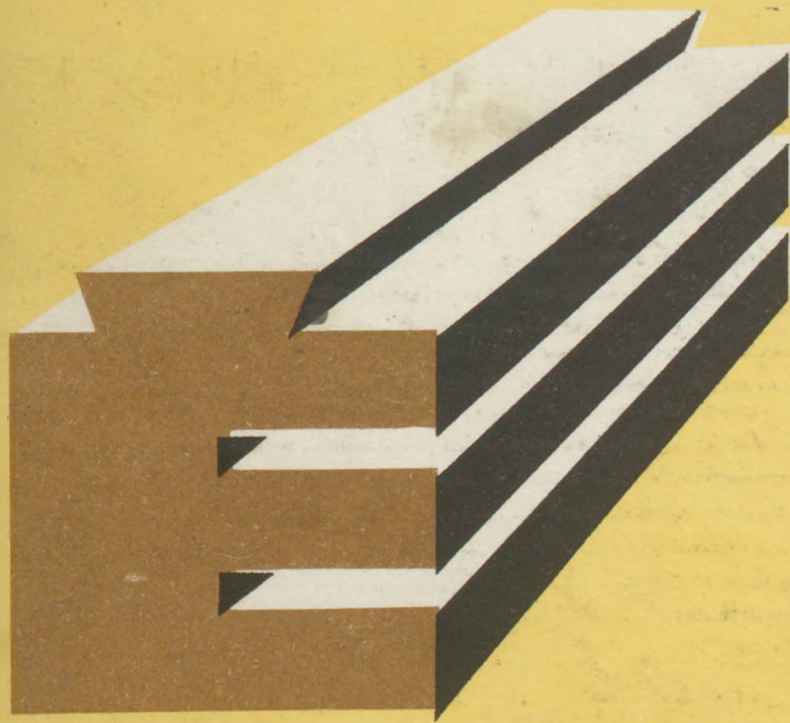


3029351



ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari
Tudományos Egyesület
folyóirata

11

XXXI. ÉVFOLYAM
BUDAPEST, 1979. NOVEMBER
EPITAA 31 (11) 401—440 (1979)

A mész- és cement-, az üveg-, a finomkerámia-, a téglá- és cserép-, a kő-kavicsipar és a szigetelőanyagok ipara tudományos szakirodalmi folyóirata

Szerkesztőbizottság

elnöke:

Dr. Talabér József

felelős szerkesztő:

Dr. Székely Ádám

tagjai:

Dr. Beke Béla

Bretz Gyula

Csizi Béla

Erdély Imre

Dr. Grofcsik Elemér

Hajnal Lajos

Dr. Hinsenkamp Alfréd

Dr. Jilek József

Dr. Kovács Róbert

Kováts Jenő

Lenkei György

Dr. Lőcsei Béla

Riesz Lajos

Száder Rudolf

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Dr. Tóth Kálmán

Träger Tamás

TARTALOM

<i>Beke Béla</i> : Golyós malmok üzeme változtatható fordulatszámmal	401
<i>Opczky Ludmilla</i> : Rideg anyagok őrlése golyósmalomban	407
<i>Daku Lajos</i> : Üvegolvasztó-kemence vizsgálata modellezéssel és a tartózkodási idő elosztási függvények elemzése alapján	412
<i>Wojnárovitsné, Hrapka Ilona</i> : Hőszigetelésre alkalmas szervesen szintetikus szálanyagok kristályosodása. III. Légtér hatása a bazaltgyapot kristályosodására ...	422
<i>Garay Lajos</i> : Az anyagok szilárdsági jellemzőinek minőségellenőrzéséről	430
<i>Smorgunjenko, N. Sz. – Utkov, V. A.</i> : Üzemi kísérletek a vörös iszapok hasznosítására	436
Szabadalom figyelő	406
A világ szilikátiparából	411, 421, 435
Könyvismertetés	435
Egyesületi élet	448

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Beke, B.</i> : Действие шаровых мельниц с изменяемым числом оборотов	401
<i>Опоцки, Л.</i> : Помол твердых тел в шаровых мельницах	407
<i>Дакү, Л.</i> : Испытание стекловаренных печей на основе моделей и анализа распределения времени пребывания	412
<i>Войнаровитчнe, X.</i> : Кристаллизация неорганических синтетических волоконистых материалов, пригодных для теплоизоляции. III. Влияние воздушной среды на кристаллизацию базальтового волокна	422
<i>Гаpaи, Л.</i> : О качественном контроле прочностных характеристик материалов	430
<i>Сморгуноенко, Н. С. – Уткoв, В. А.</i> : Заводские эксперименты использования красных шламов	436

