszabadul. A cement felhasználásakor gondoskodni kell a megkötéshez szükséges víz jelenlétéről. Nagyobb vízmennyiség a cement megkötését lassítja; a sok víz a kötőerőt és szilárdságot csökkenti. Ezért a legjobb a cementet nem híg folyékony, hanem keményebb, de még kenhető péppé főlereszteni. A felhasznált víz minőségétől és hőfokától is függ a megkötés ideje. Romlott és igen kemény víz a legkárosabb; savanyú, sós és tengervíz a meg nem kötött cementre bomlasztólag hat, míg a megkeményedett cementre semmilyen hatást nem gyakorol. Magasabb hőfok a kötést gyorsítja, alacsonyabb lassítja. Fagy a szén lekötését lassítja, annak szilárdságát azonban észrevehetően nem csökkenti.

3. Kronológiai visszatekintés

i.e. 3000 Egyiptomban, a piramisok (1.sz. kép)építésénél szalmával kevert sarat, gipsz- , ill. mészhabarcst használtak a téglák összekötéséhez.



1.sz. kép A Gizeh-i piramisok

i.e. 800 A görögöknél, Krétán (2.-3.sz. képek) és Cipruson olyan mészből kevert habarcs volt elterjedve, ami keményebb volt , mint később a rómaiaké.



2.sz. kép Iraklion (Kréta). Modellkép a palotakomplexumról

3.sz. kép A knosszoszi palota fennmaradt része



i.e. III. századtól Kínában megkezdik a védelmi rendszer –ismertebb nevén a Nagy Fal-építését (4.sz. kép), ahol cementszerű kötőanyagot használtak.



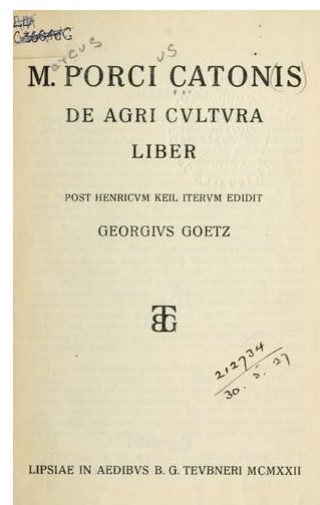
4.sz.kép A Nagy Fal egy részlete

Az ókori Rómában különböző szemnagyságú kötőrmelék, puzzolán – és kerámialiszt, homok, valamint égetett mész keverékéből állítottak össze anyagkeveréket az építkezésekhez. Az anyagot „opus caementitium”-nak nevezték, és alkalmazták falak, kupolák, templomok, víz és csatorna rendszerek, valamint utak építéséhez.

A finomra őrölt kiegészítő anyagok, pl.: puzzolán, téglá, vulkáni hamu, amelyek a mészhez adagolva megfelelő ideig történő nedvesen tartás után a szilárdulást biztosították „caementum”-nak nevezték.

A cementet először idősebb Cato (5.sz.kép)említi i.e. II. században (De Agric. IV,1 és 4, XVIII,7). Rómában elsőként a Porticus Aemilianánál bukkan fel, egy Tiberis melletti nagy raktárban, amelyet i. e. 197 után építettek.

A császárkori cementfalak tele vannak cserépdarabokkal és mozaikpadlólap-törmelékkel. Az aventinusi falszakasz cement töltésében a cikk szerzője márványtöredéket is talált, olyan anyagot, amit nem használtak Rómában az augustusi idők előtt. Így a fal mögötti cementvédmű valószínűleg nem eredeti. A cserépdarabokat és a márványtörmeléket arra használták, hogy a szükséges mennyiséget gazdaságosan ériék el.



5.sz. kép De Agric Cultura
Cato the Elder

Római utakhoz (i. e. 299 – i. u. 476 ,hossza 8500 km) Pozzolanai cementet használtak aminek az összetevői: összetört téglá; mész; téglapor, vagy vulkáni hamu. Ezt másként római cementnek is nevezik, és azért használhatták kötőanyagnak a rómaiak laikusként is, mert a cementpor egy Vezúv melletti bányából fejtve eredetileg is tartalmazott alumínium, és szilícium ásványokat (ezt pozzolana kőporának is nevezik), mint a mai mesterségesen előállított cementpor is.

Római cementet használtak még az utak mellett többek között a fürdők, a Bazilika, a Colosseum (6.sz. kép), a Pantheon és vízvezetékek építésére is. Ezen építmények a mai napig bizonyítják az építőanyag tartósságát.

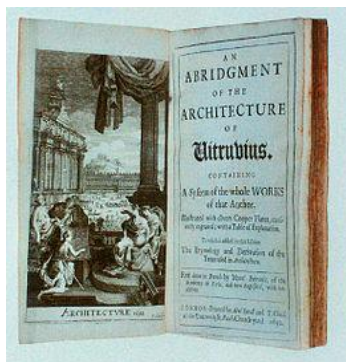


6.sz. kép Colosseum, Róma

Az építményekből vett minták $5-40 \text{ N/mm}^2$ szilárdsági értéket adtak, amelyek a mai „normál” betonnak felelnek meg. A Pantheon egy nagyon konstruktív betonozási technológiával épült, mert a kupola alja/széle vastag normál betonból készült, a közepe felé haladva egyre vékonyodik a szerkezet, és egyre kisebb sűrűségű betont is alkalmaztak, a kedvezőbb terhelési ellenállás miatt.

i.e. 273. Az itáliai Cosa település alapításakor kapuboltozatokat építettek, a fazsaluzat ma is felismerhető.

i.e. 27. Marcus Vitruvius Pollio építészeti könyvében (7.sz. kép) a habarcskészítés technológiáját ismerteti, valamint ismerteti a római cement összetételét (égetett mész és téglaliszt, vagy égetett mész és transz), valamint a beton tulajdonságait is tárgyalja.



