

302.935

# ÉPÍTŐANYAG

*A SZILIKÁTIPARI  
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET  
FOLYÓIRATA*

8

*16. ÉVFOLYAM • BUDAPEST, 1964. AUGUSZTUS*

2

## A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

A mész- és cementipar,  
az üvepipar, a finom-  
kerámia-, a téglá-, cserép-  
és kőbányaipar tudományos  
szakirodalmi folyóirata

\*

Főszerkesztő:

Dr. Korach Mór

\*

Szerkesztő:

Hinsenkamp Alfréd

\*

Szerkesztőbizottság:

Dr. Beke Béla

Dr. Déri Márta

Erdély Imre

Dr. Grofcsik János

Kemény István

Dr. Knapp Oszkár

Lohner Ernő

Dr. Soltész Gáspár

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

\*

Szerkesztőség:

Budapest, V., Szabadság  
tér 17

Telefon: 124-438

\*

Kiadja:

Műszaki Könyvkiadó,

Budapest, V.,

Bajcsy-Zsilinszky út 22

Telefon: 113-450

\*

Felelős kiadó:

Solt Sándor

Megjelenik havonként

Index: 25.258

## TARTALOMJEGYZÉK

	Oldal
<i>Tamás Ferenc—Révay Miklósné</i> : Szabad mésztartalom meghatározása portlandcementben .....	277
<i>Dolezsai Károly—Révay Miklós</i> : Alumínátcement kezdőszilárdságának előrebecslése .....	284
Herend .....	288
<i>Karl Bergt</i> : A kohósalakok MgO-tartalmának hatása a kohósalakcement szilárdságára .....	290
<i>Nemeskéri Gézáné</i> : Adalékanyagok önszilárdságának meghatározása egyszerű vizsgálati módszerek segítségével .....	295
<i>Moser Miklós</i> : Kerámikus kötési köszőrűszerszámok minőségi és szerkezeti kérdései .....	300
Szabadalmi Szemle .....	312
Az Építésügyi Dokumentációs Iroda külföldi lapszemléje .....	313
Egyesületi élet .....	315

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<i>Тамаш Ференц—Реваи Миклошне</i> : Определение содержания свободной извести в цементе .....	277
<i>Долежаи Карой—Реваи Миклош</i> : Предварительный расчет начальной прочности глиноземистого цемента .....	284
<i>Бергт, Карл</i> : Влияние MgO, содержащейся в шлаке, на прочность шлакопортландцемента .....	290
<i>Немешкери Гезане</i> : Определенае самоустойчивость добавек с помощью простыл методов испытаний .....	295
<i>Мозер Миклош</i> : Вопросы качества и структуры точильных инструментов на керамической связке .....	300

## INHALT

	Seite
<i>Tamás, Ferenc—Frau Révay</i> : Bestimmung des freien Kalkgehaltes im Portlandzement .....	277
<i>Dolezsai, Károly—Révay, Miklós</i> : Vorangehendes Abschätzen der Anfangsfestigkeit vom Aluminatzement .....	284
<i>Bergt, Karl</i> : Wirkung des Magnesiumoxydegehaltes der Schlacke auf die Festigkeit des Hochofenschlackenzements .....	290
<i>Frau Nora Nemeskéri</i> : Einfache Methoden zur Bestimmung der Festigkeit der Zuschlagstoffe .....	295
<i>Moser, Nikolaus</i> : Struktur- und Qualitätsfragen der keramisch gebundenen Schleifgeräte .....	300

## CONTENTS

	Page
<i>Ferenc Tamás—(Mrs.) Susan Révay</i> : The Determination of Free Lime Content in Portland Cement .....	277
<i>Dolezsai, Károly—Révay, Miklós</i> : The Estimation of the Early Strenth of High Alumina Cement .....	284
<i>Karl Bergt</i> : The Effect of Magnesia Content of Blastfurnace Slags upon Strenth of Blastfurnace Slag Portland Cement .....	288
<i>Nora Nemeskéri (Mrs)</i> : The Determination of Self-Strength of Concrete Aggregates by Simple Methods .....	295
<i>Miklós Moser</i> : Some Quality and Structure Questions of Grinding Wheels of Ceramic Bond .....	300

# ÉPÍTŐANYAG

16. ÉVFOLYAM 8. SZÁM

## Szabad mésztartalom meghatározása portlandcementben

TAMÁS FERENC—RÉVAY MIKLÓSNÉ

(Építőanyagipari Központi Kutatóintézet, Alapkutatási Osztály, Budapest)

### Bevezetés és irodalmi összefoglalás

A cement szabad mésztartalma duzzadást okoz, ezért a jóminőségű cementtel szemben támasztott egyik legfontosabb követelmény a minimális szabad mésztartalom. A szabad mésztartalom analitikai meghatározásának kutatása a tudományos cementkutatással egyidős. Az alábbiakban röviden ismertetjük a kérdéssel kapcsolatos irodalmat, összefoglalva az elért eredményeket.

A szabad mésztartalom meghatározására szolgáló eljárásokat két nagy csoportba oszthatjuk. A szabad mésztartalom meghatározható *fizikai*, illetve *fizikai-kémiai úton*, pl. a cement röntgen-diffraktometriai vizsgálata útján. Mind a szabad CaO, mind pedig a szabad Ca(OH)<sub>2</sub> jellegzetes, éles röntgeninterferenciát ad; a reflexió erősségéből a szabad CaO, illetve Ca(OH)<sub>2</sub> tartalom kiszámítható (Brunauer—Copeland—Bragg, 1956). Tulajdonképpen ez az egyetlen pontos és megbízható eljárás, hiszen ezzel mind a szabad CaO, mind pedig a szabad Ca(OH)<sub>2</sub> *in situ* meghatározható, üzemellenőrzésre azonban hosszadalmassága miatt sem alkalmas, ezenkívül a világ cementgyárainak túlnyomó többségében diffraktométer nem áll rendelkezésre. Ugyancsak ebbe a csoportba tartozik a szabad kalciumhidroxid kiszámítása a klinker izzítási veszteségéből (feltételezve azt, hogy az egyetlen súlyvesztéssel járó folyamat a Ca(OH)<sub>2</sub> bomlása).

Ha klinkerről van szó, akkor 110°-on végzett szárítás után a 1000°-on mért izzítási veszteségből számítható ki a szabad Ca(OH)<sub>2</sub>-tartalom; cement esetében a szárítást 200—250°-on kell végezni, hogy a gipszkő víztartalmát is teljesen elűzzük. A szabad kalciumhidroxid-tartalom az előbbinél nagyobb pontossággal határozható meg súlyvesztési görbék 480—550° közti szakaszából, illetve derivatogramok TG görbéjéből (Tamás—Liptay, 1962), vagy olyan módon, hogy a 350—600° között felszabaduló vízmennyiséget valamilyen nedvszívó anyaggal (pl. kalciumkloriddal, foszforpentoxidal vagy magnéziumperkloráttal) töltött elnyelőedénykében fogjuk fel és közvetlenül mérjük (Wallraf, 1958). A súlyvesztési görbékből természetesen csak a szabad Ca(OH)<sub>2</sub>-tartalmat lehet meghatározni; a szabad CaO meghatározását csak úgy lehetne elvégezni, ha sikerül olyan vegyi anyagot találni, mely csak a klinkerben, illetve cementben levő szabad mésszel

reagál, a kalcium-szilikátokkal és -aluminátokkal nem. Ilyen vegyszer Hayden és munkatársai szerint (Hayden—Hatschek, 1950; Hayden, 1956; Hayden, 1958) az etilalkohol, mely szokványos (nem víztelenített) állapotában 4% vizet tartalmaz. Ha tehát az előbb említett izzítási módszerrel meghatározzuk a cement szabad kalciumhidroxid-tartalmát, majd a cementet visszacsépegő hűtő alatt alkohollal forraljuk, az ismét kiszáritott anyag izzítási veszteségének növekedéséből a szabad kalciumoxidtartalom kiszámítható. Az izzítási veszteség meghatározása helyett természetesen itt is fel lehet használni a súlyvesztési görbék értékelésén, vagy a víz elnyelésén alapuló közvetlen módszert. Kiiler és Marmor (1963) szerint azonban már az alkohol víztartalma is hidratálja a klinkerásványokat.

Az etilalkoholos módszer átvezet a szabad mésztartalom-meghatározó módszerek második, az előbbinél lényegesen nagyobb csoportjához: a *kioldásos eljárásokhoz*. A kioldásos eljárások lényege az, hogy megfelelő oldószerrel vagy oldószerkeverékkel csak a szabad CaO, illetve Ca(OH)<sub>2</sub>-tartalmat oldjuk ki, majd az oldószer CaO-tartalmának vizsgálata útján határozzuk meg a kioldott mésztartalmat.

A kioldásos eljárások közös veszélye, hogy az oldószer nemcsak a szabad meszet oldja ki, de megtámadja a kötött állapotú mésztartalmat is. Ismeretes, hogy a cement túlnyomó többségében mésztartalmú klinkerásványokból áll. Még van tehát annak a lehetősége, hogy az oldószer a mésztartalmú klinkerásványok legapróbb szemcséit megtámadja és ezért a meghatározási eljárás során a valódinál nagyobb mennyiségű szabad mésztartalmat kapunk. Abban az esetben, ha a kioldás után az oldószernek nem CaO-tartalmát vizsgáljuk, hanem titrálással határozzuk meg a kioldott lúg mennyiségét, további veszély áll fenn: a cement alkálitartalmú vegyületei a legtöbb oldószerben igen jól oldódnak, így a kioldott alkálitartalom is titrálásra kerül. Döntő fontosságú tehát a megfelelő oldószer kiválasztása. A szabad mész minőségi kimutatására alkalmas oldószerrek, melyek tehát a szabad mésszel reagálva jellegzetes alakú kristályokat adnak (pl. fenol vagy szegfüölaj) erre a célra nem alkalmasak, mert a kioldás csak igen hosszú idő után válik teljessé. Az irodalomban sok vizsgálatot közöltek különböző oldószerre vonatkozóan, olyant azonban, mely a CaO-ra,

illetve  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -ra nézve specifikus volna, eddig még nem sikerült találni.

A *glicerin*, képlete  $\text{CHOH}(\text{CH}_2\text{OH})_2$  használatát elsőnek Emley (1915) ajánlotta; igen sokáig ez volt az egyedüli módszer a szabad mész kioldására. A glicerin által kioldott  $\text{CaO}$  többféle módon, pl. ammóniumkarbonátos titráással határozható meg. Rendszerint nem tiszta glicerinnel, hanem Lerch—Bogue (1930), Hanlitschek (1935), Bogue—Lerch (1934) nyomán glicerin-alkohol keverékkel történik a kioldás. A glicerin azonban nem jó oldószer (elsősorban azért, mert nagy viszkozitása miatt nem hatol mélyre). Humpola (1963) megállapította, hogy még nagy glicerinfelesleg esetében is sok szabad mész marad a már egyszer kilúgzott anyagban, mely a minta ismételt szét-dörzsölésével és glicerines kezelésével ugyan részben kioldható, de a légköri karbonizáció veszélye miatt még ez a hosszadalmas eljárás sem megfelelő. Ennek ellenére számos országban a glicerines eljárás ma is a szabványos szabad mész meghatározási módszer. A mész glicerines kioldása azonban előnyös módon használható fel kalciumszilikátok előállítására; a glicerin ugyanis az amorf állapotú kavasavat is oldja és így a legkülönbözőbb kalciumszilikátok, illetve vizes kicsapás után különböző kalciumhidroszilikátok nagy tisztaságban állíthatók elő a glicerines módszerrel (Tamás, 1960).

Az *etilén-glikol*, másnéven *etándiol*, képlete  $\text{HOCH}_2\text{—CH}_2\text{OH}$ , használatát Schläpfer és Bukowski ajánlották (Schläpfer—Bukowski, 1933; Bukowski, 1935). Az etilén-glikol a kalciumoxiddal reagálva kalciumglikolátot képez, mely savval titrálható. A legtöbb országban az etilén-glikolos eljárást szabványosították a portlandcement szabad mésztartalmának meghatározására.

A különböző nemzeti szabványok egymástól csak lényegtelen kérdésekben különböznek, pl. a titráló sav minőségében, a kilúgzás hőmérsékletében és idejében, valamint abban, hogy a kilúgzás után előírják-e a szuszpenzió leszűrését vagy sem (a szűrt oldatban az átesapás jobban észlelhető; szükséges továbbá a szuszpenzió leszűrése, ha a titrálást víztartalmú savval, pl. sósavval végezzük, mert a víz a jelenlevő trikálciumszilikátszemcséket megtámadva azokból újabb  $\text{CaO}$ -t szabadítana fel). A hazai szabvány (MSZ 525) a következő paramétereket írja elő: bemérendő cementmennyiség 1 g, oldószer tiszta vízmentes etilén-glikol, oldási körülmények: vízfürdőn egy órán át, gyakran rázogatva, oldás után szűrés nem kell, titrálás: abszolút alkoholban oldott 0,1 n benzooesavval, indikátor: fenolftalein- $\alpha$ -naftolftalein keverék. Számos szerző az etilén-glikolos eljárást tartja a legmegbízhatóbbnak. Humpola (1963) pl. rendszeresen változtatva az eljárás egyes paramétereit arra az eredményre jutott, hogy a legcélszerűbb oldási idő fél óra (rövidebb idő alatt az oldás nem teljes, hosszabb idő után fenáll a karbonizáció veszélye); a legnagyobb és ezért legpontosabbnak tartott eredményeket a 40—55°-os melegítés adta (alacsonyabb hőmérsékleten a glikol viszkozitása túl nagy, ezért rossz a kilúgozódás, magasabb hőmérsékleten a kalciumglikolát már

bomlik): a mintát legalább 5000  $\text{cm}^2/\text{g}$  fajlagos felületűre kell őrölni, hogy a kioldás teljes legyen. Az őrlés után — a karbonizáció veszélye miatt — a glikolos kioldást azonnal el kell végezni. A fenti feltételek betartásával Humpola szerint teljesen pontos eredményeket lehet kapni, bár Grzymek és munkatársai (Grzymek—Gustawowa—Majcher, 1963) szerint az eljárást a klinker alkáli-tartalmú fázisai zavarják.

Az *acetecetsavas etilészter*, más néven *etil-acetoacetát*, vagy *acetecetészter* képlete:  $\text{CH}_3\text{—CO—CH}_2\text{—COOC}_2\text{H}_5$  használatát elsőnek Franke (1941) ajánlotta. Az acetecetsavas etilészter (a továbbiakban röviden észter) enolát alakjában oldja a szabad  $\text{CaO}$ -t és  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -ot, de meglehetősen nagymértékben megtámadja a kötött kalciumoxidot is, elsősorban a trikálciumszilikátot, kisebb mértékben a dikalciumszilikátot. Ezen a hibán Franke szerint azzal lehet segíteni, hogy az oldathoz nagyobb mennyiségű *i*-butilalkoholt adagolnak. Az oldás az észter-alkohol keverék forráspontján történik; a forráspont etiléterrel csökkenthető. A kioldás után a szuszpenziót le kell szűrni, majd az oldatból a  $\text{CaO}$ -tartalom többféle módszerrel határozható meg: közvetlenül megtitráljuk az oldat lúgtartalmát valamilyen savval és a fogyásból számítjuk a  $\text{CaO}$ -tartalmat; az oldathoz oxálsav- vagy ammóniumoxalát oldatot adunk, a kapott  $\text{Ca}$ -oxalát csapadékot kimosás után kiizítjuk és a  $\text{CaO}$  mennyiséget gravimetrikusan mérjük; megtehetjük továbbá azt is, hogy a kapott  $\text{Ca}$ -oxalát csapadékot kénsavban oldva permanganometriával határozzuk meg a  $\text{CaO}$ -tartalmat. Az észteres eljárást is számosan tanulmányozták és ennek alapján többféle módosítás is született. A legbehatóbban Pressler és munkatársai vizsgálták meg az észteres módszert és annak variánsait (Pressler—Brunauer—Kantro, 1956; Pressler—Brunauer—Kantro—Weise, 1961). Fontos megállapításuk, hogy nem szükséges etilétert adagolni az oldószerkeverék forráspontjának csökkentésére, mert az éter elhagyása a megvizsgált 7 cementfajta esetében átlagban csak 0,09%-al, azaz egészen jelentéktelen mértékben növelte az eredményt. Felmerült az az aggály, hogy az észteres eljárás oldószerkeveréke könnyen bomlik; Pressler és munkatársai szerint a friss és a kéthónapos oldószerkeverék teljesen azonos eredményt adott, tehát ez az aggály nem indokolt. Az észteres eljárás során kapott oldat közvetlen titrálása, ill. gravimetrikus meghatározása útján kapott eredmények is jól egyeztek (az utóbbi módszer átlagban 0,06%-kal kisebb eredményeket adott). Az oldás idejének és az oldószer mennyiségének változtatása az eredményeket befolyásolta: a kapott eredmény annál nagyobb volt, minél hosszabb ideig tartott az oldás és minél nagyobb volt az oldószer mennyisége. Ha azonban ugyanazt a klinkermintát vizsgálták meg mondjuk 1, 3 és 6 órai oldás után, azt tapasztalták, hogy a kapott  $\text{CaO}$  mennyisége az oldási idő függvényében ábrázolva csaknem pontos egyenest adott; az egyenest hátrafelé meghosszabbítva a 0 óra oldási időre extrapolált, a valódinak megfelelő szabad mésztartalom megkapható (Time variation method, röviden *TVM*). Hasonló módon,

az oldószer mennyiségének változtatásával megkapható a zérus mennyiségű oldószernek megfelelő és a TVM módszerrel kapott eredménnyel jól egyező szabad mésztartalmat (Solvent variation method, röviden SVM).

A már említett szerzőkön kívül is sokan foglalkoztak az oldásos eljárások összehasonlító vizsgálatával. Általában azt találták, hogy az egyes eljárások eredményei igen nagy mértékben különböznek, különösen akkor, ha nem vízmentes cementet vagy klinkert, hanem hidratált cementet, kalciumhidroszilikátokat stb. vizsgálnak. Bessey (1938) pl. hidratált cementek vizsgálata során különböző módszereket alkalmazva ugyanazon minta esetén 10,7%—18,4% terjedő lekötetlen CaO-tartalmat kapott (a lekötetlen kalciumhidroxidot CaO-ra számítva). Assarson (1954) még részletesebb tanulmányokat végzett: négy különböző módszert vizsgált meg. Ezek a következők voltak: a glicerinalkoholos eljárás Brandenburg (1931) féle változata, melynek során az oldószerhez báriumkloridot és Dennis (1938) féle változata, ahol az oldószerhez stronciumnitrátot adnak akcelerátorként; a glikolos eljárás és az észteres eljárás.

Mindegyik oldószerrel több egymásutáni kioldást is végzett. Egy példa: azonos kiindulási anyag (hidroszilikát) esetén az egyes eljárások a fenti sorrendben egyszeres kioldás után a következő eredményeket adták: 11,5—13,0—16,5—18,5% lekötetlen CaO; négyszeres kioldás után: 13,6—15,4—20,5—22,6% lekötetlen CaO.

Pressler és munkatársai (Pressler—Brunauer—Kantro, 1956) szerint portlandcement esetében az észteres eljárás (közvetlen titrálással) általában egytized százalékkal nagyobb szabad CaO értékeket adott, mint az USA-szabvány szerinti glicerinalkoholos eljárás. Reprodukálhatóság szempontjából mindkét módszert egyformának találták; véleményük szerint az észteres eljárás minden szempontot összevetve valamivel kedvezőbb, mint a glicerinalkoholos módszer: rövidebb ideig tart, a kilúgzási időszak alatt nem igényel állandó felügyeletet, a szűrt oldatban az átcsapás igen éles. Hátrányt jelent, hogy az acetecetészter nehezebben szerezhető be, mint a glicerint, de előny, hogy nincs szükség a drága abszolút etilalkoholra, csak a lényegesen olcsóbban beszerezhető *i*-butilalkoholra.

Néhány külföldi szabvány által előírt szabad mésztartalom meghatározási eljárásokat az 1. táblázatban foglaljuk össze (a MSZH könyvtárában megtalálható szabványok alapján).

### Kísérleti rész

#### Anyagok

A vizsgálatokhoz az alábbi oldatokat használtuk fel, ill. készítettük:

#### Etilénglikol-oldószer

1,113 g/ml fajsúlyú, analitikai tisztaságú etilénlikol

A szabad mésztartalom meghatározási módszere néhány külföldi szabványban 1. táblázat

Ország és szabványjel	Oldószer	Oldás hőmérséklete	Oldás ideje	Megjegyzés
Szovjetunió GOCT 5382 .....	Glicerinalkohol	Forralva	2 óra	Nem kötelező
USA ASTM C 114 .....	Glicerinalkohol	Forralva	2 óra*	
Jugoszlávia JUS B. C8. 020 .....	Glicerinalkohol	Forralva	2 óra	BaCl <sub>2</sub> -dal gyorsítva
Chile INDITECNOR 2,30—26 ....	Glicerinalkohol	Forralva	1 óra	
Venezuela NORVEN 76—13 .....	Glikol	60—70°	1/2 óra	Szűrve
Csehszlovákia ČSN 72—2111	Glikol vagy Glicerinalkohol	60—65° 70° 95°	1/2 óra 20 perc 5 perc	
India** IS 1298 .....	Glicerinalkohol vagy Glicerinalkohol vagy Glikol	Forralva Forralva 60—70°	2 óra* 2 óra* 1/2 óra	BaCl <sub>2</sub> vagy NaCl-dal gyorsítva
Bulgária БДС 1937 .....	Észter	Forralva	1 óra	Közvetlen titrálás
NDK TGL 10 573 .....	Észter	Forralva	1 óra	Közvetlen titrálás
Argentína IRAM 1504 P .....	Fenol-alkohol	105°	8 óra	Szűrve

Megjegyzések: \*A forralás és titrálás után az egész vizsgálat megismétlendő, mindaddig, míg az egymás után következő eredmények egymástól csak 0,05%-kal térnek el

\*\*India nem írja elő a cementek szabad mésztartalmát, csak a duzzadásmérséket; az IS 1298 három tájékoztató, ill. ajánlott szabványt ad

**Észter-oldószer**

450 ml 1,025 g/ml fajsúlyú, vegytiszta acetecetsavas etilésztert összekeverünk 3000 ml analitikai tisztaságú *i*-butilalkohollal

0,1 n sósav-oldat

meghatározott mérőszámmal

0,2 n perklórsav-oldat

meghatározott mérőszámmal (21,8 ml 60%-os perklórsavat vegytiszta *i*-butilalkohollal 1000 ml-re töltünk fel. Az oldat mérőszámát a szokásos módon, pl.  $\text{KHCO}_3$ -ra kell beállítani)

0,1 n káliumpermanganát-oldat, meghatározott mérőszámmal

Fenolftalein

indikátor-oldat, 1%-os, alkoholos

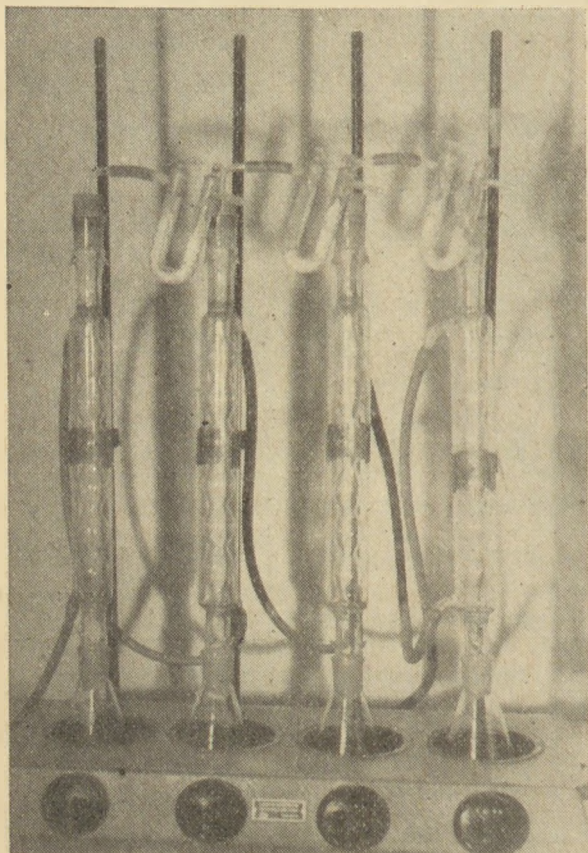
Timolkék

indikátor-oldat. 0,1%-os *i*-butilalkoholos timolszulfotalein-oldat.

Munkánk során részletes összehasonlító vizsgálatokat végeztünk 7 különböző, hazai gyártmányú portlandcementen. Üzemszerűen vizsgáltuk az Építőanyagipari Központi Kutatóintézetben előállított mesterséges klinkersárványokat és azok hidrátjait.

**Berendezés**

A glikolos módszerhez az analitikai laboratóriumok szokványos berendezésére van szükség (laboratóriumi üvegáru, vízfürdő, buretta, analitikai mérleg, stb). Az eljárást nagymértékben gyorsítja, ha a szűrést vákuum igénybevételével



1. ábra. Az észteres extrakcióhoz használt berendezés fényképe

gyorsítjuk. Az észteres módszerhez a fentiekén kívül normálesiszolatos üvegáru is szükséges, mert az oldószer a lombik és a hűtő összekapcsolására használt gumi- vagy parafadugót megtámadja. Ezért normálesiszolatos Erlenmeyer-lombikot és hozzávaló golyóshűtőt használtunk (OMKER-katalógus száma *T 1018*, ill. *T 1149*, 29/32 jelű esiszolattal). A vízmentesség biztosítására a hűtőt felülről kalciumkloriddal töltött U csővel zártuk le. Az oldószert elektromos főzőlapon forraltuk. A párhuzamos vizsgálatok lehetővé tételére négy vizsgálatot végeztünk egyszerre. Az 1. ábra a teljes extrakciós berendezést mutatja: látható, hogy a készülékhez négy munkahelyes Soxhlet-extraktor fűtőtestjét használtuk fel.

**Módszerek**

Vizsgálataink során összehasonlítottuk az etilén-glikolos eljárást és az észteres eljárás különböző változatait. Az alkalmazott módszerek leírását a következőkben adjuk meg.

**Etilén-glikolos eljárás.** A 0,09 mm-nél finomabbra örölt (4900-as szitán áthulló) minta 1 g-ját analitikai pontossággal 200 ml-es Erlenmeyer-lombikba mérjük, hozzáadunk 2–3 g, vegytiszta sósavval majd desztillált vízzel mosott kvarchomokot. A mintához — a várható szabad mésztartalomtól függően — 25–50 ml etilén-glikol-oldószert adunk, majd a lombikot bedugaszolva 55–60°-os vízfürdőn tartjuk, közben többször felrázzuk.

1 óra után a szuszpenziót *G3* jelű üvegszűrőtégelyben vákuum alatt leszűrjük, abszolút alkohollal néhányszor átmoszuk, majd a szűrletet fenolftalein jelenlétében 0,1 n sósav-mérőoldattal elszíntelenedésig titráljuk.

**Acetecetészteres eljárás.** A 0,09 mm-nél finomabbra örölt (4900-as szitán áthulló) minta 1 g-ját analitikai pontossággal 200 ml-es normálesiszolatos Erlenmeyer-lombikba mérjük, hozzáadunk 70 ml észteroldószert, a lombikra normálesiszolatos golyóshűtőt illesztünk, majd a hűtő felső végét kalciumkloridos szárítócsővel lezárva az anyagot 1 órán keresztül, visszacsépegetés közben forraljuk. 1 óra után a lombikot lehűtjük, *G3* vagy *G4* üvegszűrőtégelyben vákuum alatt átszűrjük, *i*-butilalkohollal néhányszor átmoszuk. Az így kapott szűrlet  $\text{CaO}$ -tartalmát háromféle módon határozhatjuk meg: (a) a szűrletet néhány csepp timolkék-indikátor jelenlétében 0,2 n perklórsav-mérőoldattal átmeneti színig titráljuk (*közvetlen titrálás*) (b) a szűrlethez 20 ml metilalkoholt, 5 ml vizet és 5 ml 1+4 kénsav oldatot adunk. A csapadékot leszűrjük, 1+4 metilalkoholos vízzel mossuk és 600–700°-on izzítjuk (*gravimetrikus eljárás*). (c) a szűrlethez 20 ml metilalkoholt, 20 ml desztillált vizet adunk és néhány milliliter ecetsavas telített ammónium-oxaláttal a kalciumoxalátot leválasztjuk. Másnapig állni hagyjuk, leszűrjük, mossuk, majd a csapadékot forró 1+5 kénsavval oldjuk, forrón 0,1 n káliumpermanganát mérőoldattal marandó rózsaszín színeződésig titráljuk (*közvetett titrálás*).

**Az eredmények és azok értékelése**

*Az észteres eljárás egyes paramétereinek vizsgálata*

Megvizsgáltuk az észteres eljárás időtartamának és az anyag/oldószer arányának befolyását a kapott szabad mésztartalom eredményre. A kísérletek csak tájékoztató jellegűek voltak: hejőcsabai klinkerminta 1—1 grammját vizsgáltuk meg 70 ml *n*-butilalkohol-acetecetészter keverékkel visszacsöpegő hűtő alatt különböző ideig forralva. A szabad mésztartalom meghatározások eredményei a következők voltak: 1 órás kilúgzás után 0,63, 3 órás kilúgzás után 0,69, 6 órás kilúgzás után 0,74%. Ha a kapott szabad mésztartalmat a kilúgzási idő függvényében ábrázoljuk, csaknem pontos egyenest kapunk (2. ábra); az egyenest a TVM-módszer szerint 0 órás kilúgzási időre extrapolálva megállapíthatjuk a valódinak tekintett szabad mésztartalmat. A kapott eredmény, 0,614% CaO azonban olyan kismértékben tér el az egy órás kilúgzás eredményétől, hogy a továbbiak során a TVM-módszert nem alkalmaztuk, hanem mindig egy órás kilúgzást végeztünk.