INHAL

<i>Beke, Béla</i> : Der Betrieb von Kugelmühlen mit variierbarer Drehzahl	401
<i>Opczky, Ludmilla</i> : Vermahlung von Hartstoffen in Kugelmühlen	407
<i>Daku, Lajos</i> : Untersuchung von Glasschmelzöfen durch Modellierung und aufgrund einer Analyse der Verteilungsfunktionen der Aufenthaltsdauer	412
<i>Frau Wojnárovits Hrapka, Ilona</i> : Die Kristallisation zur Wärmeisolierung geeigneter anorganischer synthetischer Faserstoffe III. Auswirkungen der Luft auf die Kristallisation von Basaltfasern	422
<i>Garay, Lajos</i> : Über die Gütekontrolle der Materialfestigkeitswerte	430
<i>Schmorgunjenko, N. S. – Utkov, W. A.</i> : Betriebsversuche zur Nutzung von Rot-schlamm	436

CONTENTS

<i>Beke, Béla</i> : Operation of Ball Mills with Revolution Control	401
<i>Opczky, Ludmilla</i> : Grinding of Brittle Substances in Ball Mills	407
<i>Daku, Lajos</i> : Examination of Glassmelting Furnaces by Modeling and by the Analysis of Hold Time Distribution Functions	412
<i>Hrapka, Ilona (Mrs. Wojnárovits)</i> : Synthetic Crystallisation of Inorganic Fibrous Materials Used for Thermal Insulation, III. The Effect of Air Space on the Crystallisation of Basalt Wool	422
<i>Garay, Lajos</i> : Quality Control of Strength Characteristics	430
<i>Smorgunjenko, N. Sz. – Utkov, V. A.</i> : Plant Experiments for the Utilization of the Red Mud	436

Golyós malmok üzeme változtatható fordulatszámmal

BEKE BÉLA

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Golyós malmok hajtására a legutóbbi évekig többnyire aszinkron, esetleg szinkron motorok szolgáltak, azaz a malmok forgási sebességének változtatására nem volt lehetőség. Emellett a töltet mennyisége és összetétele, az őrlendő anyag, de még inkább a páncélozás az ideális körülményekre elméletileg meghatározott $32/\sqrt{D}$ percenkénti fordulatszámától ($0,533/\sqrt{D}$ Hz) való némi eltérést indokoltá teszi. Ezt a gépgyártó cégek tapasztalati alapon vették figyelembe, de hogy helyesen-e, annak ellenőrzésére az üzemeltetőnek semmi lehetősége sem volt.

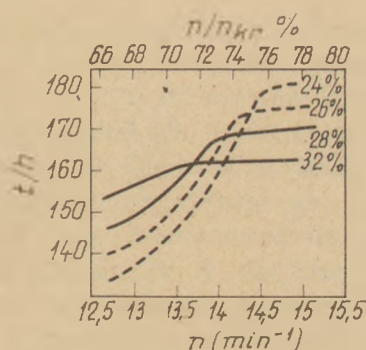
A több ezer kW-os mechanikai hajtóművek szerkesztési nehézségei vezettek a tirisztor szabályozású mechanikai áttételt nem tartalmazó, kis periódusszámú gyűrűs motoroknak a 70-es évek elején való bevezetésére, rohamos elterjedésüket főleg nagyobb áruk hátráltatja.

Figyelemreméltó, hogy a fordulatszám változtatás adta lehetőségek előnyei tekintetében még nemrégiben is ezt olvashattuk: „ennek még nem találták meg pozitív hatását a fajlagos őrlési teljesítményre vonatkozóan” [1].

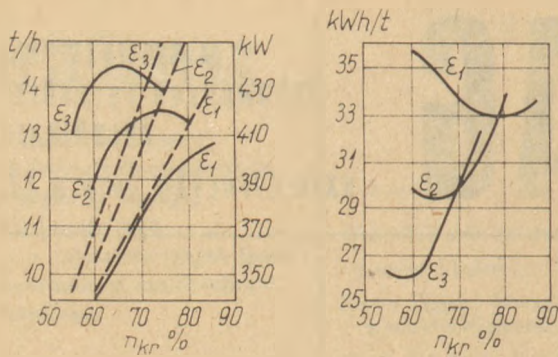
Különösebb megfontolások nélkül is nyilvánvaló azonban: a malomdob és őrlőtesttöltet közötti súrlódási körülmények változása, főleg az esetleges visszacsúszások befolyást gyakorolnak az optimumot nyújtó forgási sebességre, ezért térnek is el a fenti elméleti értéktől.

De a közelmúltban már közzétételre került két rövid közlemény e tárgyban üzemi körülmények között folytatott vizsgálatokról [2], [3].