Marcus Vitruvius Pollio (i.e. 80-70-15) római építész, hadmérnök és szakíró. Újabb feltételezés szerint Julius Caesar hadmérnökével, Mamurrával azonos. Vízvezeteket, hajítófegyvereket tervezett, egy Umbriában épített bazilikáját saját leírásából ismerjük.

Hírnevét a „De architectura libri decem” című, az építészetéről írt, Augustus császárnak ajánlott munkájának köszönheti, melyet tankönyvnek szánt. A könyvet 1414-ben egy svájci kolostorban fedezték fel, így a reneszánsz építészetre is nagy hatással lehetett. A mű tíz kötetre oszlik, az ókori építészet történetének egyik legbiztosabb alapja.

7.sz. kép A „De architectura libri decem”
1692-es angol kiadása

i.u. 65. Néro betont használ Róma újjáépítésére.

Középkor

A középkorban nem folytatódott, ami az ókorban elkezdődött, hanem ahogy az szinte minden a sötétség homályába süllyedt. Az előbb említett könyvvel fedezik fel ismét a betonba rejlő lehetőségeket.

Ebben az időben nem használták ezt a hidraulikus kötőanyagot. Az épületekhez agyag-, mész vagy gipszkötésű habarcsokat alkalmaztak. Kevés írásos emlék maradt fenn.

A feljegyzések a XVII. Század második felétől említik, hogy a rómaiak által feltárt bányákból újra elkezdenek tufát kitermelni, amit liszté őrölve égetett mészhez kevernek, hogy hidraulikus tulajdonsággal rendelkező kötőanyagot állítsanak elő.

- 1499. Fra Giocondo pozzolani habarcsot használ a párizsi Notre Dame oszlop kapcsolatainál.

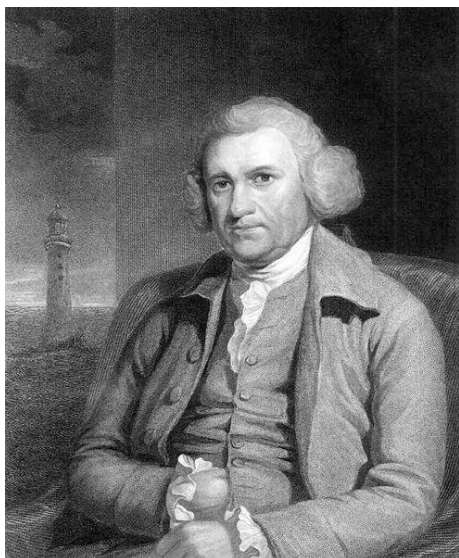
- 1678. Az angol Joseph Moxon (1627-1691) írt az égetett mész hidratációja során jelentkező hőfejlődésről ír.

- 1682. Az Eiffel-hegységben, a rómaiak által még az ókorban feltárt bányákból származó trachit tufát újból elkezdi használni gátépítésekhez Hollandiában.

- 1753. Bernard F. de Belidor (1698-1761) francia mérnök a közetszemcsékből és kötőanyagokból mesterségesen előállított, formázható anyagot „beton”-nak nevezi el.

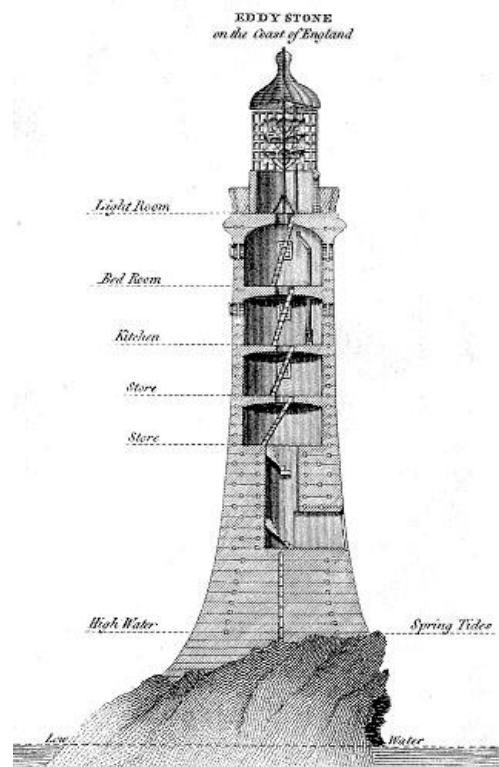
- 1779. Bry Higgins szabadalma: hidratált cement (stukkó) külső vakolat használatára; egy év múlva publikálta tapasztalatait: „Experiments and Observations Made With the View of Improving the Art of Composing and Applying Calcareous Cements and of Preparing Quicklime” címmel.

- 1791. Az angol John Smeaton – 8.sz. kép - (1724-1792) a hidraulikus mész előállításával kapcsolatos kutatási eredményeivel megalapozza a későbbi cement gyártását (az agyagtartalmú mész jobb, mint a tiszta égetett mész).