A fenti hejőcsabai klinker 1 grammos mintáját a szilárd anyag/oldószer arányának vizsgálatára 70 ml helyett 100 ml izobutilalkohol-acetecetészter keverékkel is oldottuk. A 6 órás kilúgzással kapott eredmény 1,14% volt, azaz eléggé nagymértékben eltér a 70 ml oldószer segítségével kapott 0,74%-tól.

Ez a tapasztalat arra tanít, hogy a szilárd anyag/oldószer arányt pontosan be kell tartani: célszerű az oldószerkeveréket pipettával adagolni és arra is törekedni kell, hogy a minta bemért tömege közel legyen az 1 grammhoz.

*Az észteres eljárás változatainak összehasonlítása*

Öt Magyarországon gyártott cement és az ÉaKKI-ban előállított két szintetikus klinkerásvány 1—1 grammjának 70 ml oldószerrel történő 1 órás kilúgzásával megvizsgáltuk azt, hogy az észteres eljárás háromféle változata (közvetlen titrálás, gravimetrikus módszer, közvetett titrálás alapján) kapott eredmény mennyire egyezik meg egymással. A kapott eredményeket a 2. táblázatban foglaltuk össze. A táblázat adataiból egyértelműen megállapítható, hogy az észteres eljárás mindhárom változata igen jól reprodukálható eredményeket ad és az eredmények egymás közt is jól megegyeznek. A további munka során ezért az észteres oldat 0,2 n perklórsavval történő

közvetlen titrálását használtuk, mint a legegyszerűbb, leggyorsabb és ezért üzemellenőrzési célokra legalkalmasabb módszert. A 2. táblázatban feltüntetett eredmények 2—2 mérés átlagából adódtak. Az egyedi mérések igen jól egyeztek, a különbség legfeljebb 1—2 századszázalék volt.

*Az észteres és a glikolos eljárás összehasonlítása*

A glikolos és az észteres eljárás összehasonlítása céljából megvizsgáltuk több, ismert összetételű cementminta, klinkerminta és szintetikus klinkerásvány szabad mésztartalmát az észteres eljárás közvetlen titrálás változata és a glikolos eljárás segítségével. (Az eljárások részletes leírását lásd *Módszerek* alatt). A 3. táblázatban megadjuk a kétféle eljárással kapott eredményeket; az eljárások reprodukálhatóságának tanulmányozására közöljük a párhuzamos mérések egyedi eredményeit, az átlagértékeket, a két módszerrel kapott értékek különbségét (*D*) (pozitív előjellel, ha a glikolos eljárással kapott eredmény nagyobb mint az észteres eljárást használva). A táblázatban — ha kiszámítható — feltüntetjük az *F-modulust* is; ennek magyarázatára később visszatérünk.

A 3. táblázat adataiból jól látható, hogy mindkét eljárás jól reprodukálható eredményeket ad: párhuzamos mérések adatai szépen egyeznek. Igen nagy azonban az eltérés a glikolos és az észteres eljárás eredményei közt; rendszerint a glikolos eljárás adja a nagyobb szabad mésztartalmat. Különösen feltűnik ez a szintetikusan előállított tiszta trikalciumaluminát esetében, melynél a glikollal kapott eredmény csaknem húszszorososa az észterrel kapott szabad mésztartalomnak! Portlandcementek esetében a különbség nem ilyen nagymértékű, de 80%-os különbség itt is előfordul. Néhány esetben, kis  $R_2O_3$ -tartalom esetében az is előfordul, hogy a *D* negatív előjelű, azaz az észteres eljárás adott nagyobb eredményt. Mindebből arra lehet következtetni, hogy a glikol az alumínátokat (ill. ferriteket), az észter a szilikátokat támadja meg nagyobb mértékben és a minta  $R_2O_3$  tartalmának döntő szerepe van a kétféle kilúgzószert viszonylagos hatására.

A kétféle oldószer hatását összehasonlítva felmerül a kérdés: melyik oldószer alkalmasabb a szabad mésztartalom meghatározására? Erre a

2. táblázat

**Az észteres eljárás változatainak összehasonlítása**

A minta jele	Szabad mésztartalom (százalékban)		
	közvetlen titrálással	közvetett titrálással	gravimetrikusan
Bélapátfalvi 500 .....	—	0,74	0,72
Tatabányai 600/A .....	1,60	1,57	1,54
Tatabányai 600/B .....	0,46	0,41	0,48
Selypi fehér .....	1,05	—	1,06
Hejőcsabai klinker ....	0,69	0,67	0,70
Szintetikus $C_2S$ .....	—	0,90	0,81
Szintetikus $C_3A$ .....	0,76	—	0,73



2. ábra. Összefüggés a mért szabad mésztartalom és a kilúgzási idő közt

3. táblázat

## A szabad mésztartalom-meghatározási módszerek összehasonlítása (%)

A minta jele	A glikolos eljárással kapott eredmények			Az észteres eljárással kapott eredmények			Különbség [D]	M <sub>F</sub>
	1. párhuzamos	2. párhuzamos	Átlag	1. párhuzamos	2. párhuzamos	Átlag		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Tatabányai klinker .....	0,49	0,48	0,48 <sub>5</sub>	0,65	0,65	0,65	—0,17	8,34
Hejőcsabai klinker .....	2,31	—	2,31	2,44	2,50	2,47	—0,16	8,49
Amerikai cement .....	0,16	0,16	0,16	0,24	0,24	0,24	—0,08	8,34
Bélapátfalvi 500-as cement .....	1,78	1,88	1,83	1,01	1,01	1,01	+0,82	6,73
Váci A cement .....	1,51	1,73*	1,51	0,95	0,93	0,94 <sub>5</sub>	+0,57	6,64
Váci B cement .....	1,25	1,20	1,22 <sub>5</sub>	1,07	1,07	1,07	+0,15	7,59
Osztrák cement .....	0,76	0,76	0,76	0,34	0,34	0,34	+0,42	7,61
Trikalciumaluminát .....	13,51	14,07	13,79	0,72	0,76	0,74	+13,05	—

\*Benzoosavas titrálással kapott eredmény ; az átlagszámításnál nem vettük figyelembe

kérdésre egyértelmű felelet adható: az észter, mert igaz ugyan, hogy a portlandcementben a szilikátok mennyisége az aluminátokét (ill. ferritekét) meghaladja, de a glikol kedvezőtlen hatása lényegesen nagyobb mértékű: sokkal erősebben támadja meg az aluminátokat, mint az észter a szilikátokat.

Az R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-tartalom hatásának vizsgálatára matematikai statisztikai számításokat végeztünk arra vonatkozóan, hogy a cement minőségére jellemző jólismert modulusokhoz hasonlóan létezik-e olyan modulus, mely a kétféle eljárással kapott szabadmész-értékek közötti különbségre [D] jellemző. Ennek során igen sokfajta lehetőséget vizsgáltunk meg olyan módon, hogy független változónak (X) a D különbséget, függő változónak (Y) a megvizsgált modulust vettük. A korrelációs együtthatót (r) a következőképpen számítottuk:

$$r = \frac{\Sigma x \cdot y}{\sqrt{\Sigma x^2 \cdot y^2}}$$

ahol x, és y az X, illetve Y értékének az átlagértéktől való eltérését jelentik.

A korrelációs együttható értéke zérus és ±1 közt változhat; zérus jelenti azt, hogy a vizsgált két változó közt egyáltalán nincs összefüggés, míg az egységnek megfelelő korrelációs együttható esetén függvénykapcsolatról van szó, azaz az egyik változó valamely értékéhez a másik változó pontosan megadott (és nem több-kevesebb valószínűséggel bekövetkező) értéke tartozik. Ha az r értéke a 0,5-öt meghaladja, jelentékeny, ha a 0,75-öt is meghaladja, szoros korrelatív összefüggésről beszélünk. Feltételeztük, hogy az a kiszámított modulus, mely valóban felelős a glikolos, illetve az észteres eljárás során kapott eredmények különbségéért, a legszorosabb korrelációt fogja adni.

A fenti megfontolások alapján számos modulust számítottunk ki és vettünk figyelembe a korrelációs számításnál. Azt tapasztaltuk, hogy a cementek minősítésére eddig alkalmazott modulusok egyike sem ad megfelelően szoros összefüggést. Számos új lehetőséget is átszámoltunk és azt találtuk, hogy az általunk F-modulusnak nevezett és M<sub>F</sub>-el jelölt hányados:

$$M_F = \frac{\text{CaO (súly \%)}}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ (súly \% )}}$$

figyelembevételével a korrelációs együttható, r = -0,95. Az összefüggés a glikolos és észteres eljárással kapott eredmények különbsége és az F-modulus közt olyan szoros, hogy valamelyik változó ismerete alapján a másik igen jó közelítéssel kiszámítható, ha a két változó összefüggését kifejező egyenletet ismerjük.

Az egyenletet a legkisebb négyzetek módszerével számítottuk ki, egyelőre csak egy ismeretlenes lineáris regressziót vettünk figyelembe, mert az eddigi eredmények alapján ez is elegendő közelítést ad. A későbbi munka során kapott adatok alapján esetleg szükségessé fog válni, hogy az egyenletet másodfokú taggal is kiegészítsük, az azonban lényeges változást nem fog hozni, csak kisebb jelentőségű finomítást.

A számítás elvégzése azt az eredményt kapjuk, hogy a glikolos eljárás és az észteres eljárás során kapott szabad mésztartalom különbségét (D%) az F-modulus ismeretében az (1) egyenlet, az ismeretében pedig az F-modulust a (2) egyenlet segítségével lehet kiszámítani:

$$D = -1,86 \cdot M_F + 8,09 \quad (1)$$

$$M_F = -0,54 \cdot D + 4,33 \quad (2)$$

## IRODALOM

- Assarson, G.: (1954) Zement-Kalk-Gips 7, 167.  
 Bessey, G. E.: (1938) Proc. Symposium Chem. Cements, Stockholm 285.  
 Bogue, R. H.—Lerch, W.: (1934) Ind. Eng. Chem. 26, 837.  
 Brandenburg, H. R.: (1931) Rock Products 34, 68 (No. 3).  
 Brunauer, S.—Copeland, L. E.—Bragg, R. H.: (1956) J. Phys. Chem. 60, 112, 116.  
 Bukowski, R.: (1935) Tonind. Z. 59, 616.  
 Dennis, J. W.: (1938) Rock Products 41, 43 (No. 12).  
 Emley, W. E.: (1915) Trans. Amer. Ceram. Soc. 17, 720.  
 Franke, B.: (1941) Z. anorg. allg. Chem. 247, 180.  
 Grzymek, J.—Gustawowa, K.—Majcher, W.: (1963) Cement-Wapno-Gips 18 (28), 93.  
 Hanlitschek, A.: (1935) Tonind. Z. 59, 556.  
 Hayden, R.: (1956) Zement-Kalk-Gips 9, 120.  
 Hayden, R.: (1958) Zement-Kalk-Gips 11, 458.  
 Hayden, R.—Hatschek, H.: (1950) Zement-Kalk-Gips 3, 36.



- Humpola, H.: (1963) *Stavivo* 41, 23.  
 Küller, M.—Marmor, S.: (1963) *Zement-Kalk-Gips* 16, 247.  
 Lerch, W.—Bogue, R. H.: (1930) *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 2, 296.  
 Pressler, E. E.—Brunauer, S.—Kantro, D. L.: (1956) *Anal. Chem.* 28, 896.  
 Pressler, E. E.—Brunauer, S.—Kantro, D. L.—Weise, C. H.: (1961) *Anal. Chem.* 33, 877.  
 Schlöpfer, P.—Bukowski, R.: (1933) *Materialprüfungsanstalt an der ETH, Zürich*, No. 63.  
 Tamás, F.: (1960) *Silikattechnik* 11, 378.  
 Tamás, F.—Liptay, Gy.: (1962) *Építőanyag* 14, 281.  
 Wallraf, M.: (1958) *Zement-Kalk-Gips* 11, 216.

**Tamás Ferenc—Révay Miklósné: Szabad mésztartalom meghatározása portlandcementben**

A cementek szabad mésztartalmának meghatározására ajánlott eljárások közül a szabad CaO, illetve Ca(OH)<sub>2</sub> kioldásán alapuló analitikai eljárások terjedtek el a legnagyobb mértékben. Oldószerként leginkább (I) etilén-glikolt, (II) aceticétsavas etilészter—butilalkohol keveréket és glicerin—etilalkohol keveréket használnak. Részletesen vizsgáltuk az I eljárást és a II eljárás különböző változatait. Megállapítottuk, hogy a II eljárás közvetlen titrálás változata adja a legjobb eredményeket, a módszer elég egyszerű és gyors. A II eljárás azért kedvezőbb, mert az etilén-glikol nagymértékben megtámadja a cement alumínát- és ferrittartalmát. Matematikai statisztika segítségével bebizonyítottuk, hogy az I és II eljárások által adott szabad CaO-tartalom különbsége (D) és az úgynevezett

F-modulus,  $M_F = \frac{\text{CaO}}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$  közt igen szoros

korrelatív összefüggés áll fenn,  $r = -0,95$  korrelációs együtthatóval. Portlandcement szabad mésztartalmának kiszámítására a II eljárás közvetlen titrálás változatát javasoljuk; amennyiben a szükséges vegyszer vagy berendezés nem áll rendelkezésre, a meghatározás az I eljárással is elvégezhető, de ebben az esetben az eredményt a cement CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tartalmából számított M<sub>F</sub> alapján helyesíteni kell.

**Тамаш Ференц—Реваи Миклошнэ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЕ СВОБОДНОЙ ИЗВЕСТИ В ЦЕМЕНТЕ.**

Szerepük a szabad mésztartalom meghatározásában. A cementek szabad mésztartalmának meghatározására ajánlott eljárások közül a szabad CaO, illetve Ca(OH)<sub>2</sub> kioldásán alapuló analitikai eljárások terjedtek el a legnagyobb mértékben. Oldószerként leginkább (I) etilén-glikolt, (II) aceticétsavas etilészter—butilalkohol keveréket és glicerin—etilalkohol keveréket használnak. Részletesen vizsgáltuk az I eljárást és a II eljárás különböző változatait. Megállapítottuk, hogy a II eljárás közvetlen titrálás változata adja a legjobb eredményeket, a módszer elég egyszerű és gyors. A II eljárás azért kedvezőbb, mert az etilén-glikol nagymértékben megtámadja a cement alumínát- és ferrittartalmát. Matematikai statisztika segítségével bebizonyítottuk, hogy az I és II eljárások által adott szabad CaO-tartalom különbsége (D) és az úgynevezett F-modulus,  $M_F = \frac{\text{CaO}}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$  közt igen szoros korrelatív összefüggés áll fenn,  $r = -0,95$  korrelációs együtthatóval. Portlandcement szabad mésztartalmának kiszámítására a II eljárás közvetlen titrálás változatát javasoljuk; amennyiben a szükséges vegyszer vagy berendezés nem áll rendelkezésre, a meghatározás az I eljárással is elvégezhető, de ebben az esetben az eredményt a cement CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tartalmából számított M<sub>F</sub> alapján helyesíteni kell.

$$\left( M_F = \frac{\text{CaO}}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} \right)$$

Для расчета содержание свободной извести в цементе предлагаем вариант непосредственного титрование метода II. В случае отсутствия необходимых реактивов и оборудование определение может быть проведено по методу I, но в этом случае результат нужно корректировать с помощью модуля M<sub>F</sub>, рассчитанного из содержание CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> цемента.

**Tamás, Ferenc—(Frau) Révay Susanne: Bestimmung des freien Kalkgehaltes im Portlandzement**

Von den anempfohlenen Verfahren für die Bestimmung des freien Kalkgehaltes in Zementen sind jene analytischen Methoden am meisten verbreitet, welche auf der Extraktion des freien CaO resp. Ca(OH)<sub>2</sub> beruhen. Als Lösungsmittel dienen vorwiegend (I) Äthylenglykol, (II) das Gemisch von Acetessigsäureäthylester und Butylalkohol, ferner das Gemisch von Glycerin und Äthylalkohol. Wir haben Verfahren I und die Varianten des Verfahrens II eingehend studiert und festgestellt, daß man die besten Resultate mit einer Variante des Verfahrens II, mit der unmittelbaren Titrierung, einer ziemlich einfachen und raschen Methode erreichen kann. Verfahren II erscheint auch darum als vorteilhafter, weil Äthylenglykol den Aluminate- und Ferritgehalt des Zements stark angreift. Auf mathematisch-statistischen Wege haben wir bewiesen, daß zwischen der Differenz der mittels Verfahren I und II bestimmten Calciumoxydgehalte (D) und dem sogenannten „F-Modul“

$$M_F = \frac{\text{CaO}}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

ein durchaus enger korrelativer Zusammenhang besteht; Korrelationskoeffizient  $r = -0,95$ . Zur Bestimmung des freien Kalkgehaltes von Portlandzementen empfehlen wir die unmittelbare Titration laut Verfahren II; sollten aber Apparatur oder Chemikalien nicht zur Verfügung stehen, alsdann kann die Bestimmung laut Verfahren I durchgeführt werden, man muß aber das Resultat auf Grund des M<sub>F</sub> (berechnet aus dem CaO-, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- und Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalt des Zements) korrigieren (S.G.)

**Tamás, Ferenc—(Mrs.) Révay, Susan: The Determination of Free Lime Content in Portland Cement**

The free lime content of Portland cement is usually determined by the selective dissolution of the free CaO and Ca(OH)<sub>2</sub>. Ethylene glycol (I), ethyl acetoacetate—butanol mixture (II) and glycerol—ethanol mixture are the most frequently used solvents. A detailed investigation was made by comparing methods I and three modifications of method II. Several indications show that method II (with direct titration) gives the best results, the process is simple and rapid. Method II is preferable because ethylene glycol attacks the aluminate and ferrite phase of cements. By using mathematical statistical calculations the authors proved that there exists a close statistical correlation between D, the difference in free CaO-results obtained by methods I and II and M<sub>F</sub>, the so-

called F-modulus  $M_F = \frac{\text{CaO}}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$  of the

cement (with a correlation factor of  $-0,95$ ). The use of the method II is recommended; in the case of lack of solvent or apparatus necessary to this method, the analytical determination of free CaO can be done also by method I but the result should be corrected according to M<sub>F</sub>, calculated from the CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> of portland cement.

# Alumínátcement kezdőszilárdságának előrebecslése

DOLEZSAI KÁROLY—RÉVAY MIKLÓS  
(Építőanyagipari Központi Kutatóintézet, Budapest)

Az alumínátcement előnyös tulajdonságai közül legismertebb és legjobban kihasznált a nagy kezdőszilárdság. Mivel a cementtípusnál a szilárdság hordozói a kalciumaluminát ásványok, kézenfekvő, hogy az elérhető maximális kezdőszilárdságot elsősorban a nyersanyagként felhasznált bauxit minősége határozza meg.

Az alumínátcement az ismert szilárdság-visszaesési jelenség miatt ugyan nem használható fel általános építőipari célokra, különleges igények kielégítésére, kis mennyiségű előállításának (pl. duzzadócement, tűzállócement, injektáló cement) azonban van létjogosultsága. Ilyen célokra nem minden esetben igényelnek maximális kezdőszilárdságot, ami azért lényeges, mert így a kitermelésre kerülő gyengébb minőségű bauxit is felhasználható. Mivel az alumínát- és portlandcement között nincs átmenet és nem is lehet a két típus tulajdonságait egyesítő terméket előállítani, fontos tudni, hogy egy adott minőségű bauxitból milyen összetétel mellett, milyen szilárdságú alumínátcement állítható elő.

Az adott minőségű bauxitból előállítható cement kezdőszilárdságát eddig kísérleti égetésekkel határozták meg. Kísérleti eredményeink, valamint az irodalomban található kémiai összetétel és szilárdsági adatok összevetésével sikerült egy olyan számítási módot kidolgoznunk, amellyel a kezdőszilárdság a cement kémiai összetételének ismeretében a gyakorlati céloknak megfelelő pontossággal előrebecsülhető.

A) A kezdőszilárdságra ható fontosabb tényezők.

## 1. Ásványi összetétel

A  $CaO-Al_2O_3-SiO_2$  rendszerben (1. ábra) látható, hogy az alumínátcementek képződési területe a  $CA$ ,  $CA_2$ ,  $C_{12}A_7$ ,  $C_2AS$  és  $C_2S$  primer kristályosodási mezőin helyezkedik el.

E vegyületek képződési viszonyait tanulmányozva megállapítható, hogy egyensúly esetén a

kémiai összetételtől függően a következő ásványok képződhetnek:

1.  $CA-C_{12}A_7-C_2S$
2.  $CA-C_2S-C_2AS$
3.  $CA-CA_2-C_2AS$

A három ásványcsoport közül Solacolu (1958) szerint az elsőbe a nagy kezdőszilárdságú, kis utószilárdságú ún. I. típusú, a harmadikba a kisebb kezdőszilárdságú, nagyobb utószilárdságú ún. II. típusú alumínátcementek tartoznak. A második csoportba tartozó termékek a másik kettőnél műszakilag értéktelenebb, mert sem kezdőszilárdsága, sem utószilárdsága nem jelentős.

A három ásványcsoport azonos oxidokból épül fel. Hogy azonos  $Al_2O_3$  és  $SiO_2$  tartalom esetén melyik csoport alakul ki, a rendelkezésre álló mésztartalomtól függ. Ez adott bauxit esetében a nyersliszt, illetve klinker mésztelítésével fejezhető ki. Ennek számítására Kühl (1958) az alábbi képleteket adja meg:

I. típus:  $TT =$

$$TT = \frac{CaO\%}{1,80 SiO_2\% + 0,44 Al_2O_3\% + 0,7 Fe_2O_3\% + 0,7 TiO_2\%} \quad (1)$$

II. típus:  $TT =$

$$TT = \frac{CaO\%}{1,30 SiO_2\% + 0,33 Al_2O_3\% + 0,35 Fe_2O_3\% + 0,7 TiO_2\%} \quad (2)$$

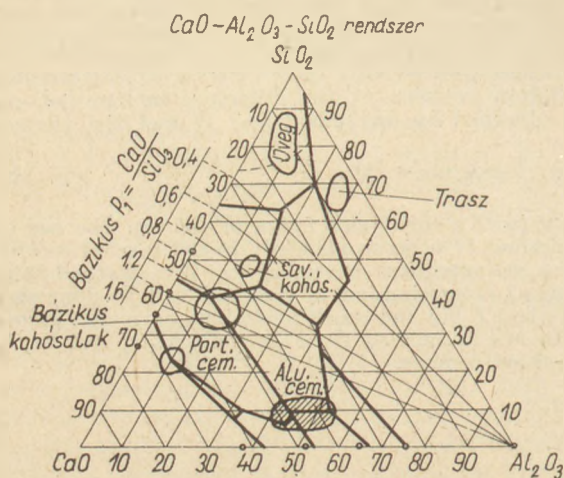
A Magyar Általános Kőszénbánya Rt. a „Citadur Bauxitcement” előállítására az alábbi, lényegében az I. típusúhoz hasonló telítési tényező számításai képletet alkalmazta:

Citadur  $TT =$

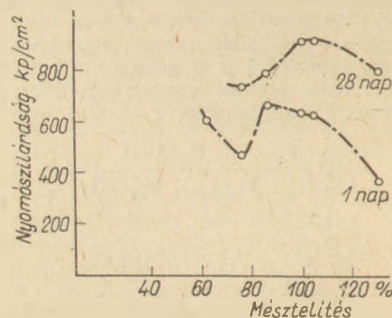
$$TT = \frac{CaO\%}{1,87 SiO_2\% + 0,55 Al_2O_3\% + 0,7 Fe_2O_3\%} \quad (3)$$

A cementet a számítási mód szerint 90%-os mésztelítésre állították be. Mint a 2. ábrán látható, a szilárdság a mésztelítés függvényében változik.

A 90%-os értéknél mutatkozó maximum igazolja a „Citadur bauxitcement”-nél a mésztelítés beállítás helyességét.



1. ábra. Az alumínátcementek helye a  $CaO-SiO_2-Al_2O_3$  rendszerben



2. ábra. Szilárdságváltozás a mésztelítés függvényében

## 2. Kovasav

A kovasavból egyensúlyi kristályosodás esetén a 3. ásványcsoportban teljesen, a 2.-ban csak részben gehlenit képződik. Sok kutató, így Talabér (1956), Kravcsenko (1958) és Schneider (1959) rámutat, hogy üzemi körülmények között az I. típusú aluminátcementek égetésénél nincs egyensúlyi kristályosodás, így az elsődlegesen képződő gehlenit reszorpciója elmarad. Ez azt jelenti, hogy a  $\text{SiO}_2$  nemcsak hígítja az aluminátcementet, de a kalciumaluminát képzésére rendelkezésre álló  $\text{Al}_2\text{O}_3$  egy részét is leköti inaktív vegyületben, mégpedig 1%  $\text{SiO}_2$  1,682%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ot.

A kovasavtartalom így az aluminátcementek egyik legnagyobb minőségromtója.

## 3. Vasoxid

Az aluminátcementbe a bauxittal mindig jelentős mennyiségű vas kerül. Ennek a klinker felépítésében játszott szerepe nem teljesen tisztázott, de többen rámutatnak (Talabér 1956, Kravcsenko 1958), hogy a szilárdulást nem befolyásolja lényegesen. Ezt a megállapítást laboratóriumi kísérleteink is igazolták (1. táblázat).

1. táblázat  
Különböző vasoxidtartalmú aluminátcementek szilárdsága

	I.	II.	III.
$\text{Fe}_2\text{O}_3\%$ .....	12,75	14,70	18,00
$\text{Al}_2\text{O}_3\%$ .....	35,00	36,80	33,58
$\text{SiO}_2\%$ .....	6,85	6,75	5,65
$\text{CaO}\%$ .....	38,70	36,96	37,50
Aktív $\text{Al}_2\text{O}_3\%$ .....	24,90	24,46	24,08
TT (Citadur).....	1,00	0,86	0,90
Szilárdság:			
1 napos nyomószil: $\text{kp/cm}^2$	632	655	624

## 4. Égetési technológiák

Sokat vitatott probléma, hogy a zsugorításos és az olvasztásos technológiával gyártott cement azonos minőségű-e. Erre vonatkozóan a 2. ábrában bemutatjuk azonos nyerslisztből for-

## 2. táblázat

Forgókemencés olvasztással és zsugorítással égetett cementek szilárdsága

Gyártási mód	Nyomószilárdság $\text{kp/cm}^2$			
	1 nap	2 nap	7 nap	28 nap
Forgókemencés zsugorítás	826	813	847	948
Forgókemencés olvasztás	800	829	832	884
Laboratóriumi kemencében zsugorítva .....	791	—	—	834

gókemencében zsugorított, illetve olvasztott és laboratóriumi kemencében zsugorított cementek szilárdságvizsgálati eredményeit.

## B) A kezdőszilárdság előrebecslése

Az „A” alatt közöltekből látható, hogy a kezdőszilárdságot a vasoxidtartalom és az égetési technológia gyakorlatilag nem befolyásolja, a mésztelítésnek és kovasav tartalomnak azonban jelentős hatása van.

Mint a 2. ábra mutatja, a kezdőszilárdság a mésztelítés függvényében egy hullámgörbe mentén változik. Ha ennek hatását kiküszöböljük oly módon, hogy cementünket mindig azonos telítésűre állítjuk be, a szilárdság gyakorlatilag csak az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  és  $\text{SiO}_2$  mennyiségétől függ.