A Guidonia cementgyárban (Olaszország) végzett vizsgálatokról beszámoló hangzott el az 1977 őszén Düsseldorfban tartott cement kongresszuson és ez a beszámoló közzétételre is került [2]. A vizsgálatokat három körfolyamatos, kétkamrás, $4,8 \text{ } \varnothing \times 15,4 \text{ m}$ főméretű cementmalmon végezték. A hajtásra 6 MW teljesítményű, 44 pólusú frekvenciaváltós motor szolgált. A töltési fok 32 és 28% volt, a fordulatszámot a kritikus érték 66 és 79%-a között változtatták. Az órateljesítmény változását az 1. ábra szemlélteti, a 26 és 24% töltésre vonatkozó szakadozott vonal extrapoláció eredménye. Világosan látható, hogy



1. ábra. A malomteljesítmény változása a forgási sebesség függvényében különböző töltési fokok mellett [2]



2. ábra. A malomteljesítmény, energiaigény és fajlagos energiaszükséglet különböző forgási sebesség és töltési fok mellett [3] (ϵ_1 28%, ϵ_2 32%, ϵ_3 36% töltési fok)

optimális kihozatal elérésére kisebb töltési fok esetén nagyobb forgási sebesség szükséges. De az őrlés hatásosságát kifejező m^2/kWh érték (Blaine felület) növekvő sebesség mellett már csökkenést mutat (I. 1. táblázat). A táblázat a közlemény adatainak átszámításából adódott.

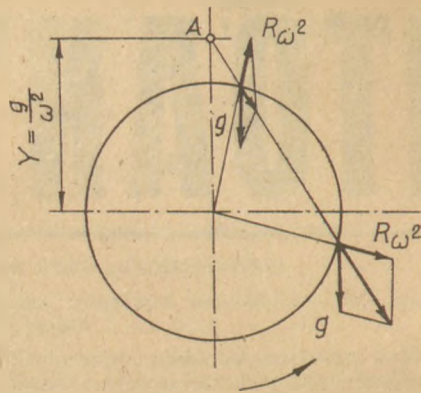
A másik vizsgálatot a Bjelgorod-i cementgyárban végezték [3]. A vizsgálat tárgya egy $2\text{Ø} \times 10,5$ m főméretű kétkamrás nyílt folyamatú cementmalom volt, a forgási sebességet a kritikus fordulatszám 55 és 80%-a között sebességváltóval változtatták, a töltési fok 28, 32 és 36% volt az első, golyótöltésű kamrában, a második kamra töltete 36% cilpebsz volt. Az eredmények a 2. ábrán láthatók. Itt is ugyanaz a tendencia mutatkozott: kisebb töltési fokhoz nagyobb sebesség a megfelelő. A hatásosság tekintetében az eredmény nem egyértelmű.

Nem mulasztható el annak megemlítése, hogy egyik tanulmány sem mond semmit az eredményt nyilván befolyásoló páncélozásról (sima, hullámos, lépcsős, osztályozó stb).

A két egymástól függetlenül kb. egyidejűleg végzett vizsgálat egybehangzó eredményei megerősítik megállapításaikat és arra ösztökélnék, hogy keressük az általuk nem adott magyarázatot.

Ennek érdekében vissza kell nyúlnunk a golyómozgás több évtizeddel ezelőtt kidolgozott és általában ismert mechanikájához [4], [5].

Mint ismeretes, a golyómozgás két fajtája fordul elő: vagy közel parabolikus röppályát leírva csapódnak a töltet- és anyagágyra, ez az irodalomban katarakt mozgás néven ismert; vagy az őrlőtest-anyagágyon csúsznak, gördülnek lefelé, ami kaszkád mozgás néven ismert. A durva, de egyben hatásosabb őrlés eszköze a katarakt, a kaszkád mozgás pedig — abrázio és nem törés — csak a finomabb fokozatban hatásos. A két moz-



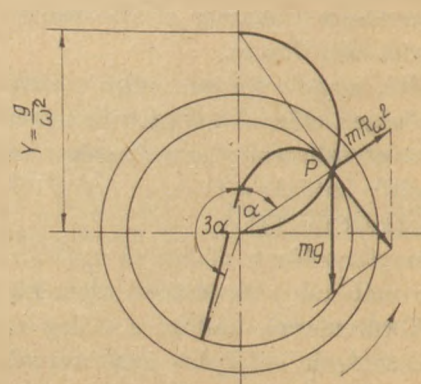
3. ábra. A keringést végző golyóra ható nehézségi és centrifugális erő eredője

gásfajta a nehézségi és centrifugális erő, a forgási sebesség, a súrlódás, valamint a páncélozás és őrlőtesttöltet kölcsönhatása révén alakul ki.

A továbbiak érdekében szükségesnek tűnik — az egyébként általában ismert — idevágó elméleti megfontolásokra röviden utalni.

A dobbal együtt keringő testekre ható nehézségi és centrifugális erők eredői centrifugális erőteret képeznek, amelynek középvonala a malom tengely felett $Y = g/\omega^2$ magasságban van (3. ábra). Ha $Y = R$, a nehézségi és centrifugális erő egyező nagyságú és ellenkező értelmű, elméletileg mozgás nem jöhet létre, ez a kritikus állapot, a kritikus szögsebesség nagysága $\omega_{kr} = \sqrt{g/R}$ vagy $n_{kr} = 42,3/\sqrt{D}$ 1/min ($= 0,705/\sqrt{D}$ Hz).