8.sz. kép John Smeaton (1724-1792)

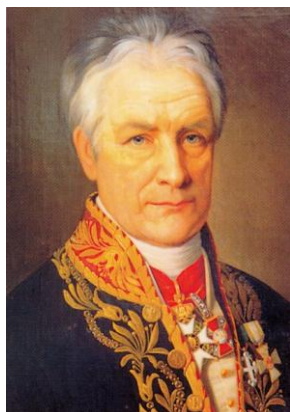
Megfigyelte, hogy agyagot tartalmazó mészkő égetésekor keletkező mész, víz alatt szilárdul. Korábban azt is megfigyelte, hogy meszet más anyagokkal kombinálva, sokkal szilárdabb anyagot kap. Ezen ismereteire hagyatkozva újjáépítette az 1756-ban épült Cornwall-i világító tornyot (9.sz. kép), Eddystone-ban, amelynél vízálló habarcsot használt. Az építmény tartóssága két Smeaton által továbbfejlesztett megoldás biztosította. Megalkotott egy pozzolana (pozzolán-föld, vulkanikus hamu) és mész keverékéből álló hidraulikus kötőanyagot, amelyhez hasonlót az ókori rómaiak már használtak, de készítésének módja birodalmuk bukása után eltűnt a köztudatból. Smeaton különböző helyekről származó alapanyagokkal kísérletezve felfedezte, hogy a legjobb és leginkább vízálló kötőanyagokban nagyobb mennyiségű agyag is található. Eredményei halála után, 1792-ben kerültek publikálásra, és az egyik legfontosabb lépést jelentették a modern cementek gyártása felé. Az építész másik, akkoriban egyedinek számító megoldása, márvány tiplik alkalmazása volt a kövek biztosabb rögzítéséhez.



9.sz. kép Smeaton világító tornya

1877-re az épület állaga odáig romlott, hogy új világítótorny építése mellett döntöttek. A szikla eróziója miatt a nagyobb hullámok csapásai alatt rázkódó toronyban 1882. február 3-án aludt ki végleg a lámpa. Még abban az évben a felső részét elbontották és egy részét két év múlva a Plymouth Hoe nevű halmon építették fel.

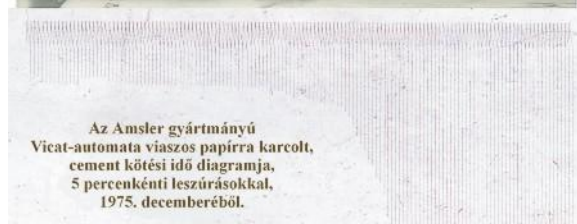
- 1796. James Parker hidraulikusan szilárduló terméket szabadalmaztat, amelyet „románcement”-nek nevez, és forgalmaz. Eredetileg a természetes mészmárga zsugorodási hőmérséklet alatti hőfokon történő égetésével álitott elő.
- 1800. A West Indian Dokk, egy brit kikötő építésénél használtak először nagy mennyiségű betont William Jessop tervei alapján.
- 1807. Kovács Mihály: „Chémia vagy a természet titka” című első magyar kémia könyv foglalkozik a „Tzément”, vagy „homokos mész” tulajdonságaival (mészhabarcs).
- 1810. Edgar Dobbs mészkőből és agyagból cementet égetett (portlandcement előfutára)
- 1811. J. Frast két rész krétából és egy rész agyagból készített cementet.
- 1812-1816 között épült Franciaországban a Souillac-i híd, az első betonhíd. Ennek a hídnek az építése során semmilyen vasalást nem használtak.
- 1813. A francia Luis-Joseph Vicat – 10.sz. kép - (1786-1861) kutatásai során megszerkesztette a kötésidő vizsgálatára, meghatározására szolgáló, ma is használatos készüléket (11.sz. kép).



10.sz. kép
Luis-Joseph Vicat
(1786-1861)



11.sz. kép
Vicat készülék



- 1818. Luis-Joseph Vicat (1786-1861) gyártási előírásokat ad ki a többféle ásványi nyersanyagokból készített termékek előállítására.
A nyersanyag arányok közététele (J.F.John-nal)
- 1818. Parker római cementje román cement néven eljut Amerikába.
- 1820. Magyarországon az „Ingenieurs Directív” részletesen szabályozza a vízálló habarcsok készítését. Az előállított gyártmányt „cementhabarcsnak” nevezi, a kötőanyag nem a mai definíció szerint román-, vagy portlandcement.
- 1822-ig Több próbálkozás és szabadalom született elsősorban angolok, franciák, amerikaiak részéről, többféle cementről, mészről, betonról. Ezek többé-kevésbé ugyanarról szólnak, felfedezték, hogy agyagot és meszet keverve, azt kiegészítve, víz alatt kötő építőanyagot hoznak létre. Ezt egymástól függetlenül is, vagy egymással párhuzamosan felfedezték, és sok szabadalom is született ezáltal.
- 1822. J. Frast szabadalmat kap a két rész krétából és egy réz agyagból készített (1811) cementre.
- 1824. Az angol Joseph Aspdin (1778-1855) szabadalma: magas agyagtartalmú nyersanyagból románcementet állít elő, a Portland-félsziget szikláihhoz hasonló színe miatt „portlandcement”-nek nevezi.

1825. Az orosz J.E. Cselijevnek kiadja orosz nyelvű könyvét a cementgyártásról.
1829. A cement kötésejének meghatározása (L.Vicat)
1836. Az első szisztematikus szilárdsági eljárások rögzítése Németországban.
- 1839-1849 Hazánkban a Lánchíd alapjaihoz beocsini mészkőből periodikus lángtüzelésű aknakemencében égettek és golyósmalomban őröltek románcementet a Magyar Tudományos Akadémia mai épületének telkén, miután kísérletekkel meggyőződtek annak alkalmazhatóságáról. Mihalik János a Ferenc József zsilip építéséhez égette a helyszínen a románcementet kamenicai márgából (1854.)
1843. William Aspdin (1815-1864) tökéletesíti a románcement gyártását. Néhány forrás őt tekinti a portlandcement feltalálójának.
1844. J.C. Johnson előállítja a mai értelemben vett portlandcementet, mészkő-agyag keverék zsugorodásig történő égetésével.
1846. A főti templom (Ybl Miklós) alapozásánál betont alkalmaztak.
1848. William Aspdin építette az első gyárat London közelében, amely a mai fogalmak szerint portlandcementet gyártott.
1851. Húzó-, nyomóvizsgálatok pontosítása.
- 1852-53. W.T. Clark (12.sz. kép) Londonban kiadott könyvében olvasható adat, hogy a Lánchíd építéséhez (1839-1849) márgából épített kőanyagot használtak.