Feltételezve azt, hogy a klinkerégetés során a gehlenit reszorpciója nem következik be, a kalciumaluminátok képzésére maradó alumínium-oxidot, amelyet „aktív  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ”-nak nevezünk el, úgy kapjuk meg, hogy a klinker összes  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalmából levonjuk a  $\text{SiO}_2$  által gehlenit alakban lekötött  $\text{Al}_2\text{O}_3$  mennyiségét.

$$\text{Aktív } \text{Al}_2\text{O}_3\% = \text{összes } \text{Al}_2\text{O}_3\% - 1,682 \text{SiO}_2\% \quad (4)$$

Az aktív  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalom (adott mésztelítés mellett) szoros összefüggésben van az 1 napos szilárdsággal. A feltételezés igazolására az irodalomban fellelhető különböző technológiával előállított (Talabér 1956, 1963) (3. táblázat), és laboratóriumi kemencében égetett azonos mésztelítésű, de különböző aktív  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalmú (4. táblázat) alu-

## 3. táblázat

Különböző technológiával gyártott aluminátcementek vizsgálati eredményei

Megnevezés	$\text{SiO}_2$ %	$\text{Al}_2\text{O}_3$ %	$\text{Fe}_2\text{O}_3$ %	$\text{CaO}$ %	TT (Cit.)	Aktív $\text{Al}_2\text{O}_3$ %	1 napos nyomó- szilárds. $\text{kp/cm}^2$	Számít. 1 napos nyomósz. $\text{kp/cm}^2$
Diósgyőri al. salak .....	14,82	38,52	8,58	24,56	0,63	13,59	425	181
Tatabányai kísérli. üz. ....	7,08	30,54	13,36	34,70	0,88	18,63	279	315
Ciment fondu (Svájc) .....	8,40	39,29	9,44	43,80	1,00	25,16	590	489
Alca (német) .....	10,37	43,35	4,48	38,95	0,83	25,91	485	510
Lazicka Gorne (lengyel) .....	10,05	42,88	7,58	37,12	0,78	25,98	862	511
La Farge I (fr) .....	8,30	40,56	10,79	40,21	0,89	26,60	506	530
Electro G. La Farge (fr) .....	8,41	40,86	9,38	40,68	0,91	26,71	530	531
Szovjet al. cem. ....	9,91	43,59	1,56	41,70	0,95	26,92	495	536
Rolandshütte (német) .....	9,01	42,44	2,15	43,80	1,06	27,29	607	546
Francia al. cem. ....	3,38	33,57	20,93	37,80	0,94	27,88	573	562
Tatabánya 1954. ....	7,87	41,31	11,59	36,45	0,80	28,07	642	567
Ciskowitz (cseh) .....	4,58	40,06	18,26	35,86	0,83	32,36	460	682
Cim. el Pade de Fr (fr) .....	5,19	41,64	18,06	36,73	0,84	32,91	456	706
La Farge II (fr) .....	3,76	39,79	18,54	37,92	0,91	33,47	805	711
„Citadur” (magyar) .....	3,68	42,05	12,79	37,21	0,95	35,86	730	775

4. táblázat

Laboratóriumi kemencében égetett aluminátcementek kémiai összetétele és 1 napos nyomószilárdsága

	1.	2.	3.	4.
SiO <sub>2</sub> % .....	15,00	10,00	7,30	6,75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % .....	28,20	35,40	34,10	36,80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % .....	7,80	9,50	15,20	14,70
CaO% .....	44,20	40,40	38,60	36,96
Telítési tényező ....	0,90	0,90	0,90	0,86
Aktív Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % .....	3,47	18,58	21,82	24,46
1 napos nyomószilárdság kp/cm <sup>2</sup> ....	190	517	610	809

minátcementek kémiai összetétele és 1 napos szilárdsága (földnedves habarcs) között kerestünk összefüggést korreláció számítás segítségével. Számításaink eredményeit az 5. táblázatban foglaljuk össze. Az 5. táblázatban közölt „r” érték a két változó közötti kapcsolat szorosságát kifejező korrelációs együttható. Az összefüggés annál szorosabb, minél közelebb van értéke az egységhez.

Az a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, b<sub>2</sub> értékek a változók közötti legvalószínűbb

$$y = a + bx$$

lineáris összefüggések egyenleteinek állandói, előbb az x-et, majd az y-t tekintve függő változónak.

Vizsgálatainknál először nem vettük figyelembe a mésztelítést. Ebben az esetben az 5. táblázat 1. sora és a 3. ábra szerinti laza összefüggést nyertük. Sokkal szorosabb lett az összefüggés ha csak azokat az adatokat vettük figyelembe a számításnál, melyeknél a mésztelítés 0,85—0,95 között van (5. táblázat 2. sor, és 4. ábra), vagy ha csak az azonos mésztelenítésre beállított laboratóriumi kemencében égetett aluminátcementeket vizsgáltuk (5. táblázat, 3. sor, 5. ábra).

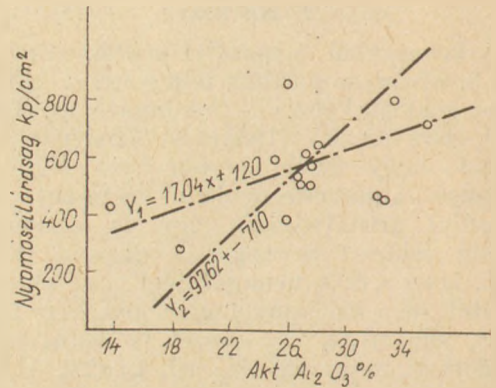
Mivel a különböző technológiákkal és alapanyagokból előállított és a laboratóriumi kemencében égetett aluminátcementeknél az aktív Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tartalom és kezdőszilárdság összefüggése igen hasonló lineáris egyenlettel írható le, a gyártandó aluminátcement kezdőszilárdságát műszakilag megfelelő pontossággal előre lehet becsülni az alábbi képlet segítségével:

$$1 \text{ napos nyomószilárdság} = 26,69 (\text{Al}_2\text{O}_3\% \text{kl} - 1,682 \text{SiO}_2\% \text{kl}) + a \text{ kp/cm}^2 \quad (5)$$

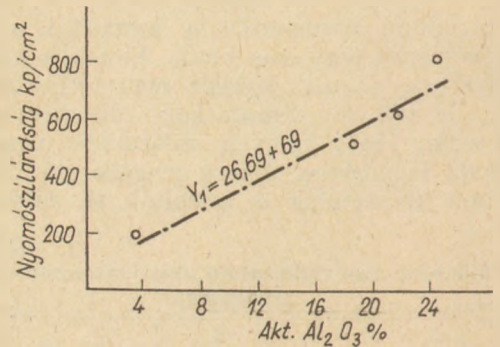
ahol Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>% kl és SiO<sub>2</sub>% kl = a 90%-os mésztelítésű klinker Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és SiO<sub>2</sub> tartalma.

a = az őrlésfinomságtól és gyártástechnológiától függő állandó, értéke — 100, — 400 között változik.

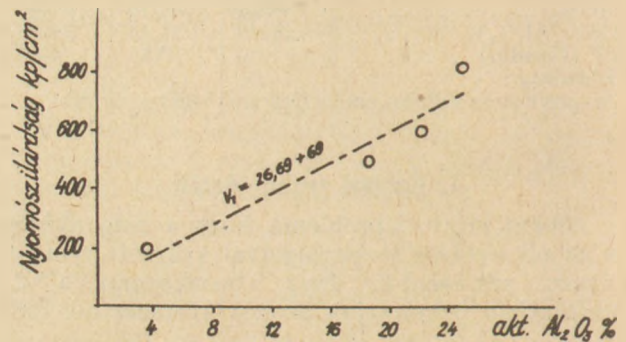
A szilárdságelőrebecslő képlet alkalmazhatóságát az Építőanyagipari Központi Kutatóin-



3. ábra. Aktív Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-kezdőszilárdság összefüggés különböző aluminátcementeknél



4. ábra. Aktív Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kezdőszilárdság összefüggés állandó mésztelítés mellett



5. ábra. Aktív Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-kezdőszilárdság összefüggés laboratóriumi kemencében égetett aluminátcementeknél

Korrelációs számítások összefoglaló táblázata

5. táblázat

Sor-szám	A számítás tárgya	Korrelációs együttható r =	Regressziós egyenletek állandói			
			y = a + bx			
			a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>
1.	Különböző technológiák; TT=változó	0,611	120	—710	17,04	47,62
2.	Különböző technológiák; TT=0,85—0,95	0,963	—277	—334	29,88	32,15
3.	Laboratóriumi kemencében égetett	0,963	69	40	26,69	28,41

„aktív  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ” tartalmat, valamint az „a” értéket, — ami forgókemencés zsugorításnál,  $2800 \text{ cm}^2/\text{g}$  körüli Blaine szerinti finomság mellett számításaink szerint — 374, — a számított és tényleges szilárdság közötti eltérés egyik esetben sem haladja meg az  $50 \text{ kp}/\text{cm}^2$ -t.

6. táblázat

## Félüzemi forgókemencében zsugorított aluminátcementek

	A	B	C
Izz. veszt. %	1,21	—	0,79
$\text{SiO}_2$ %	4,21	4,59	3,24
$\text{Al}_2\text{O}_3$ %	40,58	41,26	40,85
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ %	12,10	12,36	17,20
$\text{TiO}_2$ %	1,80	1,80	0,80
$\text{CaO}$ %	38,35	39,10	36,00
$\text{MgO}$ %	1,14	2,55	—
Szabad $\text{CaO}$ %	—	0,30	—
Aktív $\text{Al}_2\text{O}_3$ %	33,50	33,54	35,40
Nyomószilárdság			
1 napos számított $\text{kp}/\text{cm}^2$	530	530	582
1 napos tényleges $\text{kp}/\text{cm}^2$	542	481	619

## IRODALOM

- Kravcsenko, I. V.: Glinozemisztij cement 1961. 66—76.  
 Kravcsenko, I. V.: Glinozemisztij cement 1961. 109—110.  
 Kühl, H.: Zement Chemie 1958. II. k. 749—752.  
 Schneider, S. J.: Journ. Am. Cer. Soc. 1959. 4pr.  
 Solacolu, S.: Műszaki szilikátok fizikai kémiája 1962. 420—428.  
 Talabér, J.: Építőanyag. 1956. 6. sz. 202.  
 Talabér, J.: Építőanyag. 1956. 6. sz. 205—209.  
 Talabér, J.: Építőanyag. 1956. 8. sz. 305—306.  
 Talabér, J.: Építőanyag. 1962. 3. sz. 91.  
 Aluminát cementű gyártástechnológiája és időállósága. ÉaKKI 1963.

## Dolezsai Károly—Révay Miklós: Az aluminátcement kezdőszilárdságának előrebecslése

Az aluminátcementek kezdőszilárdságát elsősorban a mésztelítési tényező, az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  és  $\text{SiO}_2$  tartalom határozza meg. Egy adott bauxittal akkor érünk el maximális kezdőszilárdságot, ha a nyersliszt összetételét a „Citadur” bauxitcementnél alkalmazott számítási képlet szerint 90%-os mésztelítésre állítjuk be.

Azonos mésztelítés mellett az irodalomban fellelhető, laboratóriumi kemencében, és kísérleti félüzemi forgókemencében égetett aluminátcementeknél egyaránt összefüggés mutatható ki a kezdőszilárdság és a klinker  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalmából a gehlenitben leköttött  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (1%  $\text{SiO}_2$ -re 1,682%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) levonása útján kiszámított ún. „aktív  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ” tartalom között.

## Dolezsai Károly—Révay Miklós: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ НАЧАЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ГЛИНОЗЕМИСТОГО ЦЕМЕНТА.

Начальная прочность глиноземистого цемента в первую очередь определяется коэффициентом насыщения последнего и содержанием в нём  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2$ . Максимальной прочности в случае определённого исходного боксита можно достичь, если коэффициент насыщения, рассчитанный по формуле, применённой в случае глиноземистого цемента „Citadur”, составляет 90%.

Можно установить определённую зависимость между начальной прочностью цемента и содержанием т. н. „активного  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ”, которая представляет собой разность между содержанием  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  связанной в геленит (на 1%  $\text{SiO}_2$  1,682%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Эта зависимость наблюдается в одинаковой мере как для клинкера, обожжённого в лабораторных и полужавовских условиях, так и для клинкеров, составы которых даны в литературе.

## Dolezsai, Károly—Révay, Miklós: Vorangehendes Abschätzen der Anfangsfestigkeit vom Aluminatcement

Die Anfangsfestigkeit von Aluminatcementen wird in erster Reihe vom Kalksättigungskoeffizienten und vom  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , resp.  $\text{SiO}_2$ -Gehalt determiniert. Es kann mit einem gegebenen Bauxit die höchste Anfangsfestigkeit dann erreicht werden, wenn man die Zusammensetzung des Rohmehls — laut jener Berechnungsformel welche man beim Bauxitcement Marke „Citadur” angewendet hat — auf eine 90 prozentige Kalksättigung einstellt.

In Fällen, wo sich die Kalksättigung gleich stellt, läßt sich — sowohl bei Aluminatcementen ausgebrannt im Laboratorium, wie auch bei Produkten des Halbbetriebs — ein in der Fachliteratur auffindbarer Zusammenhang nachweisen; und zw. zwischen der Anfangsfestigkeit und dem sogenannten „aktiven  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt”. Man kann letzteren aus dem  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt des Klinkers, nach Abzug des  $\text{Al}_2\text{O}_3$  gebunden im Gehlenit (1,682%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  auf 1%  $\text{SiO}_2$ ) berechnen. (S. G.)

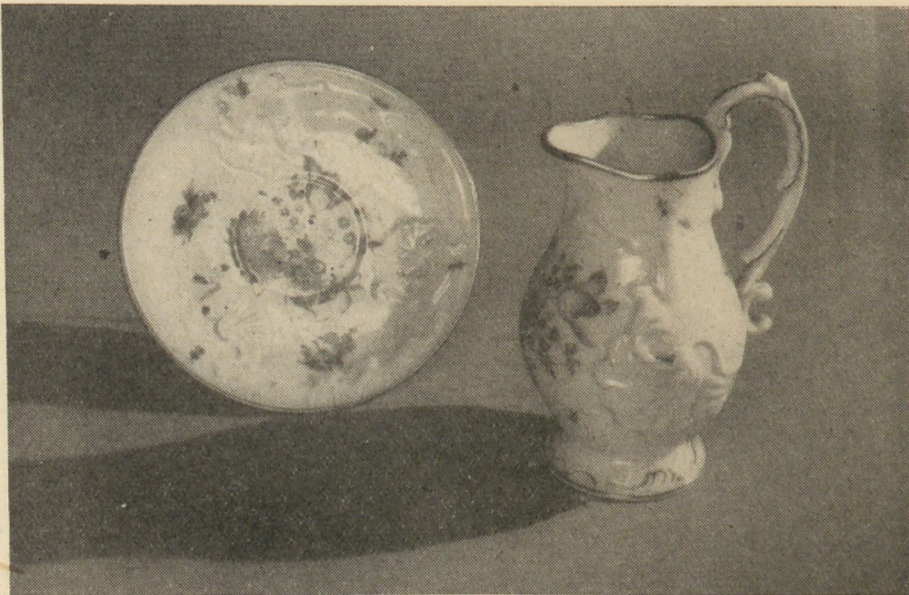
## Dolezsai, Károly—Révay, Miklós: The Estimation of the Early Strength of High Alumina Cement

Early strength of aluminate cement is determined primarily by its lime saturation factor, and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{SiO}_2$  percentages. Maximum early strength can be reached — with a constant bauxite quality — if the lime saturation of raw meal is adjusted to 90% (using calculation formulae of „Citadur” type alumina cement). In case of constant lime saturation there is a connexion between early strength and „active  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ” content; the active  $\text{Al}_2\text{O}_3$  is the difference between total  $\text{Al}_2\text{O}_3$  of clinker and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bound as gehlenite (i. e. 1,682%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  for every per cent of  $\text{SiO}_2$ ). This connexion was verified with clinkers produced in a laboratory kiln, a pilot-plant rotary kiln and with several clinker data of literature.

# HEREND

A gazdag történelmi hagyományainál és élénk külkereskedelmi tevékenységénél fogva hazánk kulturális és gazdasági életében egyaránt fontos szerepet betöltő Herendi Porcelángyár 1964. év októberében ünnepli fennállásának, illetve alapításának 125. évfordulóját.

A jubileumi év méltó megünneplésére a Herendi Porcelángyár, a Szilikátipari Tudományos Egyesület és a Finomkerámiaipari Országos Vállalat gazdag műsort állított össze.



Augusztus hónapban a Magyar Televízió kisfilmet készít Herendről, melyben a nézők megláthatják az újonnan megépült és berendezett Herendi Múzeumot. Külön érdekessége a múzeumnak, hogy a bemutatótermekben szemlélhetik meg a látogatók a porcelángyártás technológiáját. A múzeum épületében üzemelő boltban a látogatók megvásárolhatják a Herenden készült termékeket. A jubileumi ünnepségre a fent említett szervek egy reprezentatív színes képekkel ellátott kiskönyvet jelentetnek meg és elkészülnek a Herendi Porcelángyár termékeit ábrázoló levelező-

lapok is. Az októberi ünnepségre számos külföldi és belföldi szakembert fogunk meghívni.

A külföldi meghívott vendégek előadásokkal, hozzászólásokkal emelik majd az ünnepség színvonalát. A kétnapos jubileumi ünnepség programjába tartozik az Iparművészeti Múzeumban a herendi kiállítás megnyitása, külföldi meghívott vendégek előadása a Szilikátipari Tudományos Egyesületben. Herenden a múzeum ünnepélyes megnyitása. A Veszprémi Színházban a Magyar Állami Népi Együttes eleveníti meg műsorában az ismertebb herendi figurákat. *Terényi L.*



# A kohósalakok MgO-tartalmának hatása a kohósalakciment szilárdságára

KARL BERGT  
Institut für Zement, Dessau

A dessauai Cementintézetben megkíséreltük annak tisztázását, hogy milyen határig lehet a jelenleg használatos kohósalakok magnézium-oxid tartalmát növelni, hogy a lehető legkisebb portlandcementtartalom mellett szabványos, térfogatálló kohósalakcimentet lehessen előállítani.

A NDK három kohászati üzemében a kohósalakciment gyártáshoz rendelkezésre álló kohósalakféleségek kémiai összetétel szempontjából két lényegesen eltérő csoportba oszthatók.

Míg a maxhütte—unterwellenborn-i salakban viszonylag nagy aluminiioxid és kis kovasav tartalom mellett nagy a magnéziumoxid tartalom, az eisenhüttenstadti keleti kohókombinát és a calbei alacsony aknakemence salakjának kovasavtartalma lényegesen, kalciumoxidtartalma valamivel nagyobb, ugyanakkor lényegesen kisebb a MgO és a hidraulikus szilárdulás szempontjából igen fontos timföldtartalma. A salakok kémiai összetétele az 1. táblázatban látható.

1. táblázat  
Kohósalakok átlagos kémiai összetétele

	Unterwellenborn %	Eisenhüttenstadt %	Calbe %
SiO <sub>2</sub> .....	31,0	41,0	40,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	12,5	8,5	9,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,5	0,6	1,5
MnO .....	1,8	3,6	0,7
CaO .....	41,0	44,1	43,9
MgO .....	10,5	2,8	3,0

Említésre méltó még az eisenhüttenstadti salak 3,0% feletti mangánoxid tartalma, amely hátrányosan befolyásolja a hidraulikus szilárdulást.

A salak tulajdonságait meghatározó viszonyszámok közül itt csak a bázikussági fokot ( $p_1$ ) — a CaO/SiO<sub>2</sub> arányt vesszük tekintetbe. Ez az arány a kohászoknak is fontos mutatója és salakszám néven jelölik. A bázikussági fok azt is megmondja, hogy a salak bázikus-e vagy savanyú jellegű-e.

A bázikussági fok az unterwellenborni salaknál 1,3 felett, a calbei és az eisenhüttenstadti salaknál átlagosan 1,1, sőt egyes napi értékeknél 1,0 alatt is van, vagyis a savanyú jelleg felé közeledik, sőt időnként svanyúvá is válik.

A kohósalakciment gyártás szempontjából ez azt jelenti, hogy az unterwellenborni salakból kerek 70%, míg az eisenhüttenstadti vagy calbei salakból 50% vagy még ennél is kisebb mennyiség felhasználásával lehet csak szabványos minőségű cementet előállítani. Ez a kérdés különösen gazdaságossági szempontból jelentős.

Készletezési és más tényezők mérlegelése alapján a vaskohászati ipar Eisenhüttenstadtban

és Calbeban az elegyek dolomitos mézskőtartalmának jelentős növelését tervezi. Ennek következtében a NDK cementiparára az a nehéz feladat hárul, hogy gyengén bázikus, sőt időnként 1,0 alatti bázikussági fokú salakokból, amelyeknek még ráadásul nagy a MgO tartalmuk is a lehető legkisebb mennyiségű portlandcementklinker felhasználásával gyártson kohósalakcimentet.

Hosszú üzemi tapasztalatainkból ismeretes, hogy unterwellenborni salakból, melynek bázikussági foka 1,3 és MgO tartalma a 10%-ot is eléri, 25—30% klinker adagolásával előállítható térfogatálló, szabványos minőségű cement.

Tisztázni kellett, hogy a kisebb, 1,0—1,1 bázikussági fokú salak felhasználása esetében gazdaságos klinkerhányad mellett a nagyobb MgO tartalom milyen hatást gyakorol a cement szilárdságára és térfogatállóságára.

A szükséges vizsgálatokat Oelschläger mérnök úr három irányban végezte:

1. Állandó bázikussági fok mellett csökkentette a salak SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + CaO tartalmát és ennek megfelelően növelte a MgO mennyiségét.

2. Állandó bázikussági fok és aluminiioxid tartalom mellett csökkentette a salak SiO<sub>2</sub> + CaO tartalmát és ennek megfelelően növelte a MgO mennyiségét.

3. Állandó SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tartalom mellett a CaO-t fokozatosan MgO-val helyettesítette. A MgO tartalom növekedésével csökkent a bázikussági foka.

A vizsgálatokat laboratóriumban előállított salakokon végezték. Kiindulási alapul az egyik említett kohászati üzemben hosszabb időszak alatt kivett 36 minta elemzésének átlaga szolgált.

SiO <sub>2</sub> .....	41,92%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	8,62%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,81%
MnO .....	2,92%
CaO .....	44,72%
MgO .....	2,28%
CaO/SiO <sub>2</sub> .....	1,07%

Az elemzés adataiból kivettük a kis mennyiségben jelenlevő Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO és MgO-t majd a megmaradt komponenseket átszámítva a következő „alapsalakot” nyertük

SiO <sub>2</sub> .....	43,5%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	9,0%
CaO .....	47,5%
CaO/SiO <sub>2</sub> .....	1,08%

Ezen összetételből kiindulva variáltuk azután az alkotórészeket a már említett három szempont szerint. A salakolvadékokat a következő vegyszerekből szintetizáltuk:



Kalciumkarbonát, Smith-féle, szilikátanalízishez.

Kovasav, tiszta, vízmentes.

Alumíniumoxid p. a.

Magneziumoxid p. a.

A komponenseket a számításoknak megfelelő mennyiségben pontosan összemértük, alaposan elkevertük és 1500 ml hasznos térfogatú szén-csökemencében megolvastottuk. A kifolyó olvadékokat egy tartályban vízzel hirtelen lehűtöttük és granuláltuk. Az így nyert, finomszemcséjű salakhomokot megszáritottuk és rezgőmalomban megőröltük (4%-os maradékra a 0,09 mm lyukbőségű szitán). Az ellenőrző elemzés azt mutatta, hogy a kapott salak összetétele egyezik a számított összetétellel. A mikroszkópi vizsgálat szerint a salak kristályos alkotórészeinek mennyisége 2%-nál kevesebb.

A kohósalakciment előállításához az alábbi összetételű szabvány-portlandcementklinkert használtuk:

Izzítási veszteség .....	1,33%
Oldhatatlan maradék .....	0,46%
SiO <sub>2</sub> .....	19,56%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	6,69%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	3,65%
CaO .....	64,52%
MgO .....	2,51%
SO <sub>3</sub> .....	0,79%
Szilikát modulus .....	1,89%
Aluminát modulus .....	1,83%
Mésztelítettség .....	99,7%

A klinkert és a salakhomokot az alábbi keverési arányok szerint öröltük össze: 70 : 30, 50 : 50, 30 : 70. A kötési idő szabályozására minden esetben 6 súlyrész gipszkövet adagoltunk.

A nyomószilárdság vizsgálatokat a Keil és Gille kis próbatest vizsgálati eljárás alapján 1 × 1 × 6 cm-es prizmákon végeztük. A próbatestek 1 súlyrész cementből, 1 súlyrész I. szabványhomokból, 2 súlyrész II. szabványhomokból és 15% vízből (18 ml) — a TGL 10 573 alapján — készültek. A tömörítés 5,9 × 0,9 cm-es alapfelületű döngölővel két rétegben, rétegenként 20—20 ütéssel történt.

### 1. Kísérleti sorozat

A salakok kémiai összetételét a 2. táblázat mutatja.

A kilenc salakból a fent megadott keverési arányok szerint 25 kohósalakcimentet készítettünk.

A kapott eredmények közül csak a 30 súlyrész klinker + 70 súlyrész salak + 6 súlyrész gipsz keverési arányú kohósalakciment nyomószilárdsági értékeit ismertetjük, mivel ebben a legnagyobb a salakhányad, s így ebben jutnak a legjobban kifejezésre a mind nagyobb mértékben magnéziumoxiddal dúsított salak tulajdonságai.

A nyomószilárdsági értékeket a 3. táblázat és az 1. ábra mutatja.

Ha az alapsalakból és a 3. számú salakból készült kohósalakcimentektől eltekintünk, ame-

2. táblázat

Az 1. sz. kísérletsorozat salakjainak kémiai összetétele

Bázikussági fok: 1,09

A MgO tartalom növekedésével a SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + CaO tartalom arányosan csökken

Salak	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + CaO	CaO + MgO	Össz.
	%						
Alap 1	43,5	9,0	47,5	—	100	47,5	100
2	42,6	8,8	46,6	2,0	98,0	48,6	100
3	40,9	8,4	44,7	6,0	94,0	50,7	100
4	39,1	8,1	42,8	10,0	90,0	52,8	100
5	37,4	7,7	40,9	14,0	86,0	54,9	100
6	36,6	7,5	39,9	16,0	84,0	55,9	100
7	34,8	7,2	38,0	20,0	80,0	58,0	100
8	32,6	6,8	35,6	25,0	75,0	60,6	100
9	30,5	6,3	33,2	30,0	70,0	63,2	100

3. táblázat

Az 1. sz. kísérletsorozat salakjaiból készült kohósalakciment nyomószilárdságai

30 súlyrész klinker + 70 súlyrész salak + 6 súlyrész gipszkő

Salak	Nyomószilárdsági értékek kp/cm <sup>2</sup>					
	1	3	7	28	56	90 nap után
1	15	33	95	160	233	261
3	25	48	83	161	215	235
5	29	129	133	279	288	299
6	30	(144)	143	239	248	263
7	21	36	65	170	200	229
8	18	34	77	169	180	203
9	20	31	57	126	160	180

lyekben az 1,09 bázikussági fok ellenére túl alacsony a CaO tartalom és ehhez viszonyítva a SiO<sub>2</sub> tartalma túl magas, kitűnik, hogy a 16%-ig terjedő MgO tartalmú salakokból 30 súlyrész klinkertartalommal szabványos kohósalakciment állítható elő, mint az 5 és 6 sz. kohósalakból készült cementek vizsgálati eredményei mutatják. Amennyiben a MgO tartalmat tovább növeljük, a szilárdság nagymértékben csökken.

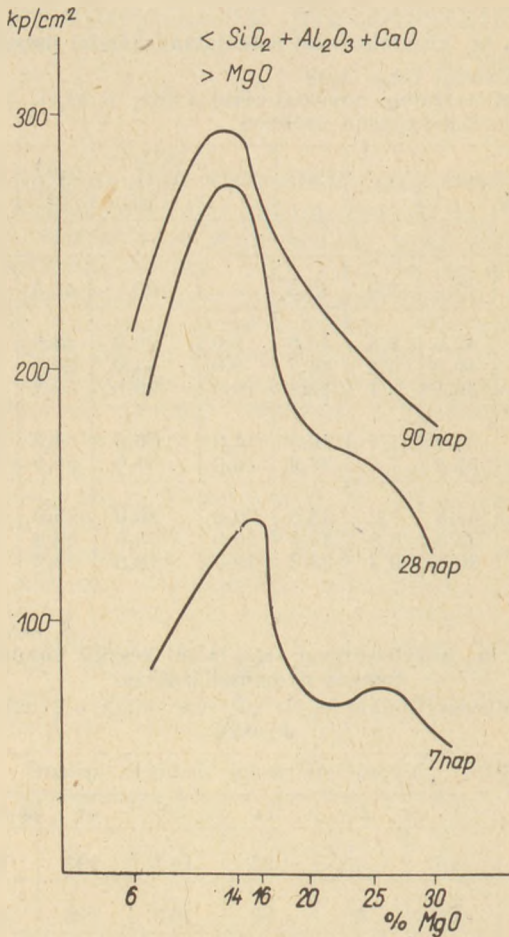
A TGL 10 573 szerinti térfogatállandósági vizsgálatok kifogástalanok voltak. Az 5. számú cement autokláv duzzadása — 50 : 50 arányú keveréknél — pl. 0,16%. A szilárdság 90 napig növekszik.

Az adatokból megállapítható, hogy kis alumíniumoxid és egyidejűleg nagy MgO tartalmú salakok kohósalakcimentgyártási szempontból történő értékelésekor a bázikussági fok nem döntő jelentőségű.

### 2. Kísérletsorozat

A salakok kémiai összetételét a 4. táblázat mutatja.

A salakokból az előző kísérletsorozatnál már ismertetett kohósalakcimenteket állítottuk elő.



1. ábra

A 30 súlyrész klinkert tartalmazó cementek nyomószilárdságát az 5. táblázat és a 2. ábra mutatja.

Míg az 1. kísérletsorozatnál a MgO tartalom növekedésével az alumíniumoxid tartalom csökken, a 2. sz. kísérletsorozatnál ezt állandó szinten tartottuk, mivel az alumíniumoxid tartalom lényegesen befolyásolja a szilárdulás folyamatát.