A parabolikus röppályák kiinduló pontja az eredő erők P érintési pontja, ahol az eredő kifelé mutatóból befelé mutatóvá válik és nincs radiális komponense. A katarakt működés nyilvánvaló feltétele, hogy a felfelé mozgó őrlőtest e pontot elérje. Egyetlen őrlőtest idáig általában nem emelkedik, ahol a dob érintője eléri a súrlódási szöget, onnan az őrlőtest visszagördül. A katarakt működés létrejötté tehát egy minimális töltési fokot kíván meg, ezt a 4. ábra szemlélteti.



4. ábra. Parabolikus röppályá (katarakt működés) A a centrifugális erőter középontja P a röppályá indulási pontja

A [2] alatti vizsgálati eredmények egyes értékei

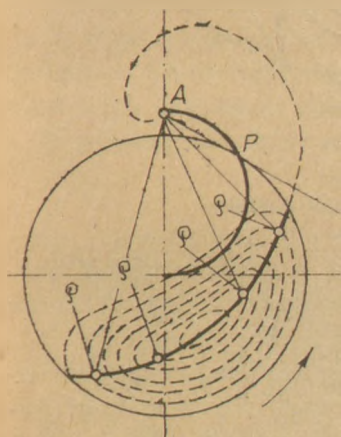
Töltési fok %	28	28	28	28	32	32	32	32
n/n_{kr} %	66,02	70,46	73,07	79,87	66,02	70,46	73,07	78,29
Teljesítmény t/h	146,2	156, -	168,6	170,8	153,2	160,8	162,5	162,8
Malom energia kW ua. fajlagos kWh/t	4693	5180	5766	6217	5224	5837	6142	6235
Fajl. felületképzés $10^3 \text{ m}^2/\text{kWh}$	11	10,4	10,36	9,94	10,53	10,05	9,45	9,66

2. táblázat

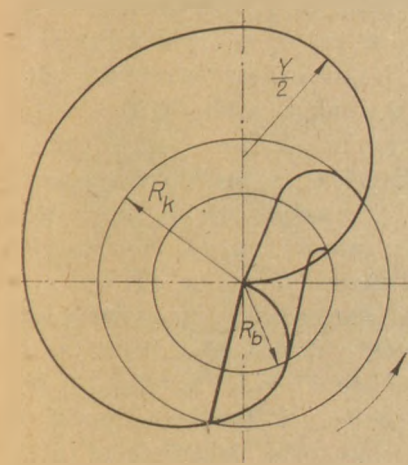
Katarakt működésű golyósmalmok jellegzetes adatai

n/n_{kr} %	60	65	70	75	80	85	90
$\cos \alpha$	0,36	0,42	0,49	0,563	0,64	0,723	0,81
α°	68,9	65	60,7	55,8	50,2	43,8	35,9
$\text{tg } \alpha$	2,60	2,15	1,78	1,47	1,20	0,96	0,72
$1/\text{tg } \alpha$	0,38	0,47	0,56	0,68	0,83	1,04	1,39
n/D	25,4	27,5	29,6	31,7	33,8	36	38
$\Sigma \text{max} \%$	-	14,5	26	35,7	43	51	-
H/D	0,70	0,76	0,83	0,86	0,86	0,79	0,61

Kisebbs töltési fok esetén az egyensúlyi felület egy henger lesz, amelynek vezérvonala egy a súrlódási szög és a szögsebesség által meghatározott logaritmikus spirális (5. ábra).