12.sz. kép

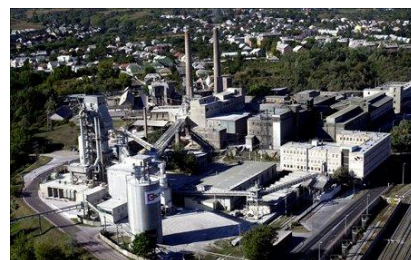
William Tierney Clark (1783-1852), a híd tervezőmérnöke

(A vízálló habarcs készítéséhez 5 tf. Rész hidratált meszet, 2,5 tf.rész őrölt transzt, 10tf. Rész tiszta kvarchomokot, és 5,5 tf.rész Duna vizet használtak.)

1855. A francia Francois Coignet (1814-1888), három szabadalom tulajdonosa, amelyek tartalma:
- nagy mennyiségű beton készítéséhez keverőgépek alkalmazása,
 - a keverésnél a vízzel való „takarékoskodás”,
 - többször felhasználható zsaluzatok, beton tömörítése (döngöléssel).
1858. A pofástörő feltalálása az aprításhoz.

1860. Megjelenik Berlinben Mihalik János (1818-1892), a Ferenc József hajózó csatorna és zsilip építési felügyelőjének a hazai beton ismereteket összefoglaló könyve „Praktische Anleitung zum Beton-Bau” címmel, ebben igyekszik rendezni a terminológiai kérdéseket.
1861. Langen a kohósalak „rejtett” hidraulikus tulajdonságairól értekezik.
1867. Joseph Monier (1823-1906) szabadalmaztatja az általa már korábban feltalált (1849) vasbetont, vasbetéteket alkalmaz cementből készült beton megerősítésére.
1868. Látatlanban megalapítják a „portlandcement” gyárat.

A Látatlan Cementgyárat románcement gyártására alapították, és egészen 1900-ig ez volt az uralkodó termék. Nagy mennyiségben használták románcementet 1870-1910 között Budapest csatornázási és építési munkálatainál (Földalatti vasút, Gellért fürdő stb).



13.sz. kép Látatlan Cementgyár

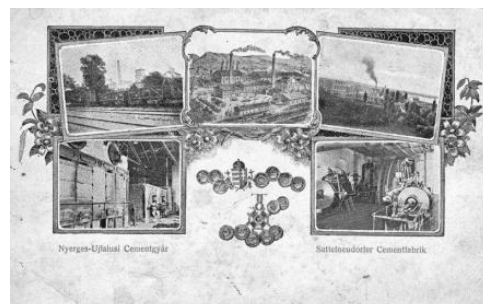
1869. Beocsini Cementgyár (Szerém vármegye, a mai Szerbia területén) alapítása. Több, kisebb románcementet gyártó üzem bázisán. Az akkori Magyarország legnagyobb cementgyára volt.



14.sz. kép Beocsini Cementgyár

1870. Nyergesújfalu Cementgyár megalapítása, 1925-ig termelt.

15.sz. kép Nyergesújfalu Cementgyár

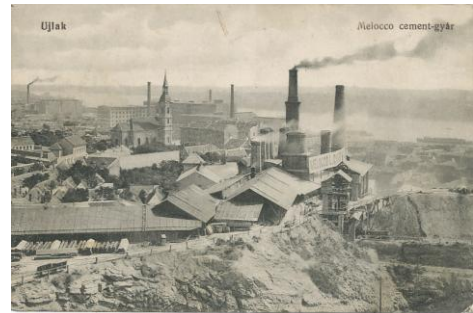


1871. David Saylor: az első amerikai szabadalom a portlandcementre vonatkozóan, az érdekesség, hogy a klinkert importálja.

1878. Németországban megjelenik az első portlandcement szabvány. A definíció azóta többször is változott. A minőségi követelmények mai szemmel nézve, rendkívül lazák voltak.

1880. Újlaki cementgyár indítása, 1929-ig.

16.sz. kép Újlaki cementgyár



1883. Henri L. Le Chatelier (13.sz. kép)pontosítja az elnevezéseket.



17.sz. kép Henri Louis Le Chatelier (1850-1936)

1885. Ransome szabadalmaztatja a forgókemencét, megépítése tíz év múlva.

1886. Ludwig von Tetmayer (1850-1905) ismerteti a kohósalak portlandcement gyártási technológiáját.

Le Chatelier a térfogatállandóság vizsgálata,
Kleinker fázisok felismerése
Húzó-, nyomóvizsgálatok.

1887. Módosítják –pontosítják- a német szabványt.

Le Chatelier ismerteti a cementszilárdulás kristályelméletét, és elnevezi a komponenseket: alit, belit, celit.

„Az elmélet szerint a hidrolízis és a hidratáció során először a klinkerásványok kristályai vízben oldódnak. A keletkezett oldatban végbemennek a kémiai átalakulások, amikor vízben rosszul oldódó termékek keletkeznek. Az oldat ezért telítetté válik, és először kolloid méretű kristálygócok, majd átkristályosodás révén sűrű túszerű kristályképződmények keletkeznek. A tús kristályok növekedésük közben egymásba fonódnak, s állványszerű váz-szerkezetet

alkotnak. Ezt a folyamatot nevezik „nemezelődés”-nek. A szilárdságot az így kialakult kristályváz okozza.” (Cementgyártás, 1964, 202.o.)

1890. A görömböly-tapolcai apátság területén (Miskolc) Weiskopf Adolf vállalkozó bányát nyit, és ezzel megalapozza a cementgyártás jövőjét is.