Egyértelműen kimutatható, hogy a MgO tartalom növekedésével csökken a salak hidraulikus tulajdonsága és szabványos kohósalakcement

4. táblázat

A 2. sz. kísérletsorozat salakjainak kémiai összetétele  
 Bázikussági fok : 1,05  
 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tartalom állandó  
 A MgO tartalom növekedésével a SiO<sub>2</sub> + CaO tartalom arányosan csökken

Salak	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + CaO	CaO + MgO	Össz.
	%						
1	43,5	9,0	47,5	—	100,0	47,5	100
10	41,5	9,0	43,5	6,0	94,0	49,5	100
11	39,5	9,0	41,5	10,0	90,0	51,5	100
12	38,5	9,0	40,5	12,0	88,0	52,5	100
13	34,5	9,0	36,5	20,0	80,0	56,5	100
14	32,0	9,0	34,0	25,0	75,0	59,5	100

5. táblázat  
 A 2. sz. kísérletsorozat salakjaiból készült kohósalak-cement nyomószilárdságai

30 súlyrész klinker + 70 súlyrész salak + 6 súlyrész gipszkő

Salak	Nyomószilárdsági értékek kp/cm <sup>2</sup>					
	1	3	7	28	56	90 nap után
1	15	33	95	160	233	251
10	18	73	172	310	319	321
11	20	72	159	273	278	292
12	21	59	139	195	203	215
13	21	45	105	162	207	215
14	16	32	86	148	161	178

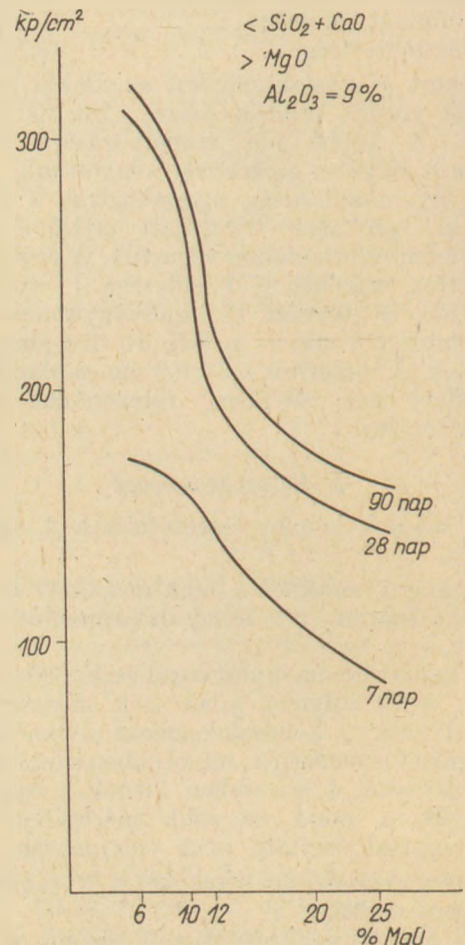
csak akkor állítható elő, ha a salak MgO tartalma nem haladja meg a 10%-ot.

A cementek térfogatállandóak. A szilárdság növekedése folyamatos, de az utószilárdulás 56—90 nap között igen csekély.

### 3. Kísérletsorozat

A salakok kémiai összetételét a 6. táblázat mutatja.

A 7. táblázatban és a 3. ábrán közölt nyomószilárdsági értékeket azonos módon nyertük, mint az 1. és 2. sz. kísérletsorozatnál.



2. ábra

## A 3. sz. kísérlet sorozat salakjainak kémiai összetétele

6. táblázat

A bázikussági fok fokozatosan csökken

SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tartalom állandóAz Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tartalom a 2. sz. kísérlet sorozat salakjaihoz hasonlóan 9%

A MgO tartalom növekedésével a CaO tartalom csökken

Csoport	Salak	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + CaO	CaO + MgO	Össz.	CaO/SiO <sub>2</sub>
		%							
	1	43,5	9,0	47,5	—	100,0	47,5	100,0	1,09
I.	15	43,5	9,0	45,5	2,0	98,0	47,5	100,0	1,04
	16	43,5	9,0	43,5	4,0	96,0	47,5	100,0	1,00
	17	43,5	9,0	38,5	9,0	91,0	47,5	100,0	0,88
II.	18	36,3	9,0	39,7	15,0	85,0	54,7	100,0	1,09
	19	36,3	9,0	36,7	18,0	82,0	54,7	100,0	1,01
	20	36,3	9,0	34,7	20,0	80,0	54,7	100,0	0,96
	21	36,3	9,0	29,7	25,0	75,0	57,7	100,0	0,81

## 7. táblázat

A 3. sz. kísérlet sorozat salakjaiból készült kohósalak-cement nyomószilárdságai  
30 súlyrész klinker + 70 súlyrész salak + 6 súlyrész gipszkő

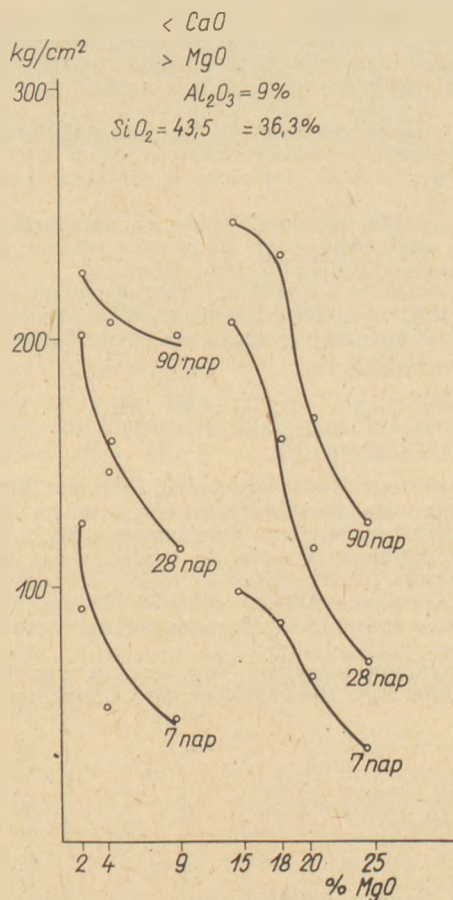
Csoport	Salak	Nyomószilárdsági értékek kp/cm <sup>2</sup>					
		1	3	7	28	56	90 nap után
	1	15	33	95	160	233	261
I.	15	20	54	129	202	208	227
	16	18	31	55	148	191	208
	17	19	29	50	118	165	204
II.	18	28	61	101	208	223	247
	19	23	41	92	165	196	233
	20	17	33	67	120	157	178
	21	18	23	38	78	112	133

A 3. számú kísérlet sorozat két részre tagozódik. Az elsőnél a MgO tartalom 2—9%, a másodiknál 15—25%. Mivel a CaO egy részét MgO-val helyettesítettük, a bázikussági fok 1,04-ről 0,88-ra illetőleg 1,09-ről 0,81-re csökkent. Látható, hogy ezekből a salakokból 30% klinkerhányad mellett még 9% MgO tartalom esetén sem várható a szabványos minőségű cement. Szabványos cementet csak akkor nyerünk, ha a klinkerhányadot 50%-ra növeljük, ahogy ezt a 8. táblázat adatai mutatják.

## 8. táblázat

A 3. sz. kísérlet sorozat salakjaiból készült kohósalak-cement nyomószilárdságai  
50 súlyrész klinker + 50 súlyrész salak + 6 súlyrész gipszkő

Salak	Nyomószilárdsági értékek kp/cm <sup>2</sup>					
	1	3	7	28	56	90 nap után
15	31	92	142	254	281	304
16	31	57	114	205	254	281
17	28	49	75	160	217	253
18	30	75	136	265	298	312
19	22	57	100	237	240	268
20	32	56	105	212	221	258
21	29	44	63	127	150	181



3. ábra

Megjegyezzük, hogy mindezen cementek, ugyanúgy, mint az 1. és 2. kísérlet sorozatnál a TGL 10 573 szerinti térfogatállandósági vizsgálatoknak megfelelnek. A 19. számú cement autoklávduzzadása 18% MgO tartalom mellett is csak 0,17% volt.

Az eddig rendelkezésre álló, alacsony MgO tartalmú salakokból kiindulva az MgO tartalom növelése esetén a salak hidraulikus tulajdonságában az alábbi változásokkal lehet számolni:

1. Amennyiben a MgO tartalom növekedésével a salak SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + CaO tartalma ará-

nyosan csökken, 30% klinkerhányaddal előállítható szabványos kohósalakcement, ha a salak MgO tartalma nem haladja meg a 16%-ot.

2. Amennyiben a MgO-tartalom növekedésével a  $\text{SiO}_2 + \text{CaO}$  tartalom arányosan csökken s az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalom állandó marad, 30% klinkerhányaddal előállítható szabványos kohósalakcement, ha a salak MgO tartalma nem haladja meg a kb. 10%-ot.

3. Amennyiben a MgO tartalom növekedésével csak a CaO tartalom csökken, az  $\text{SiO}_2$  és az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalom állandó marad, a klinkerhányadot kerek 50%-ra kell növelni és a salak MgO tartalma elérheti a 18%-ot is.

*Bergt, Karl: A salakok MgO tartalmának hatása a kohósalakcement szilárdságára*

A NDK kohászati üzemekben kétféle kohósalak keletkezik, melyek közül az egyiknek nagy a MgO tartalma.

Laboratóriumban szintetizált kohósalaktípusokkal vizsgálatokat végeztek annak megállapítására, mennyi lehet a salak maximális MgO tartalma, ha 30% klinkertartalmú szabványos kohósalakcementet akarnak gyártani.

A kísérletek azt mutatták, hogyha a MgO-tartalom növekedésével arányosan csökken a  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}$  mennyisége, a MgO tartalom a salakban legfeljebb 16% lehet.

Ha az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalom állandó, s a MgO tartalommal a  $\text{SiO}_2 + \text{CaO}$  mennyisége arányosan csökken, a salak MgO tartalma legfeljebb 10% lehet.

Végezetül, ha a salakban a CaO egy részét MgO-dal helyettesítik, a kohósalakcementben a klinkerarányt 50%-ra kell növelni, ugyanakkor a salak MgO-tartalma elérheti a 18%-ot is.

*Bergt Karl: ВЛИЯНИЕ MgO, СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В ШЛАКЕ, НА ПРОЧНОСТЬ ШЛАКОПОРТЛАНДЦЕМЕНТА.*

На металлургических предприятиях ГДР образуется два вида доменных шлаков, один из которых характеризуется высоким содержанием MgO.

Лабораторные испытания, проведенные на синтезированных типах шлаков, были направлены на определение максимального содержания MgO в шлаке, для случая получения шлакопортландцемента с 30% клинкера.

Испытания показали, что, если с увеличением содержания MgO пропорционально снижается коли-

чество  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}$ , то содержание MgO в шлаке не должно превышать 16%.

Если содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  постоянно, и с увеличением MgO количество  $\text{SiO}_2 + \text{CaO}$  соответственно снижается, содержание MgO в шлаке не должно превышать 10%.

Наконец, если часть CaO, содержащейся в шлаке, заместить MgO, то часть клинкера в шлакопортландцементе нужно увеличить до 50%, при этом содержание MgO в шлаке может составлять 18%.

*Bergt, Karl: Wirkung des Magnesiumoxydgehaltes der Schlacke auf die Festigkeit des Hochofenschlackenzements*

In den Hüttenwerken der DDR entstehen zweierlei Hochofenschlacken, von welchen die eine stark magnesiumoxydhaltig ist. Man hat im Laboratorium Versuche mit chemisch synthetisierten Ofenschlackentypen durchgeführt, um den zulässigen Höchstwert für MgO bei der Herstellung von 30% Klinker enthaltenden Normzementen festzustellen. Die Versuche führten zum Schluß, daß der Magnesiumoxyd Gehalt 16% nicht über treffen darf, wenn sich die Menge des  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}$  mit dem ansteigenden MgO - Gehalt umgekehrt proportional vermindert. Ist der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt gleichbleibend, während sich mit dem steigenden MgO-Gehalt die Menge von  $\text{SiO}_2 + \text{CaO}$  proportional vermindert, alsdann stellt sich der zulässige Höchstwert für MgO auf 10%. Wird schließlich ein Teil des CaO in der Schlacke durch MgO ersetzt, dann muß der Anteil von Klinkermineralien auf 50% gesteigert werden, zugleich darf auch der Gehalt an MgO 18% erreichen. (S.G.)

*Bergt, Karl: The Effect of Magnesia Content of Blastfurnace Slags upon Strength of Blastfurnace Slag Portland Cement.*

Two sorts of blastfurnace slags are produced in the metallurgical plants of the GDR; one of them has a rather high magnesia content. In order to determine the maximum amount of permitted MgO, slags were synthesized from pure chemicals; these slags were then mixed with 30% Portland clinker and these "synthetic" blastfurnace slag Portland cements examined. Experiments proved that if the increase of MgO causes a simultaneous decrease of  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}$  content, maximum permissible MgO is 16%. With constant  $\text{Al}_2\text{O}_3$  content, increase of MgO causes proportional decrease of  $\text{SiO}_2 + \text{CaO}$ ; maximum permissible MgO being 10% in this case. Finally, with  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  being kept constant (this means, that MgO is replaced only for CaO) the MgO content of the slag may reach 18%; in this case, however, the clinker percentage of the cement should reach 50.

# Adalékanyagok önszilárdságának meghatározása egyszerű vizsgálati módszerek segítségével

NEMESKÉRI GÉZÁNÉ  
(Építőipari Minősítő Intézet, Budapest)

## Bevezetés

A Betonok és Habarcsok Műszaki Előírás átdolgozásakor merült fel az a gondolat, hogy a beton készítéséhez adalék anyagul felhasználandó természetes anyagok alkalmasságát az eddig szokásos kockaszilárdság vizsgálat helyett, más egyszerűbben végrehajtható vizsgálati móddal határozzuk meg. Ezt indokolja még az a körülmény is, hogy a különböző adalék anyagok kitermelése évről évre növekszik.

A hazánkban régebben elterjedt kővizsgálatok elsősorban a szabványos kockaszilárdság vizsgálatok hosszadalmasak, költségesek és nem jellemzik a nagy tömegben szállításra és felhasználásra kerülő zúzottkővet. A Magyarországon már hosszabb ideje alkalmazott további vizsgálati módszerek közül a Stübel-féle ütőszilárdság vizsgálat csak az ütőszilárdságra, a Deval-dobban való vizsgálat csak a koptatószilárdságra ad jellemző adatokat, e vizsgálatok egyike sem valószínű azonban, hogy szoros összefüggésben állana a szabványos kockaszilárdsággal.

A kérdés megoldásához tanulmányoztuk a hazai és külföldi adalék anyag önszilárdságvizsgálati módszereket, majd azok mérlegelése után kísérleti programot állítottunk össze.

A vizsgálati módszereket, melyeket az irodalomból megismertünk, többé-kevésbé módosítottuk, természetesen a tanulmányozott vizsgálati eljárások szellemének szem előtt tartásával.

A továbbiakban részletesen ismertetjük azokat a vizsgálati módszereket, melyeknek alkalmazhatósági kísérleteit elvégeztük.

## A vizsgálati módszerek ismertetése

*A zúzottkő (kavics) önszilárdságvizsgálata hengerben (Hummel vizsgálat)*

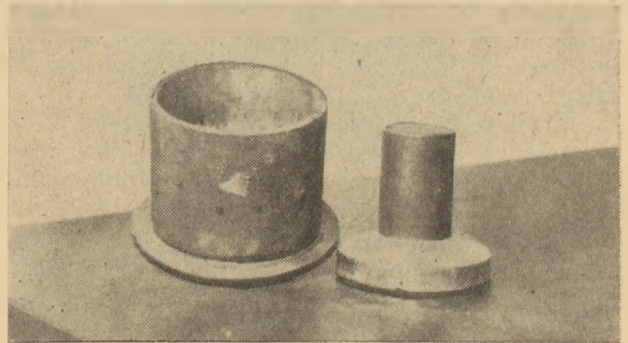
Az adalék anyag önszilárdságának megállapítására szolgáló vizsgálati módszerek egyik csoportjának közös jellemzője, hogy az adalék anyagot statikusan vagy dinamikusan terheljük s vagy a terhelés alatti aprózódást, vagy a halmaztérfogató változását választva paraméterül, állapítjuk meg az önszilárdságot. A terhelés lehet állandó, s ekkor a változó mértékű aprózódás, illetve összenyomódás arányos az önszilárdsággal, vagy az összenyomódás változatlan és mérjük az adott összenyomódást okozó az adalék önszilárdságával arányosan változó, s az azt jellemző erőt.

Hazánkban kedvező kísérleti tapasztalatok alapján könnyűbeton adalék anyagoknál, A. Hummel szétmorzsolódási tényezős módszere terjedt el.

Zúzottkő és kavics vizsgálatainkhoz A. Hummel vizsgálatát a következő módosított formában alkalmaztuk:

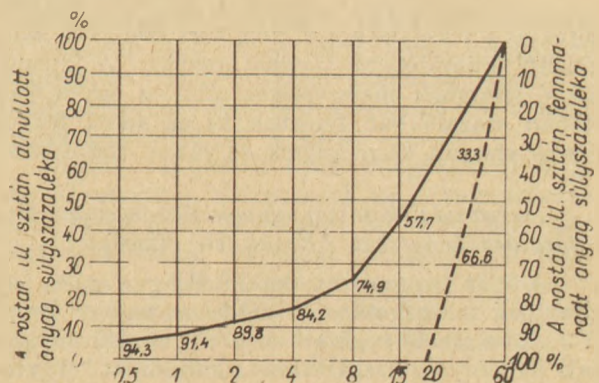
20—30; 30—40; 40—50 mm szemcseméretű zúzottkővekből (kavicsból) vett egyenlő arányban meg-

osztott minta-keveréket 170 cm belső átmérőjű acélhengerbe tettük és acélsajtolópofa révén 40 Mp terheléssel nyomtuk. Az acélhenger 150 mm-es belmagassággal rendelkezett az ebbe beillő hengeres sajtolópofa (dugattyú) átmérője 168 mm: feje gömbfelületű volt. (1. ábra)



1. ábra

Vizsgálat előtt megállapítottuk a vizsgálandó zúzottkő (kavics) frakciók keverékének légszáras litersúlyát. A halmaztérfogatsúly megállapításához 10 liter űrtartalmú edényt alkalmaztunk. A litersúly ismeretében 2 liternek megfelelő gondosan összekevert ugyancsak légszáras állapotú anyagot mértünk be súly szerint az acélhengerbe. Ezután tömörítés végett a hengert 5-ször felemeltük és szabadon ejtve kb. 5 cm magasból szilárd lapra (asztal) ejtettük. A sajtolópofát a hengerbe helyeztük és 1,5 perc alatt 40 Mp-ig terheltek. A határigénybevétel elérése után a vizsgált mintát azonnal tehermentesítettük. A zúzottkővet (kavicsot) a terhelés után 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0 és 15 mm lyukméretű szabványos szitákon átszitáltuk. A szétmorzsolódás mértékét az eredeti anyag és a szétmorzsolts anyag szitamaradékaival jellemeztük. (2. ábra)



2. ábra

A vizsgálat eredménye: a zúzottkő (kavics) szétmorzsolódással szemben tanúsított szilárdsága:

$$Z = \frac{600 - m}{100}$$

ahol  $Z$  a statikus nyomással történt szétnyomódás foka;  $m$  pedig a 6 szítán mért teljes szitamaradék összege.

A vizsgálathoz 40 Mp-os VEB gyártmányú anyagvizsgáló gépet alkalmaztunk minden esetben. Egy-egy vizsgálat eredményének 3 mérés átlagértékét tekintettük

*Zúzottkő (kavics) szemcsék nyomószilárdságvizsgálata, gyenge, puha szemek különválasztása alapján*

A vizsgálatot szemcse-frakciónként 100—100 db közetszemcsén végeztük el. Minden egyes szemcsét statikus nyomásnak vetettünk alá, amikor is a terhelés nagyságát a szemnagyságtól függően állapítottuk meg.

Az így megállapított terhelés hatására eltört szemcséket gyengéknek, mállóknak puha közetekből származóknak tekintettük, a többi szemcsét, mely a terhelés hatására nem tört szét, törésig tovább nem terheltek.

A vizsgálathoz egyenlőtlen karú emelőt alkalmaztunk (3. ábra).



3. ábra

A különféle anyagokból vett mintákból (100—100 db) minden egyes szemcsét statikus nyomásnak vetettünk alá a következő terheléssel:

5—10 mm-es frakció szemcséit	15 kp
10—20 mm-es frakció szemcséit	25 kp
20—30 mm-es frakció szemcséit	35 kp
30—40 mm-es frakció szemcséit	45 kp

A vizsgálatnak alávetett összes szemcsék súlya és a vizsgálatkor el nem tört szemcsék súlya közötti különbséget meghatároztuk. A gyenge, málló szemcsék mennyiségét minden egyes frakcióban százalékban fejeztük ki az adott frakció összes vizsgált szemcséinek súlyához viszonyítva.

*Durva adalék anyag nyomószilárdságának meghatározása hengerben (Brouk-féle vizsgálat)*

A már ismerttetett önszilárdságvizsgálat egy alfajának tekinthető ez a módszer, melyet Brouk J. J. hőszigetelő perlitbeton perlit adalék anyagának keménységvizsgálatára alkalmazott. A vizsgálatainkhoz alkalmazott henger 150 mm átmérőjű és 150 mm belmagasságú, míg az ebbe beillő dugattyú 148 mm átmérőjű volt. (A perlit esetében természetesen ettől eltérő méretű vizsgálóberendezést alkalmaztak.) A dugattyú alsó nyomófelülete alatt az 50 és 70 mm magassági szintet vizsgálat előtt bejelöltük.

A vizsgálandó köféleségekből 10—20 mm, 20—30 mm és 30—40 mm-es frakciókat képeztünk. A légszár az állapotban levő frakcionált adalék anyag mintákból a henger felső szélétől 5 cm magasságból szabadon beszórtunk annyi zúzottkővet (kavicsot), hogy az a henger feke felett 100 mm-re levő szintig legyen.

A beszórt adalék anyag egyengetett felületére ráállítottuk a dugattyút, ekkor az előzetesen bejelölt alsó szintjel egybe esett a henger felső szélével. Ezután az acélhengert az adalék anyaggal és a dugattyúval 40 Mp-os anyagvizsgáló gépünkbe helyeztük és megterheltük.

A hengerbe helyezett dugattyúnak 20 mm-ig történő behatolásánál megállapítottuk a terhelőerő nagyságát, mértékadóknak a 20 mm-es összenyomáshoz szükséges feszültséget tekintettük a dugattyú felületén mérve kp/cm<sup>2</sup>-ben.

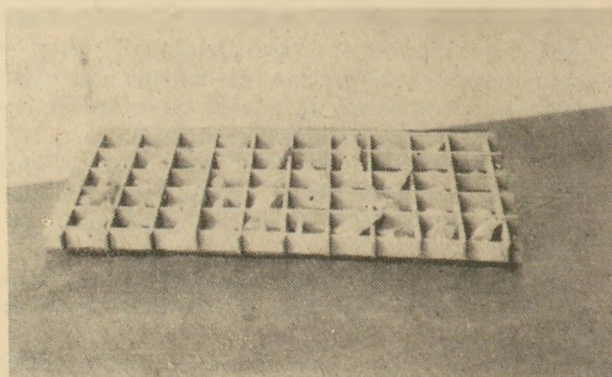
*Zúzottkő (kavics) hasítószilárdság vizsgálata*

A vizsgálatot az általunk a célra tervezett készülék segítségével a következő módon végeztük:

A zúzottkő kavicsszemcsékből légszár az állapotban 10—20; 20—30 és 30—40 mm-es frakciókat képeztünk megfelelő rosták segítségével. Ezután szemcsoportonként 200—200 db zúzottkő (kavics) minden egyes szemcséjének három fő méretét tolmérővel 0,5 mm pontossággal meghatároztuk. Az e célra előkészített rekeszes táblákba, mely 50 db szemese elhelyezésére volt alkalmas az előzetesen felmért kavicszemeket elhelyeztük a mérési sorrendnek megfelelően (4. ábra). Ezután a hasítókészüléket 10 Mp-os anyagvizsgáló gépünkbe helyeztük és a felmért kavicszemeket az előbbi sorrend figyelembevételével egyenként eltörtük (5.6. ábra). A különféle zúzottkő és kavicszemeken mért hasító értékekből, valamint a hasítóerőnek és a szemese vastagsági méretének hányadosából számított hasítószilárdság értékekből elkészítettük az MSZ 256 sz. „Közvetlenül mért mérési sorozatok matematikai statisztikai feldolgozása” című szabvány szerinti hisztogramokat.

A sorozatok átlagát a nevezett szabványnak megfelelő jelölésekkel az

$$\bar{X} = c + \frac{h}{n} \sum_{i=1}^m \text{fidi}$$



4. ábra

egyenlettel, a sorozatok szórásnégyzetét pedig az:

$$s^2 = \frac{h^2}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^m \text{fidi}^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^m \text{fidi} \right)^2 \right]$$

egyenlet alapján számítottuk.

ahol  $\bar{X}$  = mért értékek átlaga,

$s^2$  = mért értékeknek a mért értékek átlagától vett eltérés négyzeteinek összege osztva a szabadságfokok számával,

$n$  = sorozat hossza

$c$  = a kiindulásul választott osztásköz középpontja,

$h$  = az osztás szélessége,

$f_i$  = a gyakoriság

$$d_i = \frac{x_i - c}{h}$$

### A kísérleteinkhez felhasznált anyagok jellemzői

A kísérleteinkhez a kőanyagokat úgy választottuk meg, hogy a betonadalék anyagként számba jövő kőzetfélések nagyobb részt képviselve legyenek.

Az egy évre tervezett vizsgálati program adta lehetőségek figyelembevételével a következő kőanyagokat választottuk ki:

Kőanyag megnevezése	Származási helye
kvarckavics	Hegyeshalom
mészkö	Nagyharsány
andezit	Szob
gránit	Erdőmecske
bazalt	Uzsa
bazalt	Zalahaláp
murva	Üröm

A felsorolt kőanyagok közül a kavicsot II. sz. pófás törőgépen történt egyszeri aprítás után is felhasználtuk kísérleteinkhez. A mészkövet egy-szertört Z anyag formájában vizsgáltuk.

Az andezit kőanyag kétszertört NZ anyagként érkezett be laboratóriumunkba, ebben az állapotban vizsgáltuk.

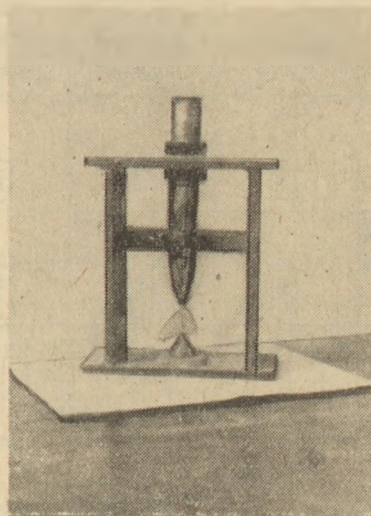
Gránitból hazai vonatkozásban csak darabos terméskő termelése folyik, ezért az Erdőmecske-ről darabos állapotban beérkezett gránitkőmintát II. sz. pófás törőgépünkön egyszer megtörtük.

A bazaltkő Uzsról, úgyszintén Zalahalápról kétszertört NZ zúzalék formájában került vizsgálatra.

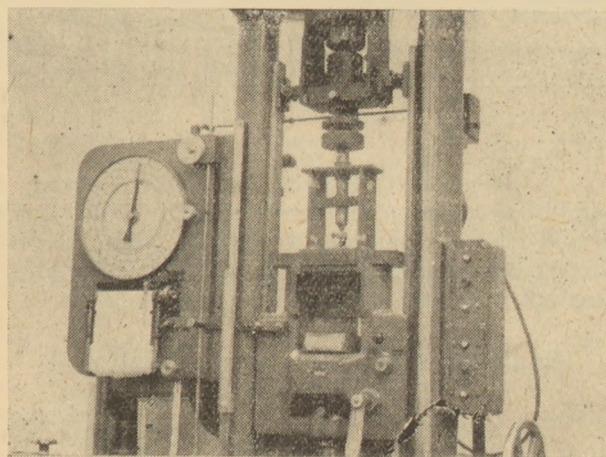
A murvaanyagot az ürömi lapos kőbányából szereztük be, osztályozatlan természetes elparózódású kerti murvaként, így alkalmaztuk kísérleteinkhez.

### A kőanyagokon végzett kőzetvizsgálatok eredményei

Valamennyi kőanyagból összehasonlító alapul kimunkáltuk az MSZ 1991—60 sz. szabvány előírásának megfelelő kockapróbatesteket a nyomószilárdság megállapítására. Továbbá elkészítettük az ÉaKKI Analitikai és Minerológiai Osztályával a szabvány 3 pontjában előírt kőzettani



5. ábra



6. ábra

vizsgálatot a mikroszkópi csiszolat alapján. A törőszilárdság vizsgálatot 5—5 db légszár, illetőleg vízzel telített állapotú 5 cm élhosszúságú kockán végeztük el. Egyidejűleg megállapítottuk a kő-kockák töréskori térfogatsúlyát is a geometriai méretek alapján.

A különféle vizsgálati módszerekkel a különféle kőanyag féléseken végrehajtott vizsgálatok eredményeit táblázatokban foglaltuk össze. Az adatok szemléltetővé tétele céljából azok segítségével készítettük a 7. ábrát.

Minden vizsgálatfajánál a legnagyobb néyszög az annak a módszernek az alkalmazásával elért legnagyobb tényleges értéket jelzi, azaz valamilyen jóságai sorrendet mutat. Több néyszög egy-egy kőféléseknél a szemesoportonként végzett vizsgálatoknál található. Az első néyszög a legkisebb, az utolsó a legnagyobb szemesoport-ról nyert eredményt szemlélteti.