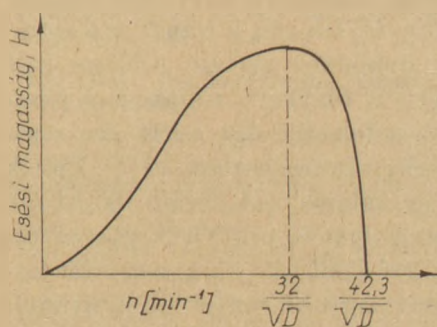


5. ábra. Az őrlőtestek kaszkád mozgása a súrlódási szög

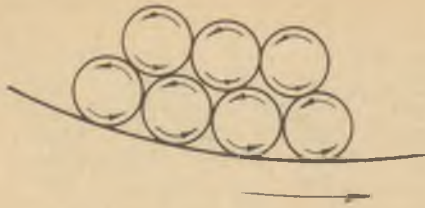


6. ábra. A parabolikus röppályák két szélső helyzete

A katarakt működés néhány jellemzője: ha a parabolikus röppálya kiindulási helyzetét az α szög adja meg, akkor a becsapódás helyzete -3α , a különböző sugarú körökön mozgó testek leválásának geometriai helye az Y távolság feletti félkör, a becsapódásoké pedig egy Pascal spirális (6. ábra). A leválási szögre érvényes: $\cos \alpha = R\omega^2/g = (n/n_{kr})^2$. A lehetséges legbelső röppályának a Pascal spirálissal közös az érintője, kisebb sugáron röppálya már nem lehetséges, mert a nagyobb energiájú külső golyók a helyet elfoglalták. Így tehát a katarakt működésű töltetnek egy a forgási sebesség által megszabott felső határa van. Néhány jellegzetes értéket pl. Joisel számításai nyomán [5] a 2. táblázat tüntet fel. A számított H esési magasság valóságban nem jön létre, a testek nem a dobfalra, hanem az őrlőtest-anyag ágyra csapódnak. A táblázatból jól kivehető: kis forgási sebesség nem tud felemelni munkaképes töltetet, nagy sebesség esetén pedig az $1/\text{tg } \alpha$ értékű súrlódási tényezőnek kellene olyan nagyra lenni, amit csak emelő páncélok tehetnek lehetővé. Másrészt: túl nagy forgási sebesség megengedne nagy ε töltési fokot, de ezzel a H



7. ábra. Esési magasság a percenkénti fordulatszám függvényében



8. ábra. A dob által a golyókra gyakorolt forgatás

esési magasság rohamos csökkenése jár (7. ábra). Levonható a következtetés: tisztán katarakt működés nem lehetséges, mindig a katarakt és kaszkád keveréke áll elő.

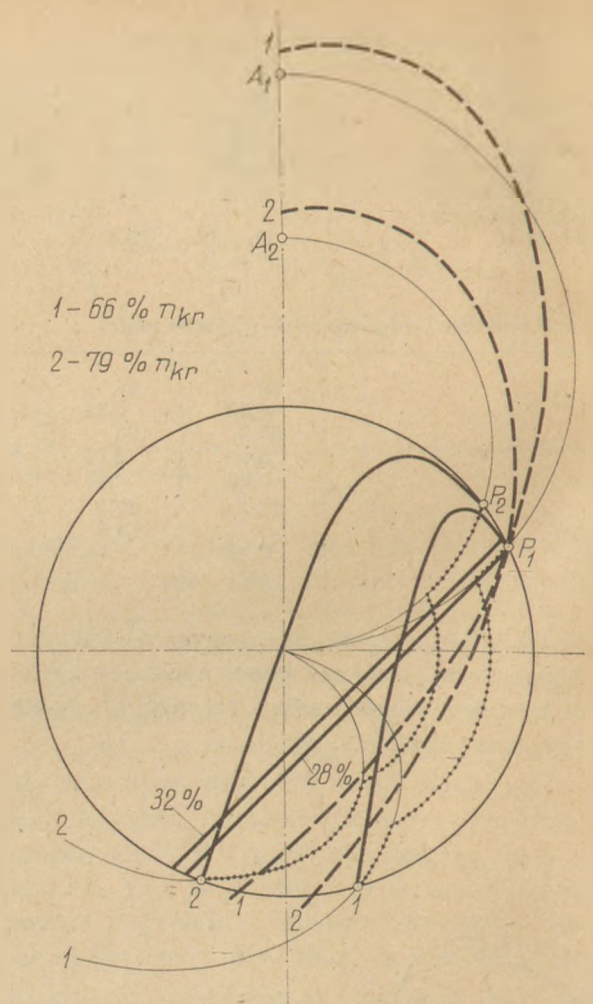
A kaszkád működés tekintetében az 5. ábrából kivehetően van a töltetnek egy hatásos hányada, amely az egyensúlyi felület felett van mozgásban és egy alig hatásos hányada, amely relatív nyugvó állapotban a malomdobbal egy testként mozog, ennek csak legkülső rétegeit forgatja a dob fal súrlódása, némi nyíró hatást kifejtve (8. ábra).

Ezek előrebecsátása után megkísérrelhetjük megmagyarázni a [2] és [3] szerinti tétel helyességét, vagyis hogy kisebb töltési fok nagyobb forgási sebességet indokol.

A 9. ábra a [2] alatti kísérletek két szélső helyzetét mutatja be 45° súrlódási szög ($1/\text{tg } \alpha = 1$) feltételezésével. A legnagyobb lehetséges töltet pontozott vonallal van jelölve. Egyértelműen látszik: a töltési fokot a kaszkád üzemmód határozza meg és nagyobb forgási sebesség esetén nagyobb a hatásos töltethányad, vagyis az őrlőtestek kaszkád mozgására fordított energia nagyobb sebesség esetén jobban hasznosul. Etekintetben a töltési fok változásának befolyása elenyésző.