1889. Nendtvich Gusztáv „a hidraulikus kötőanyagok és a hazai cementgyárak” c. munkájában a hazai cementről és cementgyártásról ír.

1892. Csőmalom megjelenése, bevezetése a nagyobb őrlésfinomság, valamint a teljesítmény emelkedés érdekében.

1893. William Michaelis közzéteszi a cementszilárdulás gélképzési elméletét.

„Michaelis kolloid elmélete értelmében a szilárdulás a hidratációs folyamatok során létrejövő enyvszerű gélek keletkezésének köszönhető. A képződő kalcium-hidroszilikát, hidroaluminát és hidroferrit gélek először viszonylag nagy térfogatúak, mert sok vizet tartalmaznak, később azonban beszáradás közben zsugorodást szenvednek. Eközben az eredetileg különálló szemcsék enyvszerűen összetapadnak.

A szilárdulást ezen elmélet szerint tehát a gélek beszáradása és zsugorodása okozza.” (Cementgyártás, 1964, 202.o.)

1893. Dyckerhoff javasolja: $MgO < 5 \text{ m\%}$

1895. Ransome az USA-ban megépítette a forgókemencét és klinkerégetésre használta.

1897. A Magyar Mérnök és Építész Egylet kiadja a mai szabványoknak megfelelő előírást.

Az előírás (szabvány) címe:

„A habarcskészítésre használt kötőanyagok egységes elnevezése és a cementek egységes szállítására és megvizsgálására vonatkozó határozatok.”

A szabvány (határozatok) négy részből álltak. A második rész a románcementre, a harmadik rész a portlandcementekre (természetes és mesterséges) vonatkozik.

A magyar szabványok csak a 28 napos szilárdsági adatokra ír elő kötelező, minimális értéket.

Ludwig von Tetmajer ismerteti nézetét, amely szerint a térfogat-állandóságot főzőpróbával gyorsan meg lehet állapítani.

1898-tól Gipszkő adagolása a kötőszabályozáshoz.

XIX.sz. vége Alkalmazni kezdik a nedves őrlési eljárást.

1907. Vulkán cementgyár, Selyp indulása.

18. sz. kép Lőrinci-Selypi cementgyár

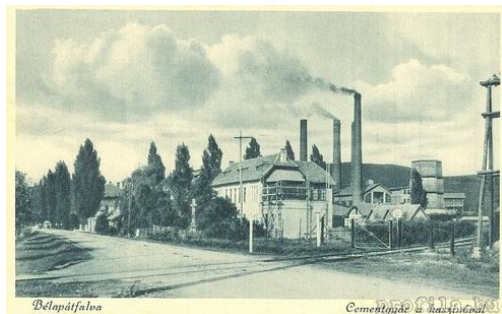


1908. Szabadalmaztatják Jules Bied, francia vegyész eljárása alapján, „Lafarge Fondu” elnevezés alatt a bauxitcementet (70-80% mészkő, 20-22%

agyag+bauxit)

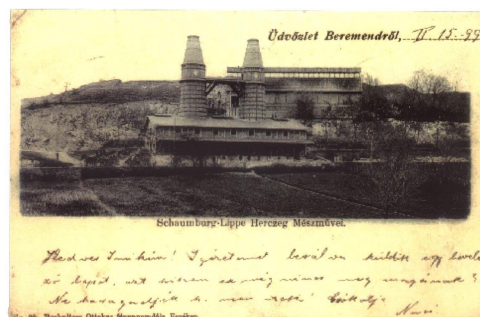
1908. Bélapátfalvi portlandcementgyár indulása.

19. sz. kép Bélapátfalvi
portlandcementgyár



1910. Bermendi Cement- és mészgyár Rt. megalakulása.

20. sz. kép Bermendi
Cement- és mészgyár



1911. MÁSZ Rt. felsőgallai portlandcementgyár indulása (Tatabánya)

21. sz. kép felsőgallai portlandcementgyár



1912. Az első bauxitcement gyártási kísérlet a Lafarge gyárban, néhány beépítésnél már az üzemi gyártás előtt alkalmazzák.

1915. A magyar szabvány módosítására vonatkozó javaslatok elkészülnek, amelyek a háború és az azt követő válság miatt nem kerültek napirendre.

1918. A bauxitcement forgalomba hozatala „Ciment Fondu” néven.

1919. F.Ferrari szabadalmaztatja a szulfátálló cementet.

1925. A nyergesújfalui Cementgyár bezárása.
1927. Fokozottan szigorítják a bauxitcement felhasználását Franciaországban. Ok: a beépítést követő mintegy tíz év elteltével jelentkező szilárdság csökkenés.
- A lábatlani cementgyárban megkezdik a bauxitcement gyártását.
1928. A cement kötéseidejének meghatározása, a Vicat készülék bevezetése.
- A Magyar Általános Kőszénbánya Rt., Tatabánya-Felsőgallán gyárt bauxitcementet, amely „Citadur bauxitcement” néven kerül forgalomba.
1929. Az Újlaki Cementgyár bezárása.
1930. Bélapátfalva, a fehércement gyártás kezdete, „Üstökös” néven forgalmazták. Gyártását később a selypi gyárba helyezték át.
- 1930-as évek Magyarországon Mihailich Győző is felfigyel a bauxitcement szilárdságcsökkenésére.
- 1930-as évek Terjed az iparosított betonkészítés.
1932. Lorrin Thomas Brownmiller (1902-1990), USA azonosítja a később róla elnevezett $\text{Ca}_4(\text{Al,Fe})_2\text{O}_{10}$, $\text{C}_4(\text{AF})$ komponenst.
1935. Megjelenik a magyar portlandcement szabvány (MOSz 32)
1937. Megkezdik a szulfátálló cement gyártását Lábatlanban, S54 megjelöléssel.
1942. Magyarországon korlátozzák a bauxitcement hazai gyártását.
1943. Franciaországban előzetes engedélyhez kötik a bauxitcement alkalmazását, lényegében megszűnik a beépítés.
1945. Powers a cementszilárdulás korábbi két elméletét egyesíti.
1949. Magyarországon megszűnik a bauxitcement gyártás.
1953. Megjelenik a háború utáni új magyar szabvány. Az MSZ 4702-53 sz. szabvány kiegészítése:
- 523-53: A cementek fizikai és mechanikai vizsgálata
 - 523-22: Vegyvizsgálati módszerek
 - 4706-53: Savanyú cementkiegészítő anyagok
 - 4707-53: Bázikus cementkiegészítő anyagok
- 1960-70-s évek Előtérbe kerül a transzportbeton alkalmazása.
1960. Először készül transzportbeton Magyarországon az Árpád-híd pesti hídfőjénél lévő betongyárban.