A 7. ábra a vizsgálati módszerekkel nyert eredmények összehasonlítását is lehetővé teszi, az egyes kőanyagcsoportok, vizsgálati módszerek, valamint kőanyagfélések esetében.

Az ábrán a kockaszilárdságvizsgálati eredmények közül a légszáron tört kockák átlag értékeit tüntettük fel.

	Hegyeshalmi kavics	Nagyharsányi mészkő	Szobi andezit	Erdőmeckei gránit	Hegyeshalmi kavics zuz.	Uzsai bazalt	Zalahalápi bazalt	Űrömi kerti murva
MSZ. 1991.sz. Kockaszil. vizsg./légsz./kg/cm <sup>2</sup>	1990	898	863	942		1646	1596	800
Szétmorzsolódási tényező (Hummel) vizsg. z = 600m/100	1068	1411	1017	444	1106	1281	1016	1877
Puha szem vizsg. $\frac{e}{t}$ %	5-10 10-20 20-30 30-40 97 100 100 100	5-10 10-20 20-30 30-40 74 90 99 99	5-10 10-20 20-30 30-40 60 92 97 98	5-10 10-20 20-30 30-40 55 79 83 98	5-10 10-20 20-30 30-40 95 95 96 100	5-10 10-20 20-30 30-40 80 84 100 100	5-10 10-20 20-30 30-40 81 90 100 100	5-10 10-20 20-30 30-40 51 53 72 81
Durva adalékanyag nyomószil. (Brouk féle) vizsg. hengerben kp/cm <sup>3</sup>	20-30 30-40 40-50 141 158 80	10-20 20-30 30-40 40-50 69 60 79 57	10-20 20-30 30-40 40-50 21 52 58 50	10-20 20-30 30-40 40-50 52 47 39 34	10-20 20-30 30-40 40-50 44 69 81 78	10-20 20-30 30-40 40-50 71 65 30 52	10-20 20-30 30-40 40-50 39 60 57 66	10-20 20-30 30-40 40-50 57 46 41 35
Hasítószil. vizsgálat kg/mm	10-20 20-30 30-40 19 25 30	10-20 20-30 30-40 10 15 19	10-20 20-30 30-40 19 19 22	10-20 20-30 30-40 10 14 17	10-20 20-30 30-40 14 20 24	10-20 20-30 30-40 23 25 28	10-20 20-30 30-40 21 25 30	10-20 20-30 30-40 10 9 11

7. ábra

A beérkezett hegyeshalmi kavicsanyag a kisebb szemekben rendkívül szegény volt, így a Brouk-féle vizsgálatot a 10—20 mm méretű adalékanyag hiányában erre a frakcióra kiterjeszteni nem tudtuk.

#### Az alkalmazott önszilárdságvizsgálati módszerek értékelése

Zúzottkő (kavics) önszilárdságvizsgálata hengerben (Hummel vizsgálat).

A vizsgálat útján meghatározott szétmorzsolódási tényező értékekből az volt megállapítható, hogy közel azonos szilárdságú kőzetek esetében a módszer nem megfelelően érzékeny. A vizsgálati eljárás csak nagyobb minőségi, illetve szilárdsági különbségek érzékelésére alkalmas.

Meg kell jegyeznünk, hogy betonadalék anyagszilárdsága szempontjából ez nem hátrány, minthogy nem is szükséges árnyalati különbségek kimutatása.

A módszer reprodukálhatósági szempontból jó eredményeket adott, a három különböző időpontban megismételt három-három összehasonlító vizsgálat alkalmával nyert szétmorzsolódási tényezők értékei kőzetfajtánként meglepően egyeznek. További előnynek könyvelhető el, hogy a módszerrel nem egyedi szemeket vizsgálunk, hanem egy adalékalmazt, ami természetesen kisebb hibalehetőséget rejt magában.

Zúzottkő (kavics) szemcsék nyomószilárdságvizsgálata puha szemek különválasztása alapján.

E vizsgálati mód eredményei jól szemléltetik különféle kőanyagok homogén vagy inhomogén minőségét. A különféle kőzetek szilárdságának összehasonlítására a módszer nem alkalmas és önszilárdságára tájékoztatást nem nyújt.

Durva adalékanyag nyomószilárdságának meghatározása hengerben (Brouk-féle módszer).

A módszer kétségtelen előnye a Hummel vizsgálattal szemben, hogy végrehajtása, valamint az eredmények értékelése gyors és egyszerű. Azonban az e vizsgálatok útján nyert eredmények, azaz a 20 mm-es összenyomódás és ehhez tartozó terhelő erő nagyságának összefüggése nem egyértelmű (7. ábra). Ennek oka minden bizonnyal a hengerbe beszórt adalékanyag szemcsék alaki felületi tulajdonságaiban keresendő. Minthogy kőzetfajtánként az adalékanyag halmaz elhelyezkedése révén a vizsgált hengerben más más hézagterefogattal állunk szemben, a nagyobb hézagterefogatú halmazban az adalékszemeknek nagyobb lehetőségük van a szorosabb elhelyezkedésre.

#### Zúzottkő (kavics) hasítószilárdságvizsgálata

Az általunk végrehajtott hasítószilárdságvizsgálat — a kapott és a 7. ábrán szemléltetett eredmények alapján — legalkalmasabbnak látszik a különféle adalékanyagok önszilárdságának meghatározására.

A közölt eredmények alapján az alábbi megállapítások tehetők:

a) A hasítóerőből és a kőzetszemcse vastagságmetretéből képzett P/V viszonzszám alkalmas lehet arra, hogy önálló értéként jellemezze a zúzottkőféleségeket.

b) A kapott P/V értékek valamennyi vizsgált kőanyag esetében kifejezésre juttatják a nagyobb és kisebb szilárdságú anyagok közötti különbséget és azzal arányos összefüggésben állnak.

c) A P/V viszonzszám a szemcsecsoportok szemnagyságának növekedésével minden esetben emelkedő tendenciát mutat.

d) A szóban forgó vizsgálati módszer egyszerű és éppen ezért gazdaságos is. A hasítóberendezés anyagvizsgáló gépbe helyezve a kőanyag csekély előkészítése (frakcionálás, felmérés)



mellett alkalmas a vizsgálat elvégzéséhez. Meg kell jegyeznünk, hogy hasonló vizsgálati elven működő készülékekkel a Szovjetunióban jó tapasztalatok vannak.

### Összefoglaló javaslatok

A kőanyagok nyomószilárdságvizsgálatát az MSZ 1991—60 sz. szabvány a kérdéses kőanyagból kőcsiszolóberendezéssel kimunkálendő kockaprobatesteken írja elő. Az ily módon végrehajtott vizsgálatok eredményeivel szemben az elmúlt évek folyamán számos jogos kifogás merült fel.

A hasítószilárdságvizsgálat kielégíti a keresett vizsgálati módszerre vonatkozó követelményeket, ezért alkalmasnak látszik a betonadalék anyagok (kavics és zúzottkő) önszilárdságának egyszerű módon való meghatározására.

Alábbiakban közöljük a kísérleteink keretében nyert szabványos kockaszilárdságok és a hasítóvizsgálattal kapott hasítóértékek adatait: A kockaszilárdsági értékek 10—10 db (5 db légszáras 5 db vízzel telített) próbakocka, a hasítóértékek 600—600 db zúzottkő, illetve kavicszem töréséből kapott eredmények:

A kőanyag megnevezése	Nyomószilárdság kp/cm <sup>2</sup>	hasítóérték P/V kp/mm
Hegyeshalmi kavics . . . . .	1500—2000	20—28
Hegyeshalmi kavics zúzva	1500—2000	16—24
Nagyharsányi mészkő . . . . .	800—1100	10—15
Szobi andezit . . . . .	700—1200	18—22
Erdőmecskei gránit . . . . .	700—1100	10—17
Uzsai bazalt . . . . .	1600—1800	20—27
Zalahalápi bazalt . . . . .	1800—2700	21—30
Ürömi murva . . . . .	500—800	8—12

A nyomószilárdságra és hasítóértékre megadott két-két szám a vizsgálataink alkalmával az egyes kőzetek esetén kapott legalacsonyabb, illetve

legmagasabb értékeket jelenti, minimális kerekítéssel. Kutatómunkánk alapján javasoltuk az általunk kidolgozott hasítószilárdságvizsgálattal az MSZ 1991 és az MSZ 4713 sz. szabványok kibővítését.

### IRODALOM

- Brouk J. J.: Perlite Insulating Concrete, J. ACI, 1954.
- Durier: Traité de matériaux de construction, 29. Dureté des pierres 1960.
- Hummel: Die Ermittlung der Kornfestigkeit von Ziegelsplitt und anderen Leichtbeton Zuschlagstoffen. 1954.
- Dr. Lázár Jenő: Magyarországi vulkánikus kőzetek nyomószilárdsága. Építőanyag, 1959. 6. sz.
- Loporok L. J.: Építőanyagok és Szerkezetek építőipari szabványok és előírások. Sztroitelnie Materiali 1962. 9. sz.
- Nemeskéri Gézáné: Az óbudai téglá és cserépzúzalék felhasználása könnyűbeton adalék anyagként. Építőanyag 1961. 9. sz.
- Dr. Palotás László: Építőanyagok I. és II. 1961.
- Dr. Steopoe A. L.: Betonminőség. Építéshelyi betonvizsgálat. 1963.
- Szuhockij F. és Magidsz V. E.: Betonadalékok minősége és azok gyorsított vizsgálatára szolgáló eljárások. Sztroitelnie Materiali 1961.
- Vincze István: Statisztikai minőségellenőrzés 1958.
- Zaporozsev A. A.: Építőanyagok helyszíni és gyorsított vizsgálatára szolgáló eljárások. Minszk 1959.

- Mesterséges adalék anyagok felhasználásával készülő könnyűbetonok technológiájának kidolgozása. ÉTI intézeti jelentés, 1959.
- Szabványegységesítési javaslattevő Betonadalékok, vizsgálati módok. Csehszlovák Szocialista Köztársaság, 1961. február.
- Termésközúzalék és kavics építési munkák számára. Vizsgálati módszerek. (GOSzT 82-69-56) Bjulleteny sztroitelnoj tehniky. Moszkva, 1962.
- MNOSz 256-56 R Közvetlenül mért mérési sorozatok statisztikai feldolgozása.
- MSZ 1991-60 Természetes építőkövel vizsgálati módszerei.
- DIN 52109-39 Természetes kővek vizsgálata DINDVM 2109.
- ÖNORM B 3127 Természetes kővek vizsgálata.

### HELYREIGAZÍTÁS

A 7. ábra (298. oldal) első oszlopának 3. sorában a képlet helyesen

$$Z = \frac{600 - m}{100}$$

Az 5. sorban (kp/cm<sup>3</sup> helyett) kp/cm<sup>2</sup> a helyes.

# Kerámikus kötésű köszörűszerszámok minőségi és szerkezeti kérdései

MOSER MIKLÓS

## Bevezetés

A köszörüléssel való felületmegmunkálás jelentőségét az emberiség már történelmének kezdeti szakában felismerte.

Manapság a köszörűszerszámokat legnagyobb mennyiségben a gépipar használja fel, főleg gépelemek megmunkálására, szerszámélezésre, öntvények, kovácsolt idomok nagyolására, nemfém anyagok pl. ipari kövek, márvány, üveg kerámia anyagok, fa, bőr, gumi stb. megmunkálására.

Köszörülés során keményebb anyaggal munkálnak meg lágyabbat. A viszonylag nagykeménységű anyagokat először a természet szolgáltatta s ezek közül a homokkő és az ún. naxos-smirgli (szennyezett korund) volt a legjelentősebb.

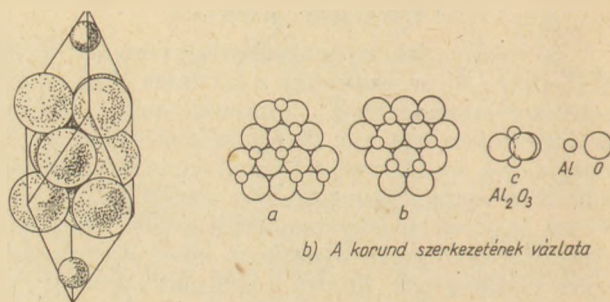
A köszörűszerszám-gyártás és a köszörülési technika fejlődése szempontjából döntő jelentőségű a szilíciumkarbid-gyártás (Acheson, USA 1891) és az elektrokorund előállítás (Moyat és Hassbacher, Németország 1894) feltalálása. A köszörűszerszám gyártásához világszerte felhasznált szilíciumkarbid mennyisége ma már több mint  $6 \cdot 10^4$  tonna/év, az elektrokorund mennyisége pedig ennek kb. négyszerese. A felhasznált elektrokorund egy része ún. normálkorund ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalom kb. 95%) a másik része pedig kb. 99%-os  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalmú nemeskorund. Az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  leggyakoribb kísérő komponensei a  $\text{CaO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ .

A normálkorundot bauxitból, a nemeskorundot timföldből, a szilíciumkarbidot kvarchomokból és petrolkokszból állítják elő elektrotermikus úton. Az olvasztás után lehűtött tömböket aprítják, majd különböző méretű frakciókra osztályozzák. A köszörűszemcséket egyrészt laza másrészt kötött állapotban használják fel.

A köszörűszerszámok túlnyomó többsége kerámikus kötéssel készül, mert ezzel a kötéssel nagy szilárdságú, pórusos szerkezetű, hőálló, vízálló és jól szabályozható keménységi és tömörségi fokozatú szerszámok gyárthatók. A fentieket figyelembe véve a továbbiakban csak a kerámikus kötésű köszörűszerszámokkal foglalkozunk.

A kerámikus kötésű köszörűtestek a kerámia munkamódszereivel készült forgácsoló szerszámok, melyek köszörűszemcsékből (nemes- és normálkorund, szilíciumkarbid), a köszörűszemcséket szilárd vázba foglaló kötőanyagból és levegő pórusokból épülnek fel. E szerszámok legjellegzetesebb tulajdonsága az önélezőképesség.

Az önélezőképességet egyrészt a szerszám szerkezete, másrészt a köszörűszemcsék tulajdonságai teszik lehetővé. Köszörülés folyamán a szerszám munkafelületén elhelyezkedő szemcsék elkopznak. A kopási folyamat előrehaladásával megnövekszenek a szemcsékre ható erők, s ennek következtében a szemcsék részlegesen vagy teljesen kitörnek. A kitört szemcsék mögött új, éles szemcsék helyezkednek el, tehát ily módon a



a) Ionok illeszkedése a korundrácsban

1. ábra. a) Ionok illeszkedése a korundrácsban, b) A korund szerkezetének vázlatja

szerszám munkafelülete állandóan renergerálódik.

Az igen változatos tulajdonságú megmunkálható anyagok és a különböző megmunkálási igények és körülmények a legváltozatosabb felépítésű köszörűszerszámokat igénylik. Ilyen szerszámok előállításának elvi feltételeit a különböző szemcsefajták — szemcseméreték és — mennyiségek, valamint különböző kötőanyagfajták és — mennyiségek, ezenkívül pedig az előállítási körülmények változtatásában rejlő nagyszámú kombinációs lehetőség kiaknázása biztosítja.

E heterogén felépítésű termék tulajdonságait és szerkezetét a következő szempontok alapján elemezzük:

1. A köszörűszemcse — kötőanyagfázis saját tulajdonságai [1].
2. A köszörűszemcse — kötőanyagfázis aránya
3. A köszörűszemcse — kötőanyag — levegőpórus hármas rendszer szövete.

## I. rész

### A köszörűszemcse — kötőanyagfázis saját tulajdonságai

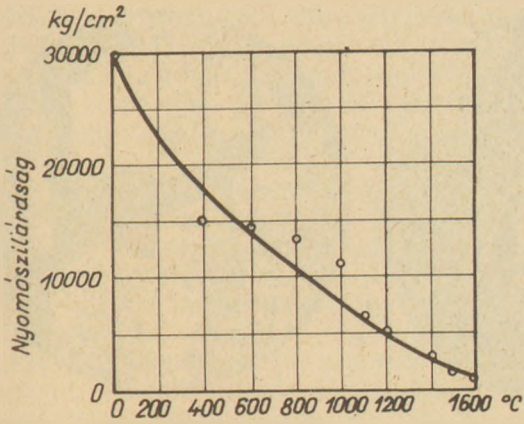
Elektrokorund szemcsék.

A korund ( $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{D}_{3d}$ ) a trigonális rendszerben kristályosodik.

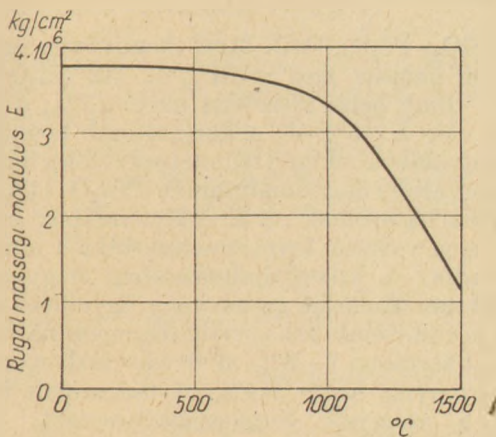
A korund  $\text{D}_{5_1}$ -típusú ionrácsot alkot melynek romboéderes alaprácsában az oxigén-ionok pszeudooktaéderesen a legszorosabb illeszkedésben veszik körül az alumínium iont. A tömör illeszkedésmód következménye a nagy keménység. A korund főleg hexagonális prizma alakjában kristályosodik. Fajsúlya 4. Olvadáspontja  $2050^\circ\text{C}$ . A Mohs-féle keménységi skálában a 9. helyet foglalja el. Mikrokeménysége  $2000 - 2200 \text{ kg/mm}^2$ . A korund egykristályok nyomószilárdsága az optikai tengellyel párhuzamos irányban  $302,2 \text{ kg/mm}^2$ , az optikai tengelyre merőleges irányban pedig  $147,0 \text{ kg/mm}^2$  [2].

A zsugorított korund nyomószilárdságának hőmérséklet függése a 2. ábrán látható.

A korund egykristályok rugalmassági modulusa  $E_k = 5,2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$ . A rugalmassági modulus



2. ábra. Zsugorított korund nyomószilárdságának változása a hőmérséklet függvényében



3. ábra. A korund rugalmassági modulusai különböző hőmérsékleteken

változását a hőmérséklet függvényében a 3. ábra szemlélteti [3].

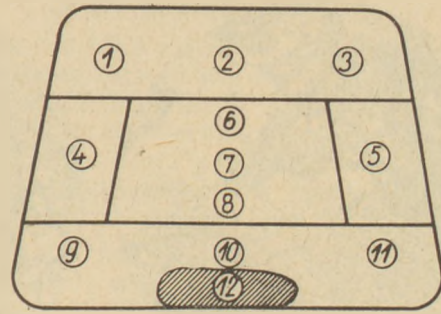
A technikai korund tulajdonságai a megadott értékektől bizonyos eltérést mutatnak, mert annak összetétele, kristályos felépítése a kiinduló anyagok (bauxit, timföld) összetételétől és az előállítási körülményektől függ. Az elektrokorund köszőrűszemesek polikristályosak. A polikristályok összetétele és szövete a már említett okok miatt igen változatos lehet, s így a különböző eredetű szemcseanyagok egyúttal különböző tulajdonságok hordozói is.

A normál- és nemes elektrokorund szemcsék főbb jellemzőit hazai gyártású mintákon tanulmányozzuk [4].

### Normálkorund

Az olvasztott és lehűtött korundtömb inhomogén.

A köszőrűszerszám gyártáshoz az ejtőkörtével zúzott tömbből kézi erővel válogatják ki a megfelelő minőségű darabokat, s ezeket további aprításnak vetik alá. A tömb legfontosabb ásványa a gyengén rózsaszín árnyalatú korund, mely vas-tag táblás (romboéder és véglap kombináció) alakban kristályosodik. A korundkristályok mérete a tömbön belül 0,4—0,7 mm között változik. A tömb középső részében (6, 7, 8) a korundtar-



4. ábra. Az olvasztott normálkorundtömb metszete a mintavételi helyek megjelölésével

talom 93—95%, a felső részben (1, 2, 3) 84—89%-ra csökken, a legkevesebb a tömb oldalán (4, 5) ahol mindössze 78%. A korundtartalom ilyen nagymértékű ingadozását a változó, néhol 23%-ot is elérő [4] kalciumhexaaluminát tartalom ( $\text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$ ) okozza. A kalciumhexaaluminát a korund legfontosabb kísérő ásványa, melynek szintelen vagy gyengén kékes színű halmazai a tömb közepén a korund kristályközöket, a tömb felső részében pedig a korund dendritjeiben levő üregeket tölti ki.

A kalciumhexaaluminát vékony, gyakran kötegekké csoportosult bazális lemezek alakjában kristályosodik.

Kedvezőtlen kristályosodási feltételek esetén a tömbben lemezes korundkristályok képződhetnek, melyek első látásra összetéveszthetők a kalciumhexaaluminát kristályokkal. I. I. Safranovszkij mérései szerint [2] a kalciumhexaaluminát lemezek hatszöges hasábbal és bipiramisokkal bázislap kombinációt képeznek, ezek közül legfontosabbak a 2241 és az 1121 bipiramisok. A kalciumhexaaluminát lemezek a hexagonális rendszer holoéderes osztályába tartoznak, a korundlemezek kristályrendszere a trigonális és az 1011 romboéder és véglap kombinációját alkotják.

A kalciumhexaaluminát kékes és zöldes színűt a benne oldott  $\text{Ti}_2\text{O}_3$  okozza.

A szintelen  $\text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$  fajsúlya 3,54; mikroeménysége 1500—1800 kg/mm<sup>2</sup>. Olvadáspontja  $1850 \pm 10$  °C, inkongruens (korund + olvadékra bomlik).



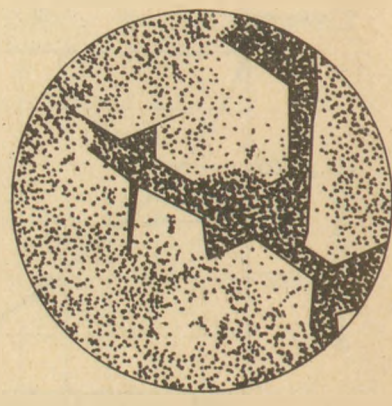
5. ábra. A tömb felső része (1). Dendrites korund (sötét-szürke), kalciumhexaaluminát (világosszürke) és oxigénmentes titánvegyület beágyazások (fehér). Visszavert fényben 125×



6. ábra. A tömb oldala (4). Korund és kalciumhexaalumínát aggregátumok, oxigénmentes titánvegyület beágyazásokkal (fehér). Visszavert fényben 125×



7. ábra. A tömb alsó része (10). Kalciumhexaalumínát aggregátumok a korundkristályok csatlakozásainál fehér titánkarbid beágyazásokkal. Visszavert fényben 125×

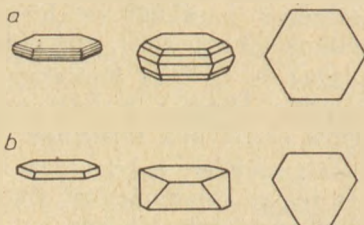


8. ábra. Kalciumhexaalumínát analízátor nélkül; 30×

A köszörűszerszámgyártáshoz felhasznált normálkorund szemcsékben a kalciumhexaalumínát-tartalom 3—7% között változik. A magyar normálkorundban a titánnak csak oxigénmentes vegyületei találhatóak, titánnitritek, — karbonitritek és — karbidok. Ezek apró szemcséi és dendritjei a korund és hexaalumínát kristályaiba ágyazódnak be, (5., 6., 7. ábra) s mennyiségük 0,2—0,4%.

#### Nemeskorund

Színképelemzési adatok szerint a Magyarországon gyártott nemeskorund viszonylag magas  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalmú ( $99 \pm 0,3\%$ ).



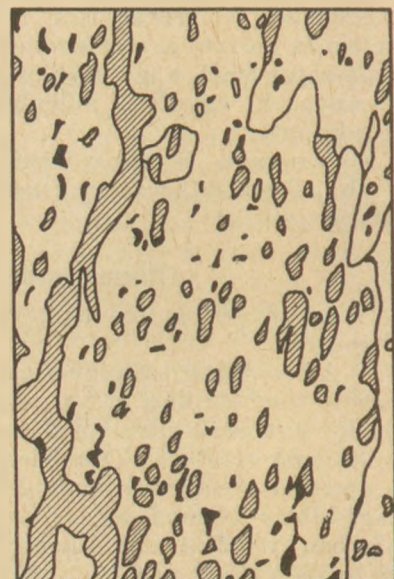
9. ábra. a) A kalciumhexaalumínát kristályok jellegzetes alakjai. b) A korundkristályok jellegzetes alakjai

A  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  mennyisége egyenként sem haladja meg a 0,1%-ot. Az  $\text{Na}_2\text{O}$  tartalom a tömb belső részeiben max. 0,2%, a felső részben eléri a 0,6%-ot. A korundtömb hosszúkás kristálynyalábokból épül fel, melyeket főleg hatszögletes lemez alakú nátriumalumínát ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3$ ) kristályok határolnak. A kristálynyalábok hosszmérete igen változó, keresztmetszetük a 4 mm-t is meghaladja. A kristályhalmazokban nagyszámú 0,2—0,5 mm átmérőjű gázzárvány figyelhető meg.

A korundtömb felhasznált részeinek nátriumalumínát tartalma 2—3%, az üveges fázis mennyisége viszonylag kevés 0,4%. A nátriumalumínát rontja a szemcsék forgácsolóképességét, ezért jelenléte nem kívánatos. A nátriumoxid kisebb  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalmú vegyületben való megkötése céljából egyes helyeken [2] az olvadékba kvarchomokot adagolnak.

#### Szilíciumkarbid

Szilíciumkarbidot Magyarországon nem gyártanak. Köszörűszerszámgyártáshoz kétféle minőséget használnak, az ún. fekete és zöld szilícium-



10. ábra. A nemeskorund szövete. 8×

karbidot. A zöld, ill. fekete szín a kis mennyiségű szennyező anyagoktól származik.

A zöld és fekete szilíciumkarbid mikrokemény-sége azonos, eltérő irányokban 2840—3320 kg/mm<sup>2</sup> között változik. A felső határ az optikai tengellyel párhuzamos —, az alsó határ az arra merőleges irányban mért érték. A zöld szilíciumkarbid ridegbb, ezért használata keményfém ötvözetek megmunkálásánál előnyös. Forgácsolóképesége mintegy 20%-kal nagyobb, mint a feketéé [5].

A SiC mellett az esetleg néhány százalékban jelenlevő szennyező anyagok a következők: kvarc, krisztobalit, antracit, grafit, anortit, pszeu-dowollasztontit, kalciumkarbid, nátriumklorid, alu-míniumszuboxid (Al<sub>2</sub>O), üveg, Fe, Si, Ti stb. ötvözetek.

Gyártása elektromos ellenálláskemencékben történik. A kvarchomok és a petrolkoksz reak-cióját az alábbi egyenlettel fejezik ki:



A közbenső reakciók még nem pontosan tisztázottak. A szintézis hőmérsékletétől függően a szilíciumkarbid szabályos (1650—2000 C°) vagy hexagonális (2000 C° felett) rendszerben kristá-lyosodik. A szabályos rendszerű módosulat (β—SiC) 1800 C°-tól kezdve monotrop módon hexagonálissá (α — SiC) alakul.

### A SiC módosulatai [5]

A SiC-nak több módosulata ismert. A szabá-lyos rendszerbe tartozó szilíciumkarbid (β — SiC) kristályrácsa szfalerit (ZnS—Ta) típusú. A kova-lens kötés által összetartott atomrácsok jellegze-tes tulajdonságai közül a SiC-nál a nagy kemény-ség a legszembetűnőbb és egyúttal a legértéke-sebb is.

Szerkezete két egymáshoz képest 1/4 térdia-gonálissal eltolt köbös laponcentrált Si- ill. C- rácsnak fogható fel. Egymás után ABC-vel jelölt helyzetekben levő legtömörebben illeszkedő Si atomok (111) síkhálóiba hasonlóan felépített C- rács van beleillesztve oly módon, hogy az (111) síknormális irányban az (111) rácstávolság Z = 3/4 részével van eltolva. Ily módon az Si-tetraéderek csúcspontjai a C-tetraéderek súlypontjai-ban, a C-tetraéderek csúcspontjai pedig az Si-tetraéderek súlypontjaiban helyezkednek el.

A szabályos rendszerű SiC tehát olyan Si—C kettős síkhálóból épül fel, melyek ABC ABC sorban követik egymást.

A többi SiC módosulat egymástól csak a kettőshálók rétegeződési sorrendjében különbö-zik, amikor is két azonos betűvel jelölt réteg nem következhet egymásután.