De térjünk vissza a katarakt mozgáshoz. Ez esetben P_2 a töltet szintje fölé esik, a parabolikus röppályák elmélete szerint a nagyobb sebességnél röppálya nem is jöhet létre, vagyis ezzel a jelenségek jelen esetben nem magyarázhatók meg. De mint bevezetőben mondtuk, ez az elmélet csak közelítő jellegű és itt nem ad a valósággal egyező eredményt. Midőn egy őrlőtest leválik a dob falról és röppályára tér, ki van téve a szomszédos, még a dob falhoz tapadó őrlőtest toló hatásának, vagyis a tényleges röppálya a parabolikus trajektória felszálló ága felett jár, a sebesség a tetőpontig változatlan marad [5]. Ennek eredményeképpen valamelyest kisebb töltési fok is létrehozhat röppályát és pedig a forgási sebesség mértékében. Másként kifejezve: nagyobb forgási sebesség mint nagyobb töltési fok nyilvánul.

De hasonló megállapítás tehető kaszkád mozgásnál is: a legördülés előtt a tehetetlenség hatá-



9. ábra. A [2] alatti vizsgálatok értékelése

sára a töltet a súrlódási szögnek megfelelő ponton tülemelkedik, ez a domborulat az 5. ábrán jól látható.

Fenti három megállapítás (nagyobb sebességnél a kaszkád töltetnek nagyobb az aktív hányada, katarakt és kaszkád mozgásnál pedig egyaránt az elméletihez képest tülemelkedés áll elő) pedig a [2] és [3] alattiak igazolásával egyértelmű. És itt magyarázatot adhatunk az 1. ábra görbéinek lépcsőszerű felhajlására is: ez nyilván a katarakt működés megindulásának fordulatszámát jelzi.

De ha visszatekintünk a több évtizeddel ezelőtt átlátszó homlokkal, változó forgási sebességű és töltésű laboratóriumi malmokkal végzett kísérletekre, előbbi megfontolásaink igazolását látjuk. A 10. ábra amerikai, a 11. ábra szovjet kísérletek régen közzétett fényképe [6], [7].

Megfontolásaink lezárásaként a gyakorlati jelentőségre kell pillantást vetnünk. Az idézett tanulmányok különböző őrlési feladatok (pl. különböző cementfajták) esetére a forgási sebesség és őrlőtesttöltet összehangolási lehetőségére utalnak.



10. ábra. Amerikai vizsgálatok átlátszó homlokfalú laboratóriumi golyós malommal [6]

Golyós malmok üzemét számos paraméter befolyásolja: őrlőtöltet mennyisége és összetétele, páncélozás kivitele, körfolyamatban az osztályozó működése. Mindezek összehangolt optimalizálása bonyolult és ma még megoldatlan feladat. Kérdés, hogy ha ezekhez még a forgási sebesség változtatásával is hozzájárulunk, nem tesszük-e még bonyolultabbá az összehangolás feladatát.

De a valódi jelentőséget mi másutt látjuk: az őrlőtest kopás kiegyenlítése ezidőszertől munkaigényes utántöltéssel és időnkénti, üzemállással járó teljes áttöltéssel lehetséges. Ez pedig a forgási sebesség megfelelő növelésével jórészt kikü-

szöbölhető, üzemállásra csak jóval hosszabb időközökben kerülhet sor. A malmok gazdaságos üzemeltetésénél pedig ez jelentős előny, főként, ha az őrlőtestek kopásállósága kívánivalót hagy maga után. Ehhez természetesen a különböző cementfajták (vagy őrlemény szemcseméreteloszlások) itt részletesen nem tárgyalt követelményeihez való igazodás lehetősége is járul.

I R O D A L O M

- [1] *Tiggesbaumker, P.*: Tendenciák a nyersanyagok szárazőrlésének és a klinker őrlésének területén. Építőanyag 27 (1975) 5 179 – 187
- [2] *Olivero, L. et al.*: Betriebliche Anpassung von Zementmühlen mit variabler Drehzahl. Zement – Kalk – Gips 30 (1977) 12 644 – 646
- [3] *Kovaljuk, V. R. – Gud, M. B.*: Zaviszimosztü proizvoditel'nosztü cementnoj meljnicü ot koefficienta zapolnenija i csasztotü vrascsenija. Cement (1978) 7 8 – 9
- [4] *Davis, E. W.*: Fine crushing in ball mills. Transactions AIMME Vol LVI. (1920) 250 – 296
- [5] *Joisel, A. – Birebent, A.*: Mécanique interne du broyeur à boulets. Revue des Matériaux de Construction 343 – 439 (1951 – 1952)
- [6] *Mittag, C.*: Die Hartzerkleinerung, Springer Verlag, Berlin, 1953. p. 221
- [7] *Romadín, V. P.*: Püleprigotovlenje, Metallurgizdat, Moszkva (1953) p. 257

Beke Béla: Golyós malmok üzeme változtatható fordulatszámmal

Az újonnan bevezetett tirisztor vezérlésű kis periódus-számú gyűrűs motorok lehetővé teszik a golyós malmok fordulatszám szabályozását. Ipari méretű olasz és szovjet vizsgálatok egyaránt azt igazolták, hogy kisebb töltési fok nagyobb forgási sebességet kíván. A tanulmány e megállapítás elméleti igazolását adja.