- 1963. A magyar cement- és mészipar új szervezeti formája. Megalakul a Cement- és Mészipari Országos Vállalat.
- 1966. A Szilikátipai Központi Kutató és Tervező Intézet (SZIKKTI) megalakulása.
- 1970. Franciaországban feloldották a bauxitcement alkalmazásának tilalmát. A bauxitcement után megjelentek az aluminátcementek is, -(timföldcement- pl. tűzálló anyagok gyártására használták és használják ma is. EN 197-10:1997 „Calcium-aluminát cement”).
- 1972. Képlékeny habarcsvizsgálatok.
- 1977. Tamás: „a hidratáció polimerizációs folyamat”.
- XX. sz. vége A nanotechnológia megjelenése a betontechnológiában.

4. Cementgyártás Magyarországon

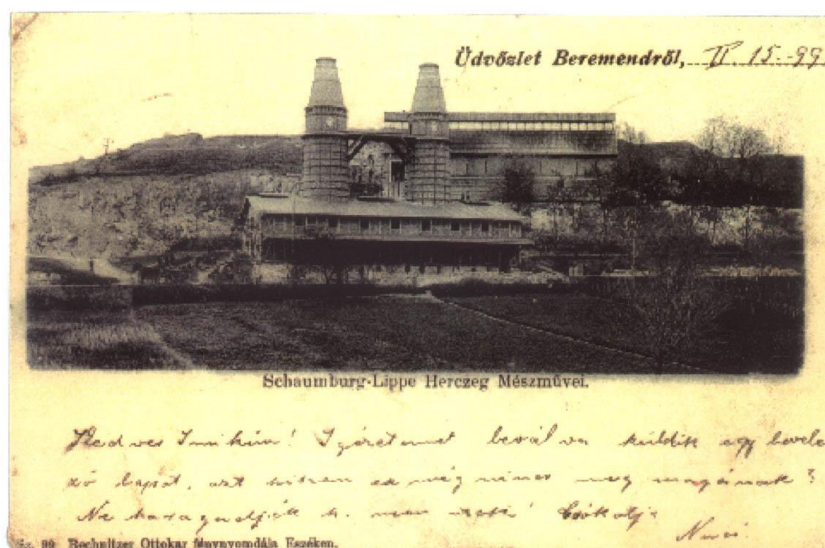
Az előző fejezetben történt már utalás a cementgyártás hazai – magyarországi – vonatkozásaira, mégis érdemes egy kicsit részletesebben ismertetni a történelmi múltat, illetve a jelenlegi állapotokat.

A magyarországi cementgyártás az 1800-s évek közepétől datálható, a különböző irodalmi források két helyet is említenek első cementgyártó helyként: Beocsint és Mogyoróskát. Ez utóbbi üzem – függetlenül attól, hogy termékei Amerikába is eljutottak, 1934-ben bezárt. Tulajdonképpen pár kivételtől eltekintve ez a jelenség elmondható több cementgyárra is. A beocsini gyár (14.sz. kép) cementje is nagyon kedvelt volt, melyből szállítottak külföldre is. 1918-ig ez a gyár volt az ország legnagyobb cementgyára.