### A fontosabb SiC módosulatok

1. táblázat

Módosulat	Rétegeződési sorrend	Kettősréte-gek száma az elemi cellában	Kristály-rendszer	C/a-érték (ideális)
β-SiC	ABC ABC ...	3	szabályos	$\sqrt{6} = 2,450$
SiC I	ABC $\overline{ABC}$ AB $\overline{C}$ A $\overline{BC}$ A $\overline{BC}$ ABC $\overline{ABC}$ . ABC $\overline{BA}$ C $\overline{AB}$ A $\overline{C}$ BC A $\overline{BC}$ ABC $\overline{BA}$ C.	15	romboédes	$5 \cdot \sqrt{6} = 12,2475$
SiC II	ABC A $\overline{BC}$ ABC A $\overline{BC}$ ABC A $\overline{BC}$ ABC. ABC A $\overline{CB}$ ABC A $\overline{CB}$ ABC A $\overline{CB}$ ABC.	6	hexa-gonális	$2 \cdot \sqrt{6} = 4,899$
SiC III	ABAC ABAC ...	4	hexa-gonális	$4/3 \cdot \sqrt{6} = 3,266$

A periódus hosszúságot aláhúzás jelöli. A ré-tegeződési sorrend oszlopában a SiC I. és a SiC II.-nél a felső sorban összehasonlításképpen a szabályos módosulat is szerepel.

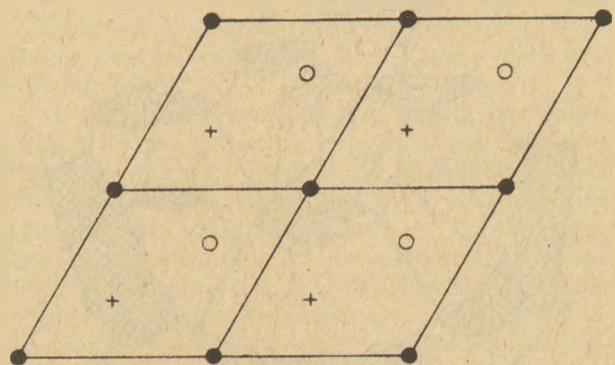
A SiC kristályok geometriája minden egyes módosulatnál közelítőleg azonos rácsenergiát igényel, ezért az egyes modifikációk viselkedése közötti különbségek csak akkor lépnek előtérbe, ha olyan reakciókról van szó melyeknél a felület szerepe döntő. Ilyenek pl. a gázfázissal lejátszódó reakciók.

### A kőszőrűszemcsék viselkedése felhasználás során

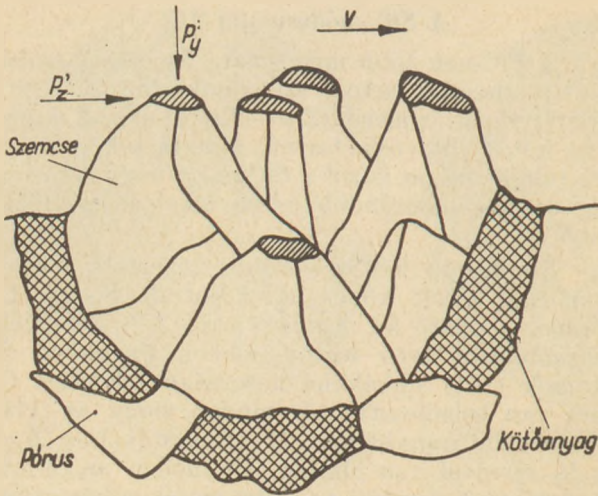
A kőszőrűszemcsék felhasználás közben való elhasználásmódja minőségüktől és kötésüktől függ. Példaként a nemeskorundot tanulmányozzuk.

A kőszőrűszemcsékre felhasználás során vál-takozó mechanikai és termikus igénybevételek hatnak. A mechanikai igénybevételek lökéssze-

rűek. A forgácsolás során fellépő pillanatnyi hőmér-sékletértékek igen nagyok (500 C°—2000 C°-ig).



11. ábra. Szilíciumkarbid kettősháló A, B, C helyzetben. A Si és a C ebben a projekcióban egymás felett helyezkedik el. ● SiC „molekula” A helyzetben, + SiC „molekula” B helyzetben, ○ SiC „molekula” C helyzetben

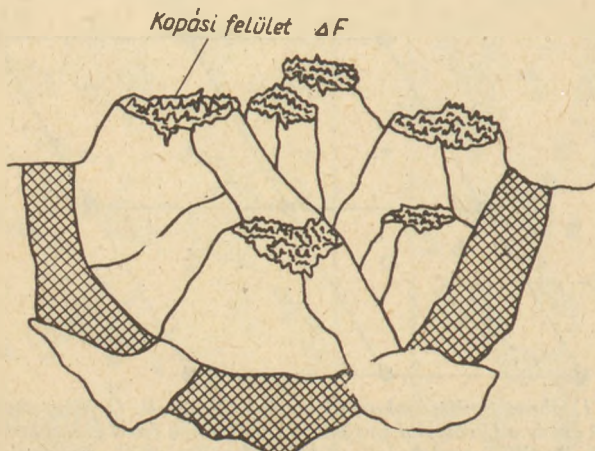


12. ábra. „Leszabályozott” köszőrűszemcsék igénybevétel előtt

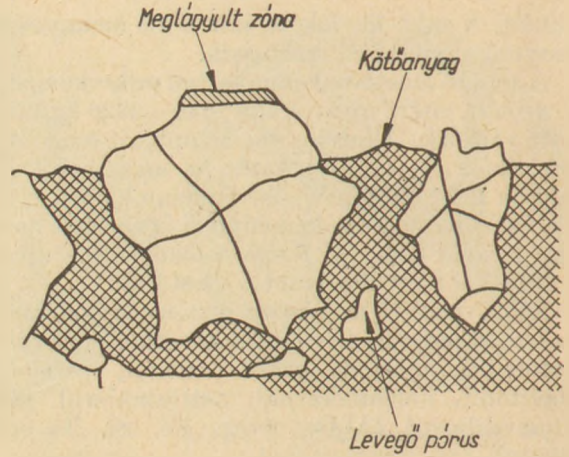
A köszőrűszemcsék forgácsolás során a következő módokon használandók el:

A korundszemcsék tulajdonságainak a hőmérséklet függvényében való változásáról már volt szó (2., 3. ábra). Az ábrákból kitűnik, hogy nagy hőmérsékleteken a korund nyomó- és szakítószilárdsága nagymértékben csökken. J. Peklenik vizsgálatai szerint a köszőrűszemcsék kopásának fő oka a termikus hatások során bekövetkező nyomás alatti lágyulás. A nagy hőmérsékleti értékekre utalnak a megolvadt fémmárványok is, melyek a szemcsék kopási felületei közé ékelődnek. Ryschkewitzsch szerint a korundszemcsék nyomás alatti lágyulása már kb. 1200 C°-on bekövetkezik. A mechanikai igénybevételek hatására a korund kopási felületéről a megmunkálandó tárggyal való érintkezés idejétől és a felépő hőmérséklettől függően kisebb nagyobb rétegek válnak le.

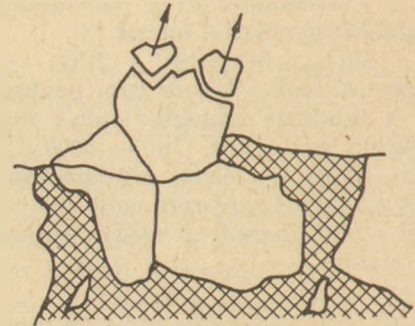
A korundszemcsék felületi rétegein és annak belsejében fellépő tangenciális feszültségek ( $\sigma_t$ ) különbözők, s ennek hatására a szemcsék kopási felületein repedések keletkeznek. A repedések következtében a szemcsék szilárdsága erősen lecsökken s a vágóéleken fellépő ismételt igénybevételek hatására az egyes kristálycsoportok letöredeznek. Az egyes kristálycsoportok letöredezése által a kopási felület is csökken. E jelenség a



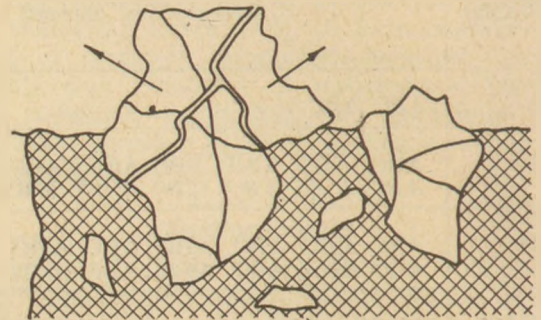
13. ábra. Elkopott köszőrűszemcsék



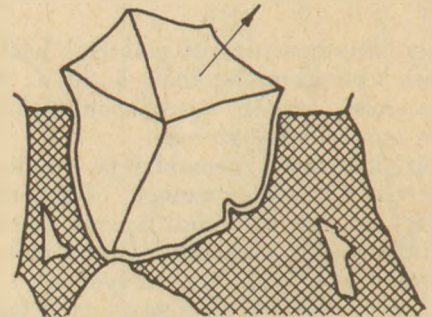
14. ábra. Nyomás alatti lágyulás termikus hatásokra



15. ábra. Egyes kristálycsoportok kitöredezése

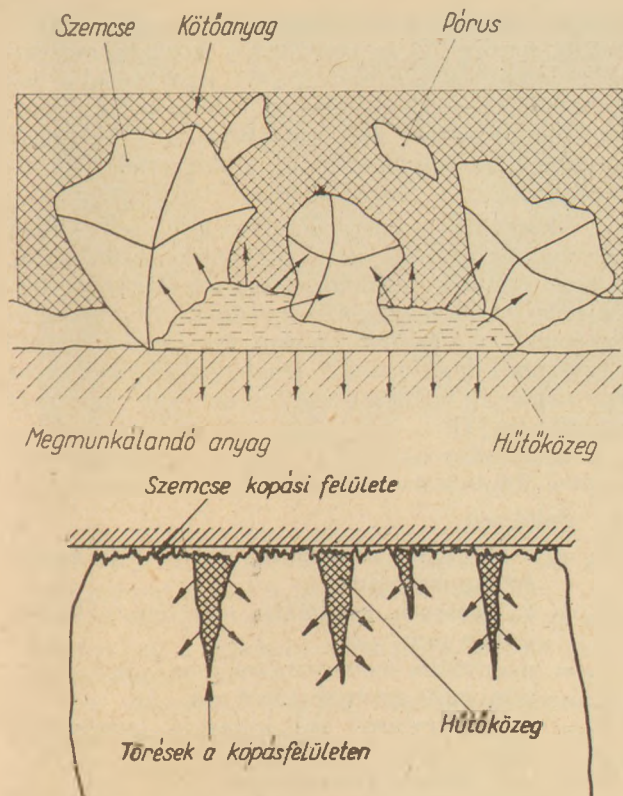


16. ábra. A szemcsék részleges kitörése



17. ábra. Teljes szemcsékítörés

szemcsék önéleződése gyanánt is felfogható. A szemcsék önéleződését a hűtőfolyadék is segíti, mely a szemcsékben levő üregekbe, hasadékokba behatol és a vágás pillanatában (magas hőmérséklet) elgőzölve expandál s eközben az üregekben megtapadt anyagi részecskéket (főleg a megmunkálandó anyagból származó) mintegy kimossa.



18. ábra. a) A hűtőfolyadék szerepe köszörülésnél.  
b) A hűtőfolyadék szerepe köszörülésnél

Kevésbé ismert probléma, hogy kémiai reakciók mennyiben befolyásolják a köszörűszemcsék, ill. — szerszámok kopását. Erre vonatkozó kutatások fejlett államokban is csak aránylag rövid múltra tekinthetnek vissza [6]. A köszörülés során lejátszódó és már ismert kémiai reakció például a forgácsolt felület és a leválasztott forgács oxidációja. Oxigén távollétében nem lehet fémetek köszörülni, mert a fém forgácsképződés nélkül csak ide oda nyomódik. Ennek oka az, hogy az újonnan kialakított és még szennyeztelen fémfelület igen rövid idő alatt összeheged egy másik hasonló felülettel. A forgácsok tehát amilyen gyorsan keletkeznek úgy oda is tapadnak az alapanyaghoz. Oxigén jelenlétében az újonnan kialakult felületeket azonnal oxidfilm vonja be, mely az összehegedést megakadályozza. Egyes fémeknél az oxidáció sebessége nem elég gyors, ilyenkor a köszörűkorongba vagy a hűtőfolyadékba adagolnak pl. szulfidokat, kloridokat stb. melyek a keletkező felületeken kémiai reakciók során alakítják ki a szulfid vagy klorid réteget. Az említett példa nyomás is érzékelhető, hogy a kémiai reakciók minden bizonnyal jelentős tényezői a köszörülésnek.

A köszörűszemcsék felhasználás közben tanúsított viselkedését értékelve megállapíthatjuk, hogy a szemcsék saját tulajdonságai a köszörülés gazdaságosságának igen jelentős tényezői. Ahhoz, hogy a szemcsék kedvező tulajdonságai felhasználás közben maradék nélkül érvényesülhessenek, optimális tulajdonságú kötésre, esetünkben megfelelő kerámikus kötésre van szükség.

Midőn a szemcsék elhasználódását tárgyaltuk, a kötésről külön nem volt szó, de magától értetődő-

nek vettük, hogy a különféle igénybevételek idején a szemcsék megfelelő rögzítése biztosított. Ha a szemcsék teljes kitoréséről mint a kopási folyamat szélső esetéről és mint a szerszám önéleződésének feltételéről tárgyalunk, már közvetlenül rá kell irányítani figyelmünket a kötésre. Az előbb tárgyaltakkal egyszerűsített körvonalaztuk a kerámikus kötés szerepének lényegét is.

### A kerámikus kötés

A köszörűszemcséket összetartó kötőanyag-hidak a szerszám legfontosabb építőelemeihez tartoznak. Ezek mérete, minősége és elrendeződés módja a szerszám működése szempontjából alapvető jelentőségű.

A köszörülésnél fellépő dinamikus erők állandó behatásai következtében a kerámikus kötés szétroncsolódik. Optimális esetben e folyamat fokozatosan megy végbe (önéleződés). A szorosabb értelemben vett köszörülési műveleten kívül még számos tényező járul hozzá a kötés szétroncsolódásához. Így pl. a korongok egyensúly hibája, egyenlőtlen elhasználódásuk, a köszörűgép hibái, a köszörülési folyamatot közvetlenül követő hűtés miatti gyors hőmérsékletváltozások stb. Köszörülés során a szerszám vágóélei viszonylag kis felületen hatnak, és a fellépő erők csak e szemcséket, ill. az azokat tartó kötést rongcsolják. Az előzőek során felsorolt egyéb rongcsoló behatások viszont az egész szerszám kötését fárasztják, s így előfordulhat, hogy mire a megfelelő kötéshidak „sorra kerülnek”, már jórészt szétroncsolódtak és a szemcséket elhasználódás előtt elengedik.

Általános érvényű megfigyelés, ill. szabály, hogy kemény megmunkálandó anyaghoz lágy kötés, lágy megmunkálandó anyaghoz keményebb (szilárdabb) kötés szükséges. Ennek magyarázata, hogy a keményebb anyagok jobban koptatják a szemcséket, hamar elhasználódnak, az önélezést tehát olyan kötés biztosítja mely időben elengedi a szemcséket. Lágy anyagok megmunkálásánál a szemcsék kevésbé használódnak el, a kötésnek viszonylag hosszú ideig kell azokat megtartani.

A kerámikus kötés kialakulásának lényegét érintő irodalmi adat igen kevés. A különböző gyártó cégek ugyanazt a célt a legkülönbözőbb nyersanyagokkal és igen változatos módokon érik el s a kialakult összetételi viszonyokat (receptúrákat) és technológiákat nem közlik. Megnehezíti az áttekintést, hogy termékek egységes és egyértelmű összehasonlítása ma még nem végezhető el (lásd később).

A leggyakrabban használt kerámikus kötőanyagok különböző arányú agyagásvány, kvarc és földpát keverékek, melyek a főkomponenseken kívül mészpátot, magnezitet és egyéb folyósító anyagokat is tartalmazhatnak. A kötőanyagok jellege a korund- és szilíciumkarbid szemcséknél különböző. A korundszemcsék kötésénél használt kötőanyagok összetételükben és tulajdonságaikban nagyszilárdságú szívós mázakhhoz hasonlíthatók, a szilíciumkarbid kötése inkább a köedénnyel és a lágyporcelánnal rokon.

Korundszemcsék esetében égetés során az üvegszerű kötés úgy alakul ki, hogy a kötőanyag

könnyebben olvadó komponensei a többi kötőanyag komponensét valamint a korundszemcsék felületét is oldják, ez utóbbit oly mértékben, hogy a lehülés során megszilárduló szemcse + kötőanyag kapcsolat kellő szilárdságát biztosítsa (a kerámikus kötésű korongokat 35 m/másodperc kerületi sebességig használják!) s emellett a kötőanyag oldó hatására a vágóélek csak kismértékben tompulnak el. Alapvető követelmény, hogy az égetés során kialakult kapcsolat szilárdsága megfeleljen az elérni kívánt kötéskeménységnek is. A korundszemcsék felületének oldása következtében a szemcse + kötőanyag kapcsolat igen intenzív. Ebben az ún. átmeneti rétegben az  $Al_2O_3$  tartalom jelentősen megnövekszik. Ez utóbbival magyarázható az a tény, hogy a kötőanyagok olvadáspontja felet 200 °C, sőt 300 °C-kal magasabb hőmérsékleten is égethetők a korongok anélkül, hogy a kötőanyag kifolyna, ill. a korong deformálódna.

SiC-nál intenzív szemcse + kötőanyag kapcsolat kialakulására nem kerül sor. A szemcsék felületén maximum néhány mikronnyi mélységben jön létre eddig még pontosan nem tisztázott kötés. Dietzel és munkatársai szerint [5] ha a kötőanyag magas lágyuláspontú, kismértékű a reakció és a termék szilárdsága is csekély. Reakciókra akkor kerül sor, ha a kötőanyag a SiC szemcséken hevítés során képződő  $SiO_2$  védőréteget fel tudja oldani. Ekkor alakulhat ki megfelelő szilárdságú kötés. A SiC kötésével kapcsolatos ismeretek még meglehetősen bizonytalanok és túl sok a nem igazolt és még nem igazolható feltevés, ezért a közlemény II. részében ismertetendő saját mérések és következtetések részletezésénél túlnyomórészt az elektrokorund szemcsék kötési kérdéseivel foglalkozunk.

E munka — a termék jellegét, a felhasználási igényeket és körülményeket, valamint a nemzetközi színvonalat és a jelenlegi hazai adottságokat szem előtt tartva — főbb vonásaiban a következőkre terjed ki:

1. A hazai legfontosabb kötőanyag típusok jellemzése kémiai, ásványi, granulometrikus felépítésük és hevítés során tanúsított viselkedésük alapján.

2. A megállapított tulajdonságok értékelése és módosítása az igényeknek megfelelően.

3. Újtípusú kötőanyagok készítése és jellemzése.

4. A hevítés során kialakuló elektrokorund-kötőanyag rendszerek korszerű módszerekkel való tanulmányozása.

5. Az elektrokorund-kötőanyag rendszerek fázis összetételének összefüggése a legfontosabb felhasználási tulajdonságokkal.

### A köszörűszemcse — kötőanyagfázis aránya

A köszörűszerszámok strukturális felépítettségének egzakt törvényszerűségei még nem ismertek, mert az alkotóelemek változatossága, nagyszámú kombinációs lehetősége és nem utolsósorban a nem egységes szempontok szerint való gyártás e munkát nagymértékben megnehezíti.

Ez irányú munka alapjait csupán néhány éve kezdik lerakni. A hozzáférhető közül a legátfogóbb szemléletű, korszerű és legalaposabb az Acheni Műszaki Főiskola Szerszámgép és Üzemtani Tanszékének Laboratóriumában folytatott kísérletek és mérések alapján körvonalazott elképzelés.

E munka a köszörűszemcsék és kötőhidak méreteinek és alakjának meghatározására épül. A szemcsék és kötőhidak mérési adatainak segítségével levezetik a köszörűszerszámok volumetrikus egyenletét. A köszörűszerszámgépjártásnál fellelhető nagyszámú kombinációs lehetőség határok közé szorítására új fogalmat a kötésequivalens fogalmát vezetik be [7].

A következőkben Dr. Ing. J. Peklenik vezetésével folytatott munkát vázlatosan ismertetjük

Jelölések:

$\bar{d}_{k1}$  = a szemcsék maximális méreteinek középértéke mm,  $\mu\text{m}$

$\bar{d}_{k2}$  = a szemcsék minimális méreteinek középértéke mm,  $\mu\text{m}$

$d_{k1}$  = maximális szemcseméret mm,  $\mu\text{m}$

$d_{k2}$  = minimális szemcseméret mm,  $\mu\text{m}$

$F_b$  = egy szemcsére eső kötőhid keresztmetszete  $\text{mm}^2$

$F_k$  = egy szemcse felülete  $\text{mm}^2$

$K$  = a köszörűszerszám volumetrikus állandója

$K_v = \frac{V_{k1}}{F_k}$  = szemcseállandó  $\text{mm}^3/\text{mm}^2$

$l_b$  = kötőhid hosszúsága  $\mu\text{m}$ , mm

$n_k$  = 1 pondra eső szemcseszám szemcse/p

$N_h$  = kötéskeménységi fokozat ( $N_h = 1-19$ -ig)

$N_s$  = tömörségi fokozat ( $N_s = 1-12$ -ig)

$s_{k1}$  = a szemcsék maximális méreteinek szórása mm

$s_{k2}$  = a szemcsék minimális méreteinek szórása mm

$V_b$  = kötőanyaghányad %

$V_{bk}$  = egy szemcsére eső kötőanyaghányad  $\text{mm}^3$

$V_k$  = volumetrikus szemcsehányad %

$V_{ke}$  = az egyes szemcse térfogata  $\text{mm}^3$

$V_{k0}$  = a tömörségi fokozat szemcsehányada  $N_s = 0\%$

$V_p$  = pórushányad %

$Z$  = térfogategységre eső szemcsék száma szemcsék/ $\text{cm}^3$

$Z_1$  = hosszegységre eső szemcseszám szemcse/cm

$\gamma$  = fajtsúly  $\text{p}/\text{cm}^3$

$\varphi_h$  = keménységi fokozati lépcső

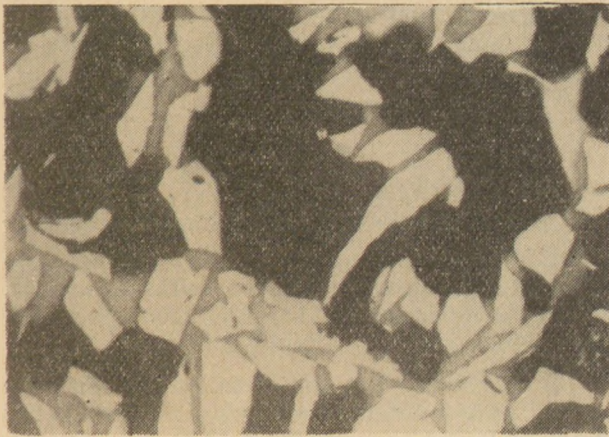
$\varphi_s$  = tömörségi fokozati lépcső

$\lambda_k$  = valódi szemcse távolság mm

$\xi = \frac{\bar{d}_{k1}}{\bar{d}_{k2}}$  = a szemcsék maximális és minimális méreteinek aránya

A köszörűszemcsék alakja és mérete pontosan meghatározható, ezzel szemben a kötőhidak méreteinek megállapításánál feltevésekre vagyunk utalva, melyek mérésekkel ma még nem támaszthatók alá. Mivel a kötőhidak méretei minden valószínűség szerint a szemcsemérettel korrelatív összefüggésben vannak, a szemcseméret pontos meghatározása rendkívül fontos.





19. ábra. Különböző méretű és alakú kerámi­kusan kötött (szürke) köszőrűszemcsék (fehér)

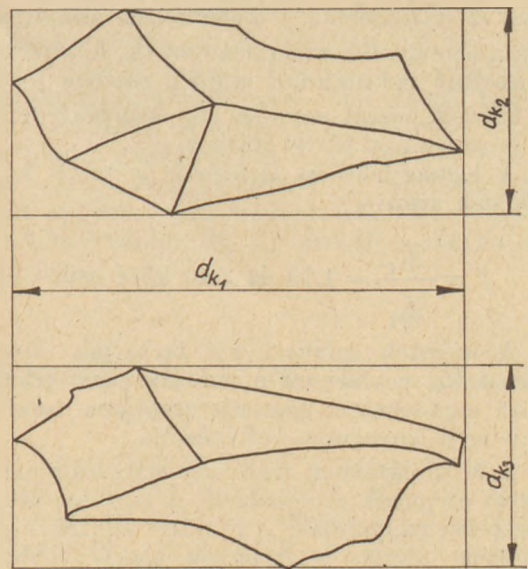
A szabálytalan alakú köszőrűszemcsék polikristályok aprítása során keletkeznek. E szemcsék mérete és alakja igen változatos.

A szemcse mérete szempontjából jellemző adat annak a legkisebb téglának a mérete melybe az behelyezhető.

A szemcsék alakjuk szerint a következő csoportokra oszthatók:

1.  $d_{k1}:d_{k2}:d_{k3} \approx 1:1:1$  izotermikus vagy normál alak
2.  $d_{k1}:d_{k2}:d_{k3} \approx 1:1:0,33$  lapos alakú
3.  $d_{k1}:d_{k2}:d_{k3} \approx 1:0,33:0,33$  tű alakú
4. az 1—3. kombinációi.

A szemcsék méretei mikroszkóp alatt határozhatók meg. Az említett intézetben két kísér-



20. ábra. A köszőrűszemcsék jellemző méretei

letsorozatban vizsgálták a nemeskorund és szilíciumkarbid valamint a normálkorund szemcsék méreteit. Az előbbi kettőből a névleges méretnek megfelelő szitafrakciót, az utóbbiból pedig a szabvány által szabályozott szitamérethatárok közé eső a gyakorlatban felhasznált szemcséket vizsgálták.

A  $d_{k1}$  és a  $d_{k2}$  középértékeit és szórásait minden esetben 2000 mérésből számították. A szabvány által rögzített mérethatárok összehasonlításképpen szerepelnek a táblázatokban.

2. táblázat

Szemcse-méret	Köszőrűszemcse	A szemcsék mérethatára (szabványosított)		Mikroszkóp alatt meghatározott szemcseméreték				$\bar{d}_k = \frac{\bar{d}_{k1} + \bar{d}_{k2}}{2}$ (mm)	$\xi = \frac{\bar{d}_{k1}}{\bar{d}_{k2}}$
		$d_{kn1}$ -től $d_{kn2}$ -ig (mm)	középértékek $\bar{d}_{kn}$ (mm)	középértékek		szórások			
				$\bar{d}_{k1}$ (mm)	$\bar{d}_{k2}$ (mm)	$s_{k1}$	$s_{k2}$		
8	SiC	2,8 —2,3	2,550	3,674	2,122	0,63	0,366	2,898	1,73
10	SiC	2,3 —2,0	2,150	3,145	1,739	0,443	0,292	2,442	1,83
12	SiC	2,0 —1,7	1,850	2,704	1,561	0,393	0,27	2,132	1,73
16	SiC	1,4 —1,20	1,300	2,095	1,173	0,35	0,19	1,634	1,79
24	EK	0,85—0,70	0,777	1,410	0,784	0,272	0,147	1,097	1,80
	SiC			1,251	0,670	0,21	0,136	0,960	1,87
30	EK	0,60—0,50	0,550	1,116	0,504	0,193	0,103	0,810	2,30
	SiC			0,971	0,478	0,158	0,088	0,724	2,02
46	EK	0,42—0,355	0,387	0,649	0,306	0,134	0,066	0,477	2,12
	SiC			0,703	0,373	0,151	0,071	0,538	1,89
60	EK	0,30—0,25	0,275	0,518	0,228	0,117	0,051	0,373	2,28
80	EK	0,21—0,18	0,195	0,456	0,185	0,109	0,042	0,320	2,06
	SiC			0,305	0,193	0,08	0,044	0,294	2,28

A 2. táblázatból a következők állapíthatók meg: a legnagyobb szemcseméret  $\bar{d}_{k1}$  középértékei a szabvány maximumot minden esetben jelentősen túllépik, ezzel szemben  $\bar{d}_{k2}$  középértéke igen közel van az alsó tőrészhatárhoz.

A legnagyobb és legkisebb méretek középértékének aránya

$$\xi = \frac{\bar{d}_{k1}}{\bar{d}_{k2}} = 1,73 \text{ és } 2,46 \text{ közé esik} \quad (1)$$

A méretek szórásai azt mutatják, hogy a  $d_{k1}$  és a  $d_{k2}$  értékeinek ingadozása igen jelentős. Ez az ingadozás a köszörszerszámok tulajdonságait igen lényegesen befolyásolja.

A 3. táblázatban szabvány szitaszámmal jellemzett szemcsék szerepelnek. A szórások itt természetesen nagyobbak. A  $\xi$  arány szintén 2 körül ingadozik, vagyis a szemcsék alakja többnyire oktaéderez.

Az oktaéderez alakú szemcsék átlagos térfogata és felülete a következőképpen fejezhető ki:

$$V_{ke} \approx 0,67 \bar{d}_{k2}^3 \quad (2)$$

$$F_k \approx 4,4 \bar{d}_{k2}^2 \quad (3)$$

Mindkét értékre a későbbiekben lesz szükség.

Különböző szemcsék gyakorisági analizisének segítségével a szabványos szitaszámmal jellemzett keverékszemszámokban levő névleges méretű szemcsehányadok megállapíthatók.

A következő két ábrán különböző szemcseméretű és összetételű minták  $d_{k1}$  és  $d_{k2}$  értékeinek eloszlása látható a szabványosított szemcseméretekre vonatkoztatva.