Gyakorlati eredmény: az őrlőtestkopás következtében előálló töltethiány káros hatása a fordulatszám növelésével bizonyos határok között az üzem leállítása nélkül kiküszöbölhető.

Beke, B.: Действие шаровых мельниц с изменяемым числом оборотов

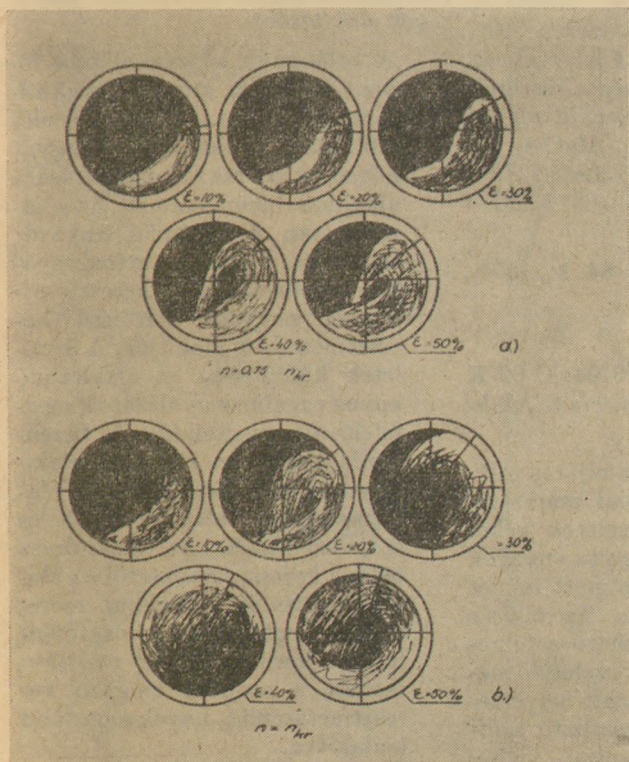
Кольцевые моторы с маленьким периодическим числом и тиристорным управлением, введённые в последнее время, делают возможным регулирование числа оборотов шаровых мельниц. Промышленные испытания, проведенные итальянскими и советскими специалистами, показали, что меньшая степень наполнения требует более высоких скоростей вращения. В данной статье дается теоретическое обоснование этого вывода.

Практический результат: вредное влияние недостатка наполнения мельницами телами, возникающего в результате их износа, может быть устранено без остановки мельницы путем увеличения числа оборотов мельницы в определенных границах.

Beke Béla: Der Betrieb von Kugelmühlen mit variierbarer Drehzahl

Die neuerdings angewandten, thyristorgesteuerten, mit kleiner Periodenzahl arbeitenden Schleifringmotore ermöglichen die Regelung der Drehzahl der Kugelmühlen. Italienische und sowjetische Betriebsuntersuchungen bestätigten gleichsam, daß ein kleinerer Füllungsgrad eine größere Drehgeschwindigkeit erfordert. Die theoretische Bestätigung dieser Feststellung wird erbracht.

Das praktische Ergebnis ist: die infolge des Mahlkörperverschleißes eintretende nachteilige Abnahme des Füllungsgrades kann zwischen gewissen Grenzen durch die Erhöhung der Drehzahl, während dem Betrieb ausgeglichen werden.



11. ábra. Szovjet vizsgálatok átlátszó homlokfalú laboratóriumi golyós malommal [7]

The rpm of ball mills can be changed by the recently introduced thyristor-controlled ring motors. A lower filling degree requires a higher rpm, as proved by industrial-scale tests in Italy and the USSR. The paper gives

a theoretical proof of this experience. As a practical result it is claimed that the deterioration of grinding efficiency due to the loss of filling degree (by the wear of grinding media) can be counteracted — between certain limits — using a higher rpm, without operation shutdown.

Szabadalom figyelő

T/16 539 (51) B 28 B 7/00 (71)
Formázóminta kerámiaipari termékek előállítására

A találmány tárgya formázóminta kerámiaipari termékek előállítására. A találmány feladata ismert szerkezeti anyagokból előállított, a kerámiaipari technológiai feltételeket teljes mértékben kielégítő formázóminta kidolgozása.

A találmány szerint ezt a feladatot azzal oldjuk meg, hogy légátneremesztő vagy csaknem légátneremesztő anyagból kiképzett falában mindazokon a helyeken, ahol a fal és a formadarab között légzárvány alakulhat ki, egy nyílt pórusos szerkezetű, légátneremesztő anyagból kiképzett elem van elrendezve.