22.sz. kép A beocsini cementgyár korabeli felvétele

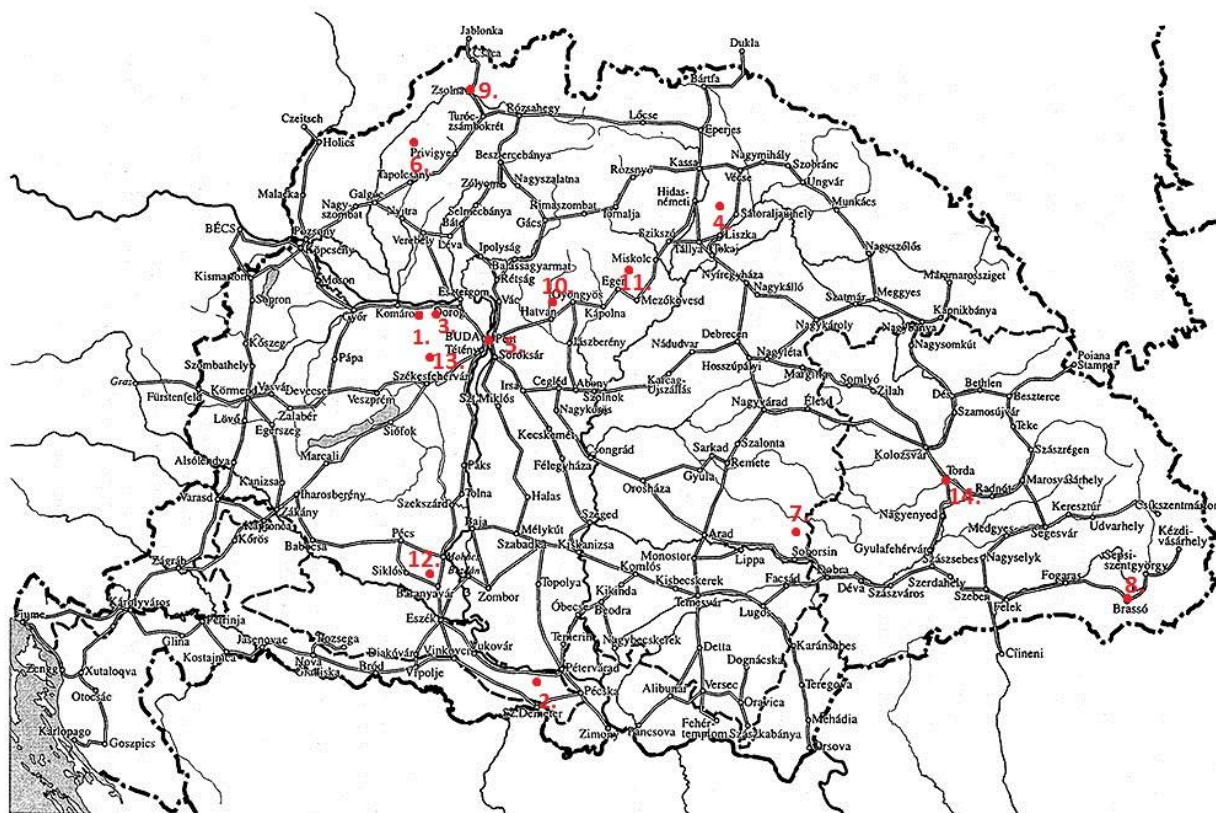
A korszerű üzemek létesítése a Bélapátfalvi Cementgyárral kezdődött 1908-ban. A cementgyár felszereléséhez a gépeket Németországból szállították és ekkor épült ki az Eger-Putnok között vasútvonal is. A Beremendi Cementgyárat (15.sz.kép) 1909-ben alapította Schaumburg-Lippe herceg. A berendezések hajtását és villamosenergia-igényét saját gőzgépekkel látták el.



23.sz. kép A Beremendi cementgyár (korabeli felvétel)

Az alábbi felsorolás ismerteti, az 1.sz. ábrán igyekeztünk feltüntetni a századelő magyarországi cementgyárait, amelyek földrajzi elhelyezkedését a sz. ábra mutatja be.

- | | |
|------------------|--|
| 1860-1870 között | 1. Lábatlani cementgyár |
| | 2. Beocsini cementgyár |
| | 3. Nyergesújfalvai cementgyár |
| | 4. Mogyoróskai cementgyár |
| 1880. | 5. Újlaki (Óbudai) cementgyár |
| 1889. | 6. Lédeci cementgyár |
| 1885-94 | 7. Gurahonci cementgyár |
| XIX. sz. vége | 8. Brassói cementgyár |
| 1900. | 9. Zsolnai cementgyár, Litvailló |
| 1907. | 10. Vulkán cementgyár, Selyp |
| 1908. | 11. Bélapátfalvai portlandcement gyár |
| 1910. | 12. Beremendi Cement- és Mészgyár Rt. |
| 1911. | 13. A Magyar Általános Kőszénbánya Rt.
felsőgallai portlandcement gyára |
| 1914. | 14. Tordai cementgyár |



1.sz. ábra Magyarországi cementgyárak a XIX. sz. elején

A különböző gyárak, így a cementgyárak létesítése is hatott a környék infrastruktúrájára, iparára, valamint a lakosság életszínvonalára. A gyárak környékén kiépült a vasút-, villanyhálózat.

Irodalmi források szerint 1920-t követően Magyarországon 7 cementgyár működött, melyek jelentős kapacitással rendelkeztek (évi 660.000 tonna). A termelés a következő években jelentősen visszaesett, és csak a II világháború után kezdett nőni ismét. A rendszerváltás után, illetve jelenleg a hazai cementgyártás, cementipar jelentős része három külföldi cég tulajdonában van.

Tekintettel arra, hogy a Műszaki Alaptárgyi Tanszék szorosabb kapcsolatot épített ki a Holcim – céggel, így az érdekeltségébe tartozó cementgyárak rövid történetét kutattuk fel, illetve ismertetem.

Holcim magyarországi cementgyártásának története két szálon fut: a miskolci és lábatlani cementgyártás múltja szolgáltat alapot jelenünkhöz.

Lábatlani cementgyár története

(forrás: cementvilág, 2008. november-december)



24.sz.kép A lábatlani cementgyár

- 1868. Konkoly Thege Balázs, komáromi földbirtokos megalapította a lábatlani cementgyár elődjét Dunavölgyi Mészművek néven.
- 1871. Konkoly Thege Balázs társult Hanning Mátyás kereskedővel. A gyár új neve Lábatlani Vízhatlan Mész és Cement gyár.
- 1872. Wendland Károly több mint negyedévszázadon át igazgatta a cementgyárat. Felesége, Rogge Márta a gyártulajdonos lánya volt.