Az ábrák szerint a tényleges szemcseméret a szabványban rögzített határokat lényegesen túllépik (pl. a 10-es ASTM szitaszámmal jellemzett SiC szemcsék  $d_{k1}$  értékei).

3. táblázat

Szemcse méret	A szemcsék mérethatára (szabványosított)*		Mikroszkóp alatt meghatározott szemcseméret				$\bar{d}_k = \frac{\bar{d}_{k1} + \bar{d}_{k2}}{2}$	$\xi = \frac{\bar{d}_{k1}}{\bar{d}_{k2}}$	Szemcseterőfogat $V_{ke}$ (mm <sup>3</sup> )	Szemcsfelület $F_k$ (mm <sup>2</sup> )	Szemcsállandó $\frac{V_{ke}}{F_k} \cdot 10^{-3}$ mm <sup>3</sup> /mm <sup>2</sup>
	$d_{kn1}$ -től- $d_{kn2}$ -ig (mm)	közép- értékek $\bar{d}_{kn}$ (mm)	középértékek		szórások						
			$\bar{d}_{k1}$ (mm)	$\bar{d}_{k2}$ (mm)	$s_{k1}$ (mm)	$s_{k2}$ (mm)					
10	2,30 —2,00	2,150	3,908	1,842	0,762	0,395	2,875	2,12	4,22	14,9	28,3
16	1,40 —1,20	1,300	2,354	1,149	0,48	0,252	1,751	2,05	1,02	5,8	17,6
20	1,00 —0,85	0,925	1,994	0,961	0,43	0,206	1,477	2,07	0,596	4,05	14,7
24	0,85 —0,70	0,777	1,450	0,660	0,307	0,147	1,056	2,20	0,193	1,92	10,05
36	0,60 —0,50	0,550	1,110	0,470	0,233	0,016	0,780	2,34	0,069	0,98	7,05
46	0,42 —0,355	0,387	0,780	0,340	0,170	0,079	0,560	2,29	0,0265	0,51	5,2
60	0,30 —0,25	0,275	0,526	0,240	0,100	0,053	0,382	1,19	0,00925	0,254	3,64
80	0,21 —0,18	0,195	0,42	0,180	0,091	0,0415	0,298	2,23	0,00390	0,1425	2,74
100	0,15 —0,125	0,137	0,27	0,110	0,063	0,030	0,189	2,45	0,00087	0,0533	1,63
120	0,125 —0,105	0,115	0,21	0,086	0,056	0,0265	0,148	2,44	0,00043	0,0326	1,35
150	0,085 —0,075	0,080	0,12	0,082	0,050	0,027	0,139	1,46	0,00037	0,0295	1,25

Az egyes szemcsék gyakorisági analízise a gyártásnál lényeges szerepet kell, hogy kapjon, mert segítségével jól felhasználható támpontot kapunk a keménységi és tömörségi viszonyok kialakításához.

A köszörszerszámok szemcse—kötőanyag arányának vizsgálata

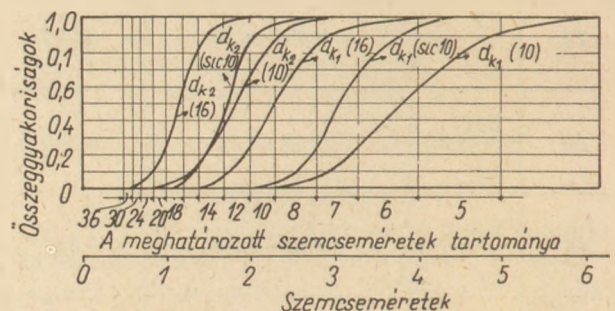
A köszörszerszámok szöveti felépítését, fizikai-mechanikai tulajdonságait a köszörszemcse méretek valamint a volumetrikus kötőanyag- és szemcsehányadok határozzák meg.

Ha a köszörszerszám térfogatát 100%-nak vesszük, a következő egyenlet írható fel:

$$V_k + V_b + V_p = 100\% \quad (4)$$

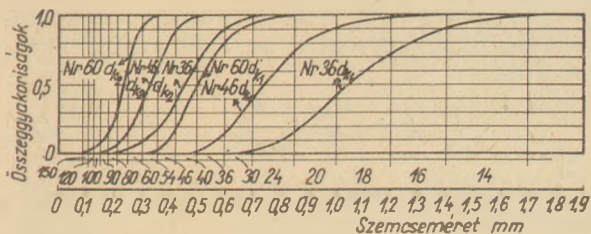
A köszörszerszámok fő jellemzőihez tartozik a „keménység” mely ez esetben sem pontosan

definiált fogalom. Általában azt az ellenállást értik rajta, melyet a szerszám felületi rétegei a szemcsékre ható kitorőerővel szemben kifejtnek. A keménység döntően a kötőanyaghányadtól  $V_b$ -től függ. A Norton-féle keménységi skála E-től



21. ábra. Mikroszkóp alatt meghatározott szemcseméret összeg gyakorisága a szabványosított szemcseszámok (ASTM szerinti jelölés) függvényében. (SiC 10-es szabvány méretű szemcse, 10-es és 16-os normálkorund keverékszemszám)

\* A %-jelölést a következőkben elhagyjuk.



22. ábra. Mikroszkóp alatt meghatározott szemcseméreték összeg gyakorisága a szabványosított szemcseszámok (ASTM szerinti jelölés) függvényében. (Normálkorund 36, 46, normálkorund 60-as keverékszemcse)

Z-ig következő betűjelekkel osztályozza a különböző keménységű szerszámokat, a DIN 68100 szerint a következő csoportosításban:

4. táblázat

Igen lágy	Lágy	Közép kemény	Kemény	Igen kemény	Különlögesen kemény
E	H	L	P	T	X
F	I	M	Q	U	X
G	J	N	R	V	Z
	K	O	S	W	

A gyakorlatban ez a jelölés használatos. A köszörűszerszámok szöveti felépítése és tulajdonságai közötti korrelatív összefüggések elemzéséhez ez a jelölésmód nem használható, célszerűbb helyette a gyakorlatban igen ritkán használt X, Y, Z fokozat elhagyásával a következő jelölésmód bevezetése:

A keménységi fokozatok a kötőanyaghányad növekedésével ( $V_b$ )

$$E = 1\text{-től } W = 19\text{-ig növekszenek}$$

A keménységi fokozati lépcső  $\varphi_h$  olyan paraméternek tekintendő, melynek növekedése megadja minden következő magasabb keménységi fokozathoz tartozó kötőanyaghányad növekedést. Minden következő magasabb keménységi fokozatban a kötőanyaghányad a pórushányad rovására nő.

A fokozati lépcsők általában számtani sor szerint következnek. A (4) egyenlet a következő magasabb keménységi fokozatra az alábbiak szerint írható fel.

$$V_k + (V_b + \varphi_h) + (V_p - \varphi_h) = 100 \quad (5)$$

A fokozati lépcső csaknem gyártó vállalatonként változik. Irodalmi adatok 0,4–1,5 közötti értékeket említenek. Ezek az adatok reálisak,

mert számos saját mérés is igazolta, hogy egyes külföldi korongok a hazai megfelelőnél lényegesen kevesebb kötőanyaggal nagyobb keménységet és szilárdságot valamint jobb forgácsolási teljesítményt mutatnak. A fokozati lépcső értéke talán a legfontosabb minőségi mutató, mellyel főleg a gyártás színvonala jellemezhető. Az (5) egyenlet szerint a keménységi fokozati lépcsők változásával a köszörűszemcsék volumetrikus aránya nem változik.

### III.

#### A köszörűszemcse—kötőanyag—levegőpórus hármas rendszer szövete

A köszörűszemcse—kötőanyag arány egyidejű változtatásával különféle tömörségi fokozatok hozhatók létre. A tömörség a kötés keménységgel csaknem egyenértékű jellemzője a köszörűszerszámoknak. A levegőpórusok mérete, alakja, eloszlása a kötés szilárdságát, a kötéskeménységet és a forgácsolási tulajdonságokat is befolyásolja. Fejlett ipari államokban 10–12 vagy annál is több tömörségi fokozatban gyártanak köszörűszerszámokat. Hazai viszonylatban még e fogalom szabatos értelmezése a soron következő feladat.

A köszörűszerszámok valamely tömörségi fokozatát az előtte levő egy lépcsővel tömörebbtől az különbözteti meg, hogy benne a szemcsehányad meghatározott százalékarányban csökken, a kötőanyaghányad azonos százalékarányban való növekedése mellett. A (4) egyenlet ebben az esetben így írható fel:

$$(V_k - \varphi_s) + (V_b + \varphi_s) + V_p = 100 \quad (6)$$

A tömörségi fokozati lépcső aritmetikus, arab számokkal jelölik, értéke  $\varphi_s = 2$ .

A tömörségről elmondottak gyártás szempontjából támpontot alig nyújtanak, csupán egy séges tárgyalási alapot adnak. Tömörségi skála kidolgozásához (együtt a keménységi skálával) számos, az irodalomban még alig tárgyalt elvi megfontolás, mérhető és értelmezhető adat szükséges. Ezek a végzett munkák értékelésével kerülnek kifejtésre.

#### A köszörűszerszámok volumetrikus egyenletének levezetése

A szemcsehányad  $V_k$  és a pórushányad  $V_p$  a köszörűszerszámokban csak a tömörségi lépcsőhöz tartozó szemcsehányadtól és a keménységi lépcsőhöz tartozó pórushányadtól függ. A kötőanyaghányadok, melyek a keménységgel vagy a

5. táblázat

	Igen lágy			Lágy				Közép kemény				Kemény				Igen kemény			
Norton-féle jelölés . . . . .	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
Új jelölés . . . . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

tömörséggel változnak a (4) egyenlet alapján a következőképpen fejezhető ki:

$$V_b = 100 - V_k - V_p \quad (7)$$

A kötőanyag- és szemcsehányad aritmetikus lépcsőződése esetén a keménység és tömörség fokozatai számának ( $N_h$  és  $N_s$  lásd 4. táblázat), valamint a fokozati lépcsők  $\varphi_s$  és  $\varphi_h$  figyelembevételével:

$$V_b = 100 - (V_{k_0} - \varphi_s N_s) - (V_{p_0} - \varphi_h N_h) \quad (8)$$

A volometrikus szemcse- és pórushányadok által adott szélső feltételek konstansnak vehetők. A volometrikus közzörűszerszám egyenlet általános kifejezése a következő:

$$V_b = \varphi_s N_s + \varphi_h N_h - K \quad (9)$$

ahol  $K = 100 - V_{k_0} - V_{p_0}$  az általános volometrikus állandó.

A (9) egyenlet megoldásánál a szélső feltételeket figyelembe kell venni, hogy a  $K$  állandót meg tudjuk határozni. A szemcsehányad  $V_{k_0}$  részére a kiinduló pontot a tömörségi fokozat  $N_s = 0$ , a pórushányad  $V_{p_0}$  részére pedig a keménységi fokozat  $N_h = 1$  (E-keménység) képezi.

Irodalmi adatok szerint a  $N_s = 0$  fokozatnak  $V_{k_0} = 62$ ,  $N_h = 1$ -nek pedig  $V_{p_1} = 49,5$  felel meg. Mivel a keménységi lépcső  $N_h$  nem 0-val, hanem 1-el kezdődik (Norton szerinti E keménység) számítástechnikai szempontból szükséges [(lásd (8) egyenlet)], a pórustérfogatot  $V'_{p_1} = V_{p_1} + \varphi_b = 51$ -nek venni.

Az adatok felhasználásával

$$K = 100 - V_{k_0} - V_{p_1} = 13 \quad (10)$$

A volometrikus egyenlet (9) az előzők figyelembevételével:

$$V_b = \varphi_s N_s + \varphi_h N_h - 13 \quad (11)$$

A  $\varphi_s$  tömörségi fokozati lépcső egybehangzó irodalmi adatok szerint 2. A keménységi lépcsőkre  $\varphi_h$ -ra vonatkozóan igen különböző adatok ismeretek pl. 2; 0,8; 0,4.

Két szomszédos keménységi fokozat között különbséget csak akkor tudunk megállapítani, ha a kötőerők középértékei és azok szórásai egymástól lényegesen különböznek, vagyis ha a differencia statisztikusan biztosított. Ha ez a feltétel nem teljesül (jelenlegi hazai gyártás) nem beszélhetünk keménységi és tömörségi fokozatokról.

### A kötés equivalens

A különböző szemcseméretekből, keménységi- és tömörségi fokozatokból adódó kombinációk lehetőségeket a gyártóipar nem használja ki. Ismeretes, hogy a gyakorlatban adott szemcseméret esetén nem állítható elő tetszőleges keménységi és tömörségi fokozatú szerszám. Durvább szemcsékből pl. csak  $N_h = 11-16$ -ig,  $N_s = 3-8$ -ig gyártható. Ezzel szemben finomabb szemcsékből csak  $N_h = 2-12$ -ig, és  $N_s = 7-10$ -ig állítható elő.

Az ún. kötésequivalens ( $q$ ) bevezetése lehetővé teszi, hogy a közzörűszerszámok előállításai

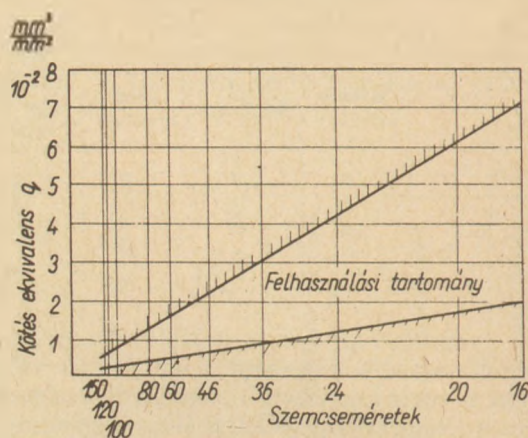
határait rögzíthessük. A kötésequivalens a közzörűszemcse felületegységére eső kötőanyag térfogatot adja:

$$q = \frac{V_{bk}}{F_k} \frac{\text{mm}^3}{\text{mm}^2} \quad (12)$$

A (2), (3), (9) egyenlet figyelembevételével a kifejezés így alakítható át:

$$q = 0,152 \frac{\varphi_s N_s + \varphi_h N_h - K}{V_{k_0} - \varphi_s N_s} \frac{\text{mm}^3}{\text{mm}^2} \quad (13)$$

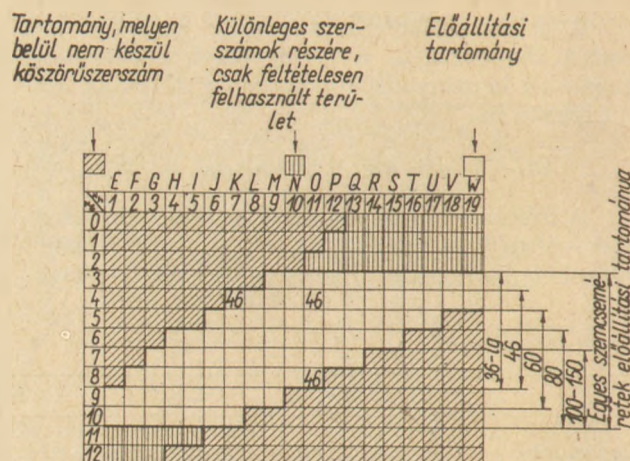
Ha a közzörűszerszámokra a szemcseméret függvényében kiszámítjuk a kötésequivalenst a következő ábrát kapjuk.



23. ábra. A kötésequivalens  $q$  a szemcseméret függvényében

A 36-os szemcseméretnél  $N_s = 3$  esetén  $q$  értéke  $q_{\min} = 0,8 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^3/\text{mm}^2$  és  $N_s = 8$ -nál  $q_{\max} = 3,0 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^3/\text{mm}^2$  között változik.

A következő ábra azokat a tartományokat adja meg melyekben meghatározott tömörségi szerszámok a keménységtől függően előállíthatók. Így pl. egy 46-os szemcseméretű közzörűszerszám 4-es tömörségben  $K$ -tól 0 keménységig készíthető, 7-es tömörség esetén viszont  $Q$ -ig.



24. ábra. A keménységi- és tömörségi fokozatok alkalmazási területe a közzörűszerszámok gyártásánál

## IRODALOM

- [1] *Nemecz Ernő*: A kerámiai anyagok kristálykémiája (Grosfcsik János: A kerámia elméleti alapjai II. fejezet.)
- [2] *N. E. Filonenko, I. V. Lavrov*: Petrográfija iszkusstvennüh Abrazivov MASGIZ 1958.
- [3] *Dr. Ing. Janez Peklenik*: Untersuchungen über das Verschleisskriterium beim Schleifen, Bericht aus dem Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre der TH Aachen.
- [4] Magyarországon gyártott korundmintákon az általami Ősz-szövetségi Csiszolóanyagipari és Köszörűléstechnikai Tudományos Kutatóintézetben (VNIAS, Leningrád) végzett vizsgálatok.
- [5] Forschungsberichte des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums Nordrhein-Westfalen Nr. 685. Westdeutscher Verlag/Köln und Opladen.
- [6] *Coos, L. Ir.*: Knowledge of the scientific principles of grinding in basis of redent progress in abrasives. Industrial and Engineering Chemistry Washington 1955. 12.
- [7] Über einige Gesetzmässigkeiten des Aufbaues von Schleifkörpern als Zerspannungswerkzeuge. Bericht aus dem Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre der TH Aachen.

*Moser Miklós*: Kerámikus kötésű köszörűszerszámok minőségi és szerkezeti kérdése.

A köszörűszemcse-kötőanyag-levegőpórus hármasszerből felépített köszörűszerszámok tulajdonságait célszerűen e fázisok saját tulajdonságai, ezek aránya és szöveti felépítése alapján tanulmányozhatjuk. A köszörűszemcsék valamint a kerámikus kötőanyagként felhasznált nyersanyagok nagy része is kristályos anyag, ez a tény nemcsak a gyártástechnológia, hanem a felhasználási tulajdonságok megtervezése és kialakítása szempontjából is alapvető jelentőségű. A köszörűszerszámok felépítésében résztvevő alkotóelemek változatossága és a kombinációs lehetőségek nagy száma igen megnehezíti a szerkezeti felépítés egzakt törvényszerűségeinek megismerését. E téren mégcsak kezdeti eredmények állnak rendelkezésre.

*Moser Miklós*: ВОПРОСЫ КАЧЕСТВА И СТРУКТУРЫ ТОЧИЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ НА КЕРАМИЧЕСКОЙ СВЯЗКЕ.

Изучение свойств точильных инструментов, созданных из тройной системы точильные зерна — вяжу-

щее вещество — воздушные поры, наиболее целесообразно проводить на основе изучения свойств отдельных фаз, их соотношения и строения. Точильные зерна, а также сырьевые материалы, используемые в качестве керамических вяжущих веществ, представляют собой в основном кристаллический материал, что имеет решающее значение с точки зрения проектирования свойств и их оформления. Изменяемость компонентов, применяемых при создании точильных инструментов, и большое количество возможностей комбинаций, очень затрудняет изучение точных закономерностей оформления структуры. В этой области достигнуты пока ещё только первые результаты.

*Moser, Nikolaus*: Struktur- und Qualitätsfragen der keramisch gebundenen Schleifwerkzeuge

Man kann die Eigenschaften des Dreikomponentensystems Schleifkorn-Bindemittel-Luftpore zweckmäßig auf Grund von Eigenschaften, Verhältnis und Textur der einzelnen Phasen studieren. Die Tatsache, daß die Schleifkörner, wie auch die als keramische Bindemittel verwendeten Rohstoffe, größtenteils kristallinisch beschaffen sind, ist von grundlegender Wichtigkeit, sowohl für die Erzeugungstechnologie, wie auch betreffs der Gestaltung der Eigenschaften im Gebrauch. Die Mannigfaltigkeit der Baukomponenten von Schleifkörpern und die beträchtliche Anzahl der Kombinationsmöglichkeiten erschweren das Erkenntnis der exakten Gesetzmässigkeiten des Strukturufbaus. Z. Z. kann man bloß mit anfangsresultaten rechnen. (S. G.)

*Miklós Moser*: Some Quality and Structure Questions of Grinding Wheels of Ceramic Bond

Grinding wheels can be considered as a system made of three phases: abrasive grains — ceramic bond — air pores; thus their properties are determined by the own properties of the phases and the ratio and texture of them. Abrasive grains and ceramic raw materials are crystalline this fact being of utmost importance in the proper design of the production technology and the technical properties. The exact laws of structure are almost unknown because the variety of structural compounds and the high number of combination possibilities.

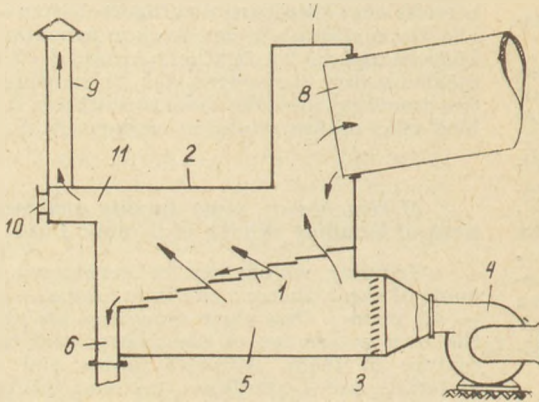
## Szabadalmi Szemle

### Berendezés utáncapsolt hűtővel rendelkező cementipari forgókemencénél a szekunder levegő hozzávezetésének szabályozására

Claudius Peters A. G. Hamburg  
Megjelent: 1963. augusztus 8.  
A találmány berendezést ismerteti a szekunderlevegő-hozzávezetés szabályozására, utáncapsolt hűtővel rendelkező cementipari forgókemencéknél, amelyeknél a felhevített hűtőlevegőt részben a forgókemencébe, részben egy kéményen át közvetlenül a szabadba vezetik. Az ismert berendezéseknél e kéményhez fojtószelepet alkalmaznak. Gyakran azonban a forgókemence által felvett levegőmennyiség, a klinker által leadott hőmennyiség változása követ-

kezében, erősen ingadozik és ezáltal a kemence munkafolyamata egyenlőtlennek válik. Ha pl. a hűtőrendszerben időlegesen nagyobb klinkermennyiség van jelen vagy a klinker hőfoka magas, úgy a fojtószelepet tovább nyitják, hogy a kéményen keresztül nagyobb légmennyiség legyen elvezethető, és hogy ezáltal a kemencén áthúzó levegőmennyiség lehetőleg konstans legyen. A fojtószelep megfelelő kezelése nehézségekbe ütközik és gyakorlatilag lehetetlen fenti eszközökkel a kemence ellátása a szükséges szekunderlevegővel. A találmány e hátrányokat úgy kerüli el, hogy a kémény lábánál történik a friss levegő bebocsátása, ami által a felhevített hűtőlevegőt a kéményen keresztül konstans mennyiségben vezetik el. Ezenkívül önműködő vezér-

lés felhasználásával a kezelőszemélyzet kikapcsolható. Míg az ismert berendezéseknél a távozó hűtőlevegő hőfoka 80—90 °C közötti, addig az ingadozás a találmány alkalmazásával felére csökkenthető és a forgókemence munkafolyamata lényegesen egyenletesebbé válik. Az ábra szerinti berendezésnél (1) rostélyhűtő 2 háza alul egy vagy több 3 csatlakozóvezetékkel rendelkezik, amely 4 nyomólégfűvóhoz vezet. 4 fűvő felhasználásával a rostély alatti 5 térbe külső levegő nyomul. A klinker a rostélyt 6 kihulló nyíláson hagyja el. A klinkerház jobboldali 7 része kapcsolatban van a kemence 8 végével és így egy része a forró hűtőlevegőnek a kemencébe áramlik. 2 ház felső végénél 9 kéményt helyezik el, amely a külső levegőbe torkollik. A kémény alsó végén 10 nyílás nyer elhelyezést, amelyen keresztül áramlik a hűtőbe a hideg levegő. Ha időnként — ami üzem közben elkerülhetetlen — a kemencejárat ingadozása következtében a hűtőbe nagyobb klinkermennyiség vagy a szokásosnál nagyobb hőfokú klinker jut, úgy a hűtőlevegő természetesen nagyobb mértékben hevül fel a szokásosnál. 9 kéményen át tehát forróbb hűtőlevegő távozik. A magasabb levegőhőfok következtében nagyobb vákuum keletkezik és a kémény szívóhatása nő. Ezáltal 10 nyíláson keresztül az eddignél nagyobb mennyiségű hideg levegő szívódik fel, így a távozó hűtőlevegő-mennyiség lényegében azonos marad.



## Csiszolókorong tanácsadószerv

A gépipar rohamos fejlődése során egyre több és jobb minőségű csiszolókorong előállítását igényeli. Ha vizsgáljuk a hazai a Gránit gyár által előállított csiszolókorongok minőségét, megállapíthatjuk, hogy ezek megközelítik a külföldi csiszolókorongok minőségét.

Összehasonlító vizsgálatokon bebizonyosodott, hogy a Gránit korongjai egységyi idő alatt ugyanannyi, vagy több anyagot köszörültek le a munkadarabokról, mint az ugyanolyan körülmények között kipróbált NDK (Roick, Bötzw, Rottluff), csehszlovák (Benetky) és osztrák (Tyrolit) korongok. A speciális rendeltetésű korongoknál (MAAG tányér) azt tapasztaltuk, hogy a külföldi gyártmányúak (osztrák, angol) nagyobb termelékenységűek dolgoztak.

A gépipar gyáraiban a korongok felhasználása terén komoly hiányosság mutatkozott. A felhasználók több

esetben nem rendeltetésszerűen használták és használják a csiszolókorongot. Az összehasonlító vizsgálat eredményei alapján a Finomkerámiaipari Országos Vállalat az EM-mel és a KGM-mel egyetértve létrehozta a csiszolókorong-tanácsadószervet. Ez a tanácsadószerv és vevőszolgálat hivatott kapcsolatot teremteni az előállító és felhasználó között.

A vevőszolgálat a felhasználó kérésére vagy reklamációja esetén megvizsgálja a gyár csiszolási technológiájával kapcsolatos problémáit és javaslataival segíti munkáját. Egy ilyen tanácsadószerv létrehozása mindkét fél szempontjából elengedhetetlenül szükséges volt.

A vevőszolgálat igen komoly segítséget nyújt a felhasználóknak és eddig végzett munkája is bizonyítja fontosságát.

## AZ ÉPÍTÉSÜGYI DOKUMENTÁCIÓS IRODA KÜLFÖLDI LAPSZEMLÉJE

## SILIKATTECHNIK

1964. 1. sz.

*Skatulla, W.—Schöne, S.:* A kinematikus viszkozitás mérése magasabb hőmérsékleten. (p. 5—10, á: 10, b: 14.)

Modern rotaviszkoziméter segítségével lehetőség van a dinamikus viszkozitás mérésére  $\eta = 0,5$  P és  $\eta = 10$  P között  $1500$  C° hőmérsékletig. A mérés pontossága  $\pm 7\%$ . A turbulencia-határon ( $0,2$  P) végzett mérések kevésbé pontosak. A felhajtóerőn alapuló sűrűségméréssel a  $\eta < 10^{-1}$  P viszkozitástartományban  $1500$  C°-on  $0,3\%$  pontosság érhető el. Ilyen módon a kinematikus viszkozitás két közvetlenül mért adat hányadosaként  $\pm 7,3\%$  pontossággal állapítható meg  $1500$  C°-ig.

*Bach, K.:* A modern üvegolvasztó-technika kérdései. (p. 13—22, á: 16, b: 10.)

Összefoglaló beszámoló a jeni Hőtechnikai és Szilikátkohászati Automatizálási Intézet (Institut für Wärmetechnik und Automatisierung der Silikathüttenindustrie) kutatómunkájáról. (Costa, H.: Bevezető; Uber, G. — Kísérleti olvasztókemence szerkezeti fölépítése és kísérleti eredmények oldalról bevezetett táv-gázfűtéssel. — Blindow, G.: A sugárzó gázégők fejlődése kísérleti üvegolvasztó kemencékben. — Illig, H. J.: Tapasztalatok sugárzó fűtésű kísérleti üvegolvasztó kemencén. — Brandenberger, H.: Üvegmassák granulálása és előmelegítése).

## SILIKATTECHNIK

1964. 2. sz.

*Fischer, K. W.:* Összefüggés félhidrát-habarcok szerkezete és szilárdsága között. (p. 54—59, á: 11, t: 2, b: 2.)

Autoklávgyipszből  $28$  millimikronig terjedő szitafrakciókat vizsgáltak abból a szempontból, hogy a belőlük készült minták szilárdsága milyen mértékben függ a felülettől és a vízgipsz-tényezőtől. Azonos vízadag esetén a legnagyobb szilárdság  $2000$  és  $3000$  Blaine között mutatkozott. A habarcok viselkedésének értelmezése.

## SKLÁR A KERÁMIK

1964. 3. sz.

*Silhanek, K.:* Kerámiai kemencék hulladék hőjének értékesítése. (p. 91—92.)

A fűtőanyagok gazdaságos kihasználásának nagy népgazdasági jelentősége van. A finomkerámiaipar, amely jelentős hőenergia fogyasztó, még sok kihasználatlan vagy csak részben kihasznált

energiával rendelkezik. A szerző a körkemencék és alagút kemencék jobb hőfelhasználásának lehetőségével foglalkozik. Konkrét üzemi adatokat is közöl.