(Szabadalmi Közlöny, 84. k., 1979., 5. sz., 338. old.)

T/16 562 (51) C 03 B 5/26 (71)
Villamos kemence, üvegolvasztásra

Magas olvadáspontú anyagok, például üveg megolvasztására szolgáló kemencék közismert hibáit küszöböli ki a találmány. Elsősorban villamos fűtésű kemencék olvadt anyag tartalmának lecsapoló, olvadt anyag elvezetésekor a kivezető nyílás szerkezetében sem a megolvadás, sem az atmoszféra oxidáló hatása nem következik be, és ennek érdekében nem kell a szokásos semleges, vagy redukáló gáz védő ernyőt sem alkalmazni.

(Szabadalmi Közlöny, 84. k., 1979., 5. sz., 342. old.)

T/16 563 (51) C 03 C 3/04 (71)
Üvegbúra wolfram-brom izzólámpákhoz

A találmány tárgya wolfram-brom izzólámpa bürájának üve-

ge, melynek átalakulási hőmérséklete 700 °C felett van, hőtágulási együtthatója 0–300 °C tartományban kb. $48-58 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ molibdénnel az illesztési eltérés az üveg dermedési pontján nem haladja meg a 250/10-t, az üzemi olvadási hőmérséklet nem magasabb 1550 °C-nál, folyadék hőmérsékleten a viszkozitás legalább 100.000 poise, a folyadék hőmérséklet kevesebb, mint 1200 °C, és hidrogénáteresztő képessége nagyon alacsony

A találmány szerint az üveg alapvetően az oxid-alap súlyszázalékában 14–21% CaO, 0–5% MgO, 0–7% BaO, az összes CaO + MgO + BaO legalább 19%, 13–16% Al-O-, és 58–63% SiO--ból áll.

Egy előnyös kivétel esetén az üveg legfeljebb összesen 10% SrO és/vagy La-O-t is tartalmaz. Egy további lehetséges összetétele szerint az üveg az oxid alapon súly szerint 1–5% MgO-t, 2–7% BaO-t, 16–20% CaO-t, 13–16% Al-O-t és 58–63% SiO--t tartalmaz

(Szabadalmi Közlöny, 84. k., 1979., 5. sz., 342. old.)

T/16 613 (51) C 23 F3/04; C 09 K 3/10; (71) *Eljárás szilícium felület kémiai marására*

A találmány tárgya eljárás szilícium szeletek kémiai marására, mely művelet a szeletek vékonyítását, arról bizonyos anyagok eltávolítását, illetve matt felület biztosítását célozza. Az eljárás előnyösen alkalmazható a félvezető technikában a szeletek mechanikus csiszolásának helyettesítésére és jól forrasztható szilíciumfelületet biztosít, mely egyenletesen matt és nagy fajlagos felületű. A módszert az jel-

lemzi, hogy a félvezető eszközök gyártásánál használt szilíciumlapkák felületét oly marószerszennel marják mattra, melynek összetétele a kénsav-salétromsav-fluorsav terner rendszer háromszög diagramjában a (0,25–0, 1–0, 0,65); (0,25–0,2–0,55); (0,15–0,3–0,55); (0,1–0,3–0,6); (0,1–0,2–0,7); (0,2–0,1–0,7) összetételek által meghatározott hatszög belsejébe esik.

(Szabadalmi Közlöny, 84. k., 1979., 5. sz., 355. old.)

(11) 173 460 (51) C 04 B 1/06; 1/08 (73) *Eljárás és berendezés oltott mész előállítására*

(Szabadalmi Közlöny, 84. k., 1979., 5. sz., 367. old.)

T/16 675 (51) B 28 B 3/26 (71)
Eljárás és berendezés kerámiai anyagok alakítására

A találmány tárgya eljárás főként kerámiai anyagok alakítására, előnyösen üregestéglák előállítására. A találmány tárgyát képezi az eljárás foganatosítására alkalmas berendezés is. Az eljárás során a kerámiai anyagot lamináris áramlás tartományában kisebb kerületű keresztmetszetről nagyobb kerületű keresztmetszetre alakítják. A kerületek különbsége az alakítandó anyag rugalmas nyúlásának megfelelő nagyságrendű. A berendezés alaplapon rögzített alakítószerszámot tartalmaz. Az alakítószerszám alakítórészből és szájrészből áll. Az alakítórész belépő keresztmetszetétől az alakítószakasz az idomdarab méretének megfelelően fokozatmentesen a kerület állandó nyújtása mellett a szájrész kiképző keresztmetszetéig növekvően van kialakítva.

(Szabadalmi Közlöny, 1979., 6. sz. 84. k., 414. old.)

Rideg anyagok őrlése golyósmalomban

OPOCZKY LUDMILLA

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Bevezetés