1876. A Rogge testvérek két kis aknakemencével, majd egy évvel később egy nagy aknakemencével bővítették az üzemet.
1978. A teljes gyárat gróf Roon Albrecht porosz hadügyminiszter megvásárolta, és üzemelteti „Gróf Roon Portland és Románcement Gyára” néven.
1890. A magyar Weisenbacher Endre megvette a céget.
1892. A „Holzspach és fia” cég egyesül a Weisenbacher céggel, „Egyesült Téglá- és Cementgyár Rt.” néven.
1900. Egyesítik a gyárat a Lábatlani Magyar Lössztégla és Mészgyárral.
- 1903-1906. Megkezdik az első és második forgókemence megépítését.
1904. Működésbe lépett az ország első forgókemencéje.
1906. Kötélpályát építettek a gyár és Bersek, valamint Bersek és Martonkút között, és beindul a második forgókemence.
1914. Magyarországon elsőként itt kezdődött meg a portlandcement gyártása, kezdetben száraz eljárással.
1848. ápr.22. A lábatlani cementgyár állami tulajdonba került. Az üzem első munkásigazgatója Sági József volt. A gyár neve a Lábatlani Cement- és Mészművek Nemzeti Vállalata lett.
1952. Megkezdődött a lábatlani cementgyár történetének legnagyobb rekonstrukciója.
1990. A svájci Holderbank részesedésével létrejött a Lábatlani Cementipari Kft. Megkezdődtek a környezetvédelmi beruházások – mint az új elektrofilterek üzembe helyezése és a nedveskemence optimalizáció.
2005. A Holcim Csoport tagja, a Holcim Hungária Zrt. Új cementgyár építését tervezi Nyergesújfalun, melynek megnyitása után a lábatlani cementgyárban megszűnik a termelés
2008. Megkezdődnek a Nyergesújfalun az új cementgyár építésének előkészületei.

Miskolci (hejőcsabai) Cementgyár



24.sz.kép Miskolci Cementgyár (2011)

1890. A görömböly - tapolcai apátság területén Weiskopf Adolf vállalkozó bányát nyitott, s ezzel megalapozta a cementgyártás jövőjét is.
1953. Megindult az aknakemencés klinkerégetés.
1961. Megkezdődött a puccolán cement gyártása.
- 1971-75 Új korszerű gyár építése.
1975. Az új gyár napi 4000 tonna klinker, és 5000 tonna cementkapacitással megkezdte működését.
1989. A miskolci gyár privatizációja.
1990. A Holcim jogelődje a Holderbank AG megállapítja a társaság jogelődjeit a privatizáció időszakában.
1998. Létrejön a Transbeton Kavicstermelő és Betonszállító Rt., röviden Transbeton Rt. a jogelődök a transzbeton előállítására szakosodott Transbeton Kft., valamint a kavics kitermelésre szakosodott Főka Rt. egyesítésével.
2000. A két gyár (Lábatlan és Miskolc) egyesül.
2001. Az egyesülés felveszi a Holcim nevet.
2005. A Holcim Beton Rt. Holcim Hungária Zrt-be való beolvadása.
2006. A Holcim Hungária Cementipari Rt. zártkörűen működő részvénytársasággá alakul. Neve: Holcim Hungária Zártkörűen Működő Cementipari Részvénytársaság, röviden: Holcim Hungária Zrt.
2007. júl. Az Rt.-be 100%-ban integrálódott a Pannonbeton Kft.



25. sz. kép Magyarország fő égetett mész és cementipari mészkő lelőhelyei

5. Összefoglalás

Dolgozatomban az egyik legismertebb kötőanyag – a cement -, és annak gyártási ipari múltját dolgoztam fel. Tekintettel arra, hogy a történelem folyamán többször is változott a cement fogalma, így egy rövid terminológiai értelmezést adtam.

A dolgozatom első részében a cement és érintőlegesen a cementgyártás kialakulását, fejlődését ismertetem az ókortól napjainkig. A világtörténeti felsorolásban szerepelnek a magyar vonatkozású adatok is, amelyek lényegében az 1800-s évekből erednek. A szigorú történelmi kronológiát néhány helyen kisebb, az adott évszámhoz, eseményhez kapcsolódó információkkal egészítettem ki, mint pl.: a ma már nem látható Cornwall-i világító torony (John Smeaton) rövid története.

Dolgozatom második felében a magyarországi cementgyártást ismertetem a kezdetektől – 1800-s évek közepe - napjainkig. Az általános történeti fejlődésen túl, részletesen foglalkozom az egyik hazai cementgyártó céggel – HOLCIM -, amelynek oka, hogy az YBL Miklós Építéstudományi Kar Műszaki Alaptárgyi tanszéke szoros együttműködésben van, melynek eredményeként többek között egy szakmai kiadvány szerkesztésében veszünk részt.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton is köszönetemet fejezem ki

témavezetőmnek, **Leczovics Péternek** – Műszaki Alaptárgyi Tanszék,

Pluzsik Tamásnak a HOLCIM Hungária Zrt munkatársának,

valamint

Takács Sándornak, a Műszaki Alaptárgyi Tanszék oktatójának

Felhasznált irodalom:

http://www.kislexikon.hu/cement_a.html

<http://hu.wikipedia.org/wiki/Cementement>

<http://betontelep.hu/erdekes/a-beton-tortenete-hogyan-is-kezdodott/#more-18>

www.betonopus

Cementvilág, 2008. november-december

Cement-beton kisokos 2008. Holcim

Cement-beton Zsebkönyv, 2007. Duna-Dráva Cement Kft.

Dr. Bereczky E., Dr. Reichard E.: A magyar cementipar története, SZIKTI, Bp. 1970

Koltai I., Dr. Mihócs F., Riesz L.: A cementipar története,

Magyar Cementipari Szövetség, 2008

<http://matse1.matse.illinois.edu/concrete/hist.html>

Vincze Ádám: A vasbeton története (tanulmány) BMGE

Dolezsai K.-Pauka I.: Cementgyártás, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1964

Dr. Balázs Gy.: Építőanyag praktikum, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1983

Dr. Pásztor R.: Betonadalékszerek ÉTK, Bp. 1984

<http://www.c3.hu/~klio/klio991/klio065.htm>

http://gyujtemeny.vatera.hu/kepeslap_fenykep/magyarorszag/1920_elott/beocsini_cementgyar_1913_1669849109.html