*Jászberényi, A.:* Tapasztalatok egészségügyi-kerámiai mázazó-futószalagok félautomatikus üzemével. (p. 97—100, t: 4.)

Félautomatikus mosdó- és WC-mázazó-futószalagok összeállítása. és üzeme. Kísérleti eredmények, az eljárás előnyei és hátrányai.

## SZKLO I CERAMIKA

1964. 2. sz.

*Schleifer, P.:* Az  $Sb_2O_3$ -alapú Ternerrendszerek üveges tartománya és az antimon alapú üvegek fizikai-kémiai tulajdonságai. (p. 33—36, á: 6, b: 10.)

Az  $Sb_2O_5$ — $Na_2O$ — $SiO_2$ ,  $Sb_2O_5$ — $B_2O_3$ — $Li_2O$ ,  $Sb_2O_5$ — $B_2O_3$ — $PbO$  vizsgálata során bebizonyosodott, hogy az antimon atomszerkezete, méretei és ionpotenciálja olyan kristálykémiai körülményeket terem, amelyek kedveznek az antimon-alapú üveg keletkezésének. Megállapították, hogy az üveg antimonion-tartalmának növekedése: a) növeli az elektromos ellenállást, b) fokozza a hőtágulást, tehát csökkenti a termikus szilárdságot, c) növeli a fajsúlyt, d) növeli a törésmutatót és az infravörös-sugárátbocsátóképességet. Antimontartalmú üveget az optikában, elektronikában és automatikában használnak.

## SZKLO I CERAMIKA

1964. 3. sz.

*Chudzinski, J.:* Elektrokerámiai masszák mikrostrukturájának vizsgálata elektronmikroszkóppal. (p. 71—81, á: 52, b: 16.)

A nagyfeszültségű porcelán néhány paraméterének meghatározása. Az ilyen anyagok öregedését befolyásoló tényezők. Elektrokerámiai masszák szerkezetének jellemzői. Nagyfeszültségű porcelánszigetelő mikrostrukturájának elektronmikroszkópos vizsgálata. A vizsgálatok eredményeként javaslat a szigetelők szerkezetének megváltoztatására.

## STAVIVO

1964. 3. sz.

*Moudry, F.:* Samottgyárak közbenső termékeinek mozgatása. (p. 90—92, á: 3.)

Előkészített kerámiai nyersanyagok szállításának és adagolásának kérdése a tárolóhelyek és a feldolgozó gépek között. A jelenleg szokásos módszerek és újabb megoldások lehetősége. Kísérleti eredmények, amelyeket kerámiai nyersanyagoknak csőszerű, vibrációs be-

rendezéssel végzett szállítása során kaptak.

*Skodal, J.:* Cementklinker égető berendezések automatizálása és szabályozása. (p. 94—96, á: 4, b: 4.)

Az égetési folyamatot befolyásoló hibák és megállapításuk. Szabályozószakaszok száraz üzemű, rövid forgókemencéknél. A megfelelő érzékelők kérdésének megoldása. Klinkerégető aknas kemence szabályozórendszerének kidolgozása. Az ilyen kemencének megfelelő szintmutató kérdése.

## SZTEKLO I KERAMIKA

1964. 3. sz.

*Braginszkij, K. J.:* Síkűveg húzási paramétereinek számítása. (p. 4—9, á: 4, t: 2, b: 4.)

Síkűveg függőleges húzási folyamatának értékelése, a hűtési viszonyok matematikai elemzése. Az elméleti matematikai megfontolások alapján számítási példákat közöl a húzási sebesség és a teljesítmény közötti összefüggés meghatározására.

*Boroszov, A. E.—Zadumin, V. I.:* Kristályosított üvegekben végben szerkezeti változások ellenőrzésének új módszerei. (p. 9—11, á: 4, b: 3.)

Rendkívül érzékeny módszert dolgoztak ki az üvegek kristályosodása közben lejátszódó folyamatok kinetikus vizsgálatára. A módszer alapelve: a szóban forgó üvegből teljesen kilikristályosított mintát készítenek, majd azt az eredeti üveggel érintkezésbe hozzák és együttesen vetik alá hőkezelésnek. A hőkezelés során létrejövő elektromotoros erőt mérik és ebből következtetnek a folyamatokra. A berendezés elvi vázlata.

*Zavarzina, E. I.:* Kerámiai anyagok kvarctartalmának gyors meghatározása. (p. 20—23, t: 4, b: 2.)

A jelenleg ismert módszerek kritikai áttekintése, a foszforsavas módszer hibáinak elemzése. A szerző módosított foszforsavas módszert javasol, amelynek alapján természetes és szintetikus keverékekben kielégítő pontossággal meghatározható a kvarctartalom.

*Ivahina, L. A.:* Kerámiai szigetelők mázhibáinak javítására alkalmas bevonatok. (p. 23—26, t: 2, b: 2.)

A kerámiai gyakorlatban előfordul, hogy az egyébként hibátlan porcelánszigetelőket mázhibák miatt selejtté kell nyilvánítani. A szerzők fehér és barna mázok pótlására epoxigyanták alkalmazását javasolják, amelyekkel lepatogzott vagy az egyébként mázolható részeket utólagos

bevonattal lehet ellátni. A szilárdsági és az elektromos átütési tulajdonságok epoxigyanták alkalmazása esetén javulnak.

*Beljaev, G. I.—Szmakota, N. F.:* Kalciumoxid hatása az alapzománcok egyes tulajdonságaira. (p: 26—30, á: 9, b: 9.)

Igen kiterjedt vizsgálat eredményeinek összefoglalása. Megállapították, hogy CaO nélkül egyáltalán nem készíthetők stabil alapzománcok. Bóros zománcok esetén az optimális CaO tartalom kb. 15%, bórmentes zománcoknál 12%. Kevés  $Al_2O_3$  adagolás javítja a zománcok minőségét, azonban maximális mennyisége 6%.

*Geroimenkova, L. G.:* Kis alkáliatartalmú üvegek olvasztása elektromos kemencében. (p: 31—33, á: 2.)

Az 1961—62. években a szláv-janszki gyárban kipróbálták az elektromos fűtésű kádkemence két változatát. A kemence teljesítménye — 14,5 t naponta, elektromos áramfogyasztás 1,75 kwó/kg. A szerző ismerteti a kemence üzemeltetése során tapasztalt nehézségeket és leszögezi a módszer nagy gazdaságosságát.

#### SZTROITELNŰE MATERIALŰ

1964. 1. sz.

*Kibzik, A. M.—Panov, Sz. A.:* Ásványi töltőanyagok szállításának tervezése elektronikus számológépek segítségével. (p: 12—15, t: 4.)

A szerzők módszert dolgoztak ki a moszkvai építkezések és betongyárak kavics, kavicszúzalék és mészkő-örlemény programozására elektronikus számológépek segítségével. Jelenleg a programozási rendszerbe dekadonként 350 fogyasztó és 11 szállító van bekapcsolva. A programozás eredményeként 235 000 rubel megtakarítást értek el, a kezelési költség: 325 rubel.

*Jotautasz, K. P.:* Gyártási tapasztalatok azbesztcement lapok előállításánál homokból készült cementtel. (p: 21—22, t: 2.)

A szerző ismerteti az egyik litván azbesztcementgyárban szerzett tapasztalatokat, a homokból készült (alacsony  $C_3A$  tartalmú) cement alkalmazásával. Az azbesztcementlapokat formázás után gőzölésnek vetették alá. Későbbiekben áttértek a szokásos portlandcement alkalmazására, de azt 45%-ig finomraőrölt kvarchomokkal helyettesítették. A kapott eternitlapok tulajdonságai jók, a gyár nagy megtakarítást ért el.

*Mironov, A.:* Kohósalak-alapú kötőanyaggal készült könnyűbetonok elektromos melegítése. (p: 31—33, á: 3, t: 2, b: 3.)

Különböző töltőanyagokkal — keramzit, habosított kohósalak stb.

— készült könnyűbetonoknál, különösen kisméretű gyártás esetén célszerű lehet az autoklavozás és a gőzölés helyettesítése közvetlen elektromos fűtéssel. Az elektromos kezelést 2—3 óras pihentetés után végezték 98 C°-on. Megállapították a kombinált kötőanyagok (80% kohósalak, 10% mész, 10% portlandcement) alkalmazásának célszerűségét.

*Berkovics, V. A.—Nicsikov, M. M.:* Örölt ásványok granulometriája. (p: 34—35, á: 3, t: 1.)

A szerzők igen nagyszámú statisztikai anyag feldolgozása alapján grafikonokban összesítik a karbonátok (100—2000 kg/cm<sup>2</sup> szilárdsággal), a homokkövek és a gránitok (400—2500 kg/cm<sup>2</sup>) örleményeinek granulometriáját különböző őrölőgépek és különböző őrölőnyílások esetén. Megállapítják az őrítérendszerű őrölőgépek alkalmazásának célszerűségét, ui. ilyenkor az őrlemény szemcseformája legjobban közelíti meg a kockát.

#### SZTROITELNŰE MATERIALŰ

1964. 2. sz.

*Mihajlov, M. N.—Tacki, L. N.:* Szintetikus homlokzati festékek és ezek felhasználása. (p: 6—7, t: 1.)

A szerzők röviden ismertetik a jelenleg alkalmazott mészalapú homlokzati festékek hátrányos tulajdonságait. Az új építőanyagokat kutató intézetben három perklórvinil-lakk alapú festéket dolgoztak ki szigetelő, korrózióálló és dekorációs kivitelben. Az ilyen festékeket, amelyek portlandcementet is tartalmaznak közvetlenül lehet felvinni nedves vakolatra is. A perklórvinil-lakk vizes emulziója helyett polisztírolt is lehet alkalmazni. A festékek időállósága legalább 6—8 év.

*Kameneckij, Sz. P.:* A hőszigetelő perlitanyagok értékes tulajdonságai (p: 10—12, á: 2, t: 3.)

A jelenleg használt különböző hőszigetelő anyagok hővezetőképessége, valamint hőtágulása és az ettől függő térfogatállandósága. A kerámiai kötésű, és a cementkötésű perlitidomok igen kedvező tulajdonságokkal rendelkeznek. Hűtőszekrények és egyéb hűtőberendezések céljaira sokatígérő a bitumen és a műgyantakötésű perlitidomok alkalmazása.

*Kitaev, E. N.:* Azbesztcement lemezárak gyártása különböző márkájú portlandcementek felhasználásával. (p: B-14, t: 3.)

Azbesztcement-árut több gyár állít elő a Szovjetunióban. A gyárak 400—600-as cementet használnak. A szerző, igen gazdag statisztikai anyag feldolgozása során, egyértelműen megállapítja a nagyszilárdságú cement felhasználásának gazdasági előnyeit. A nagyszilárdságú cement esetén megnő a be-

rendezés kapacitása, a termelékenység, csökken a cementszükséglet és az önköltség.

*Butt, Ju. M.:* Kagylós mészkőtöltőanyagot tartalmazó szilikátbeton. (p: 15—17, á: 3, t: 4.)

0—2,5 mm és 2,5—5 mm-es frakciójú kagylós puha és félkemény mészkőhöz különböző mennyiségben adagoltak összeőrölt égetett meszet és homokot. A kapott betont vibrálással tömörítették, majd autoklavozásnak vetették alá. A megszilárdult beton nyomószilárdsága eléri a 300 kg/cm<sup>2</sup>-t. A beton érdekessége, hogy azonos nyomószilárdságnál nagyobb húzószilárdságot mutat mint a szokásos betonok.

*Popov, N. A.—Podoljak, F. Sz.:* Duzzasztott vermikulit felhasználása nagyméretű panelek gyártásában. (p: 18—19, á: 5.)

Forgókemencében duzzasztott vermikulitból 400-as és 500-as cement adagolásával különböző térfogatsúlyú hőszigetelő betonokat készítettek és vizsgálták tulajdonságaikat. A szerzett tapasztalat alapján a cseljabinszki panelgyárban több kísérleti szériát állítottak elő két- és háromréteges panelekből, perlitbeton szigeteléssel. A tapasztalatok igen kedvezőek.

*Zsurenkova, N. P.:* Mit biztosít a nyersanyag nedves előkészítése a keramzitgyártásban? (p: 20. á: 1: 1: 3.)

A jelenleg alkalmazott száraz alapanyagelőkészítés nem biztosít jó szemcseszerkezetű keramzitot. A javasolt (és megvalósított) nedves alapanyagelőkészítés során lehetővé vált, hogy kiküszöböljék a nehézkes granuláló berendezést és a keletkező keramzitot közvetlenül lehet felhasználni betongyártásban, utólagos őrés nélkül.

*Gulemin, E. M.:* Falpanelek keramzit habbetonból. (p: 25—26, t: 2.)

Autoklavok hiánya miatt az Alma-Ata-i vasbetonelemgyár gőzöléses eljárással kezdett gyártani keramzitbeton-elemeket, habosított masszából. A cementfogyasztás (600-es cement) 375—425 kg/m<sup>3</sup>, keramzit — 600 kg/m<sup>3</sup>, víz 100—120 l, habképző anyag (szappangyökér) — 10—11 l. A kész beton tulajdonságai: térfogatsúly 1000 kg/m<sup>3</sup>, 28 napos szilárdság 73—86 kg/cm<sup>2</sup>.

*Bernei, J. J.:* Az azbesztcementmassza víztelenítése vákuummal. (p: 27—30. á: 7, t: 1.)

A vákuumos víztelenítést befolyásoló tényezők. A kísérletek alapján számítási módszert dolgoztak ki a vákuumkamra szélességének megállapítására. Ugyancsak számítás alapján megállapítható a vákuumozási szakaszon belül a szűrési és a vákuumvíztelenítési szakaszok hossza. A szerző mérések alapján rávilágít a felhasznált cement minőségének hatására, a vákuumozás energiagényére.



## Egyesületi élet

A Durvakerámiai Szakosztály keretében június 10-én Kakasy Gyula tartott előadást a rekonstrukcióra kerülő téglagyárak telepítésének gazdaságossági kérdéseiről. Az előadás rövid kivonata a következő:

A fejlesztésre való kiválasztás szempontjai az agyagvagyon minősége és mennyisége, a gyár regionális helyzete, a terület égitőanyag-szükséglete és építőanyagot termelő üzemei, valamint szállítási lehetőségei szempontjából.

A Téglá- és Cserépipar agyagvagyonra minőségileg feltárt, de mennyiségi szempontból nem elég jól definiált. Ezért fúrások elvégzése szükséges, ami után sor kerülhet a bányatelek fektetésre, mert ezáltal biztosítható a bányaművelés kizárólagossága az érintett területen.

A következő lépés a technológia kiválasztása. Ezzel kapcsolatban folyik a típus technológiák összeállítása.

E kettő után kell megállapítani a beruházási költségeket. A beruházási és várható üzemelési költségek szabják meg, hogy adott esetben mekkora minimális agyagvagyonot követelünk meg. Az agyagvagyon nagysága szabályozza a beruházás nagyságát.

Az agyagvagyonon kívül döntöket a regionális viszonyok. Konkrétan meg kell vizsgálni a környéken levő telepek nagyságát és számát, az állami építések jellegét és az alkalmazott technológiákat, a lakosság számát és anyagi helyzetét, valamint a környék meglévő vagy telepítésre kerülő olyan üzemait, melyek más alapanyagból készítenek fal- és födémépítéshez való termékeket.

A földrajzi fekvéshez kell számítanunk az út és vasúthálózat kérdését is. A fuvarozási díjtételekben a téglaszállítás tekintetében jelentős eltérés van a MÁV, ill. gépkocsiszállítás egységárai között. Tekintetbe kell ezenkívül venni, hogy szőnen kívül milyen tüzelőanyagot lehet felhasználni.

A gyár méreteit az agyagvagyonon kívül a regionális viszonyok szabják meg.

Az elmondottak szerint a téglagyár-telepítés gazdaságosságának kérdése olyan feladat, melynek több tényező ellentétes befolyása érvényesül. Ilyen feladatok matematikai programozás segítségével oldhatók meg.

Az Épületkerámia és Burkolóanyagipari Vállalat kőbányai padlólapüzemében a rekonstrukció első lépéseként üzembe helyezték az új nyugatnémet Laeisyártmányú hidraulikus automata lappréseket. A padlólapok sajtolása eddig régi, elavult kézi működtetésű préseken történt. Ezekben a régi gépeken átlagban 3,5 ember 8200 lapot sajtolt 8 óra alatt, az új gépek 8 óra alatt 24 000 lapot sajtolnak, a gép kezelőszemélyzete 2 fő, a lapok minősége lényegesen jobb.

Az új prések és a most üzembe helyezett többi nyersgyártó berendezés segítségével az eddigi évi 220 000 m<sup>2</sup> helyett évi 400 000 m<sup>2</sup> padlólap gyártása válik lehetővé.

A rekonstrukció második lépéseként elektromos-, gáz- vagy olajtüzelésű alagútkenecsze építése és üzembe helyezése van tervezve, ez lehetővé teszi majd a jelenlegi, elavult technológiát képviselő Hoffmann-kenecék üzemén kívül helyezését. Ez nemcsak a minőség további, ugrásszerű javulását fogja eredményezni, de a kenecsüzem dolgozóinak munkakörülményeit is lényegesen javítja.

\*

A november 2—7. közötti napokon Weimarban rendezésre kerülő 1. Nemzetközi Építőanyag- és Szilikátértekezlet (1. Internationale Baustoff- und Silikat-tagung) röviddel ezelőtt közzétett előzetes programja Egyesületünk tagjainak számottevő érdeklődéséről tanúskodik. Előadást hirdettek Korach Mór professzor, Bereczky Endre professzor, dr. Lócsei Béla és Gémesi József. A nemzetközi találkozó előadóinak sorában számos ismerősünk nevével találkozunk, akik a mi konferenciáinknak ismételt vendégei voltak. Előadást hirdettek többek között — a program sorrendjét követve — Budnikow professzor (Moszkva), Figuš professzor (Bratislava), dr. Ludwig (Aachen), dr. Sulikowski (Krakow), F. Schwarz professzor (Weimar), Grzymek professzor (Krakow), Schwiete professzor (Aachen), Gregor professzor (Bratislava), dr. Gaca (Gdansk), Matwejew professzor (Moszkva), Ing. Dallendörfer (Hermsdorf).

Szándékunk az érdekesnek ígérkező ülésszakról annakidején részletesen tájékoztatni olvasóinkat és módot keresni arra, hogy a jelentősebb előadásokat az Építőanyagban közzétehesük. (S. G.)

---

# MŰSZAKI KÖNYVNAPOK

## 1964. OKTÓBER 19 - NOVEMBER 5

---

## Könyvismertetés

*Dolezsai Károly—Pauka Imre: Cementgyártás*

Bevezetőül a szerzők a cementgyártás, illetve kötőanyaggyártás történeti fejlődését, a magyar cementipar kifejlődését, további a hidraulikus kötőanyagok felosztását és a cementgyártás gazdasági vonatkozásait tárgyalják.

A bázikus, savanyú és egyéb nyersanyagok sorbavétele után a nem zsugorított hidraulikus kötőanyagokat ismertetik. A fontosabb hőtani, ill. kémiai alapfogalmak magyarázatával jól megalapozzák a klinkerégetés fizikai kémiájának megértését, a nyersanyagelőkészítés jelentőségét.

A megfelelő elméleti előkészítés után a klinkerégetés részfolyamatait ismertetik a nedves, száraz és különleges technológiai eljárások részletezésével. Össze-

hasonlítják a különböző égetési módszereket. Külön fejezetben tárgyalják az egyre fontosabbá váló portalanítási problémákat. A cementörlés tárgyalása után részletesen ismertetik a cement kötésekor és szilárdulásakor végbemenő folyamatokat, majd a p.c. vizsgálati előírásait, ill. módszereit. A cement gazdaságos felhasználásával kapcsolatban tárgyalják a heterogén cementek gyártását, alkalmazási területét, majd részletezik a különleges cementfajtákat.

A könyv külön fejezetben tárgyalja a magyar cementipari kutatás helyzetét.

Szemléltető ábrák, fényképek, táblázatok jól egészítik ki a tárgyalt anyagot, segítik a magyarázatok megértését és a folyamatok számszerű kiértékelését.

Péntek László

## Helyreigazítás

Az ÉPÍTŐANYAG 1964. évi 7-ik számában közölt (246—252 old.) Tóth Kálmán: „Az ásványi gyapotgyártás legkorszerűbb módszerei a Szovjetunióban” című közleményében az ábrák magyarázó szövege kimaradt.

Az ábrák helyes szövege a következő:

2. *ábra.* Fűthető platina szájnnyílás vertikális fűvóeljárású szálképzéshez. (1. platinacsónak, 2. gázégők a csónak pótfűtéséhez, 3. tűzállóanyag falazatok, 4. szálképző fuvóka.)

3. *ábra.* A horizontális fűvóeljárás vázlatja. (1. a kupolókemence kifolyónyílása, 2. fűvóka, 3. gőzvezető cső, 4. kupolókemence, 5. ülepítőkamra.)

4. *ábra.* A centrifugális fűvóeljárás vázlatja. (1. centrifuga tányér, 2. gyűrűs gőzfűvóka, 3. adagoló vályú, 4. kupolókemence.)

5. *ábra.* A vertikális centrifugális szálképzés vázlatja. (1. olvadékáram, 2., 3., 4., 5. centrifugahengerek.)

6. *ábra.* A Minszki Építőanyagipari Kombinát ásványgyapot üzemének technológiai sémája. (1. szekrényes adagoló, 2. szállítószalag, 3. rázószita, 4. fűtőanyag- és nyersanyag bunkerek, 5. elektromos mérőcsille, 6. billenővedres emelő, 7. kupolókemence, 8., 9., 10. ragasztóoldat előkészítő tartályok, 11. fűvóka a ragasztó porlasztására, 12. fűvóka a szálképzésre, 13. szálülepítő kamra, 14. szívócsatorna, 15. kihordó szállítószalag, 16. gázmosótorny a zelszívott levegő szálszennyeződésének visszatartására, 17. polimerizáló szalagpár, 18. polimerizációs kamra szárító része, 19. kalorifer, 20. polimerizációs kamra, 21. tömörítő hengerek, 22. ventilátorok, 23. hűtőkamra, 24. porelszívó csővezeték, 25. hosszirányú vágókés, 25. keresztirányú vágókés.)

7. *ábra.* A Zseliznodorosznaja Sztancijai ásványgyapot gyár FRANCISOL-típusú üzemének technológiai sémája. (1. serleges elevátor, 2. adagoló szállítószalag nyersanyag és tüzelőanyag bunkerekkel, 5. mérőadagoló szállítószalaggal, 6., 7. villamos futómacska fenékűrítésű edénnyel, 8. kupolókemence, 9. centrifugális fűvó, 10. 11. ragasztóelőkészítő és adagoló, 12. ülepítőkamra, 13. szívócsónkok, 14. „tankszalag” a lemez tömörítésére, 15. hosszirányú vágókés, 16. keresztirányú vágókés, 17. görgős elszedő szalag.)

8. *ábra.* A Voszkrzenszki „Vörös Építő” kombinát ásványgyapot üzemének technológiai sémája. (1. aprított márgaraktár, 2. motoros rakodó targonca, 3. szekrényes adagoló, 4. bordázott szállítószalag, 5. forgó szállítószalag, 6. vaskiválasztó mágnes, 7. adagoló surrantó, 8. tárcsás őrlőmű, 9. porkeverő, 10. szállítószalag, 11. bunker az őrlött mészke tárolására, 12. kaparószállítószalag, 13. őrlött márga raktár, 14. adagoló bunker, 15. automatikus adagoló a kádmedencén, 17. előkemence a platinacsónokokkal, 18. szálülepítő akna, 19. lemezképző szállítószalag, 22. automatikus mérőszalag, 23. adagoló kompresszor, 24. tartály az apretálóanyag tárolására, 25. centrifugális szivattyú.)

A 7. számunk 276. oldalán közölt „Beszámoló az 1964. május 12-én megtartott építőipari szakmai filmbemutatóról” című cikk szerzője nem Mattyasovszky István, hanem Mattyasovszky Zsolnay Tamás. A csempe felhasználásánál *padló* helyett *padlólap* olvassandó.

## **A Műszaki Könyvkiadó hirdetések felvételét az alábbi díjszabás szerint:**

Egészoldalas hirdetés ára .....	1440,—Ft
Féloldalas hirdetés ára .....	720,—,,
Negyedoldalas hirdetés ára .....	360,—,,

HIRDESSEN AZ

## **ÉPÍTŐANYAGBAN**

A hirdetések az alábbi címre küldendők:

**MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, BUDAPEST, V., BAJCSY-ZSILINSZKY ÚT 22**

**Telefon: 112-278**

Befizetéseket az MNB 46 egyszámlára kérjük

---

### **É P Í T Ő A N Y A G**

Főszerkesztő: Korach Mór. Szerkesztő: Hinsenkamp Alfréd — Kiadja a Műszaki Könyvkiadó, V., Bajcsy-Zsilinszky út 22. Telefon: 113-450

Felelős kiadó: Solt Sándor — Megjelent 1300 példányban

64-19740-689/2 - Révai Nyomda, Budapest, V., Vadász utca 16.

Terjeszti a Magyar Posta. — Előfizethető a Posta Központi Hírlapirodánál (Budapest, V., József nádor tér 1. Telefon: 180-850) és bármely postahivatalnál.

A folyóirat külföldre előfizethető: „Kultura” P. O. B. 149. Budapest 62

Előfizetési díj: negyedévre 18,— Ft; félévre 36,— Ft; egyes szám ára: 6,— Ft. — Csekk számlaszám egyéni: 61.252, közületi: 61.066 vagy átutalás az MNB 8. sz. folyószámlájára

# MŰSZAKI KÖNYVNAPOK

1964 október 19—november 5.

## KÖNYVNAPI ÚJDONSÁGOK

### MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ KIADVÁNYAI:

**Bányagépek kezelése és karbantartása**  
II. kötet. Ipari Szakkönyvtár  
*Bocsánczy—Gózon—Sasvári—Serfőző*

**Acélhengerlés**  
Ipari Szakkönyvtár  
*Komlósy Antal*

**Öntészeti kézikönyv**  
Főszerkesztő  
*Dr. Varga Ferenc*

**Szállítószalagok — szalaghidak**  
(Szállítóberendezések)  
*Galgóczy Gábor szerkesztő*

**Köszörülés**  
Ipari Szakkönyvtár  
*Keller Bence—Radnóti György*

**Gépműhelyi zsebkönyv**  
*Surowiak, W.*

**Idomszerkészítés**  
Ipari Szakkönyvtár  
*Szilágyi László—Nagy Imre*

**A gőzturbina gépész**  
Ipari Szakkönyvtár  
*Újhelyi Géza*

**A fotorelé alkalmazása az automatikában**  
Automatizálás  
*Lítvak V. I.*

**Szabályozási körök arányos és integrál szabályozókkal**  
Automatizálás  
*Schwarze, G.*

**Körzetszerelők zsebkönyve**  
*Andits Károly—Kiss Elemér—Pintér Sándor*

**Tranzisztor**  
„Telefunken”

**Fluidizáció**  
*Leva, M.*

**A vegyész-mérnöki tudomány alapjai**  
*Dr. Benedek Pál—dr. László Antal*

**Termikus fémbevonatok**  
Korrózióvédelem  
Sorozatszerkesztő: *Kiss Béla*

**Műanyagok az építőiparban**  
*Beleznay Géza—Reményi Tibor*

**Üvegipari kézikönyv**  
*Dr. Korányi György—dr. Knapp Oszkár*

**Tatarozási zsebkönyv**  
2 átd. bőv. kiadás  
*Dános György—Hir Alajos*

**Iskolaépületek**  
Szerkesztő  
*Zempléni Antal*

**Ferde hajlítás és ferde nagy, külpontosságú nyomás**  
T, I és  $\square$  alakú vasbetonkeresztmetszetek méretezése. Új Technika  
*Konrád Kálmán*

**Központi fűtés**  
3. kiadás  
*Milley—Völgyes*

**Kötött-hurkolt kelmék szabása és varrása**  
*Hegedüs Margit—Baranyi Péter*

**Cukoripari zsebkönyv**  
*Wertán Pál*

**Autótipusok 1964.**  
*Liener György*

**A hajógyártás technológiája**  
Ipari Szakkönyvtár  
*Visi István*

**Fotoműszerész**  
Ipari Szakkönyvtár  
*Botta Dénes*

**Optika**  
2. kiadás. Bolyai-könyvek  
*Brückner János*

**Ábrázoló geometria I.**  
Bolyai-könyvek  
*Edöcs Ottó*

**Kvantummechanika**  
2. átdolgozott és bővített kiadás  
*Marx György*

**Fizika**  
2. javított kiadás  
*Dr. Szalay Béla*

**1000 kérdés — felelet**  
a technika világából  
Szerkesztő  
*Pap János*

### TÁNCSICS KÖNYVKIADÓ KIADVÁNYAI:

**Kazánszerkezetek**  
Kazánok kezelése és karbantartása  
*Cáha, V.—Mader A.*

**Lakatosok könyve**  
*Lupták Ernő*

**Személygépkocsik elektromos berendezései**  
*Fehér Ferenc*

**Pamutipari alapismeretek**  
*Szemmáry László—Hajós István*  
**Len-, kender- és jutaipari ismeretek**  
*Farkas Károly*

### AKADÉMIAI KIADÓ

Villamosságtan 3. javított kiadás  
*Simonyi Károly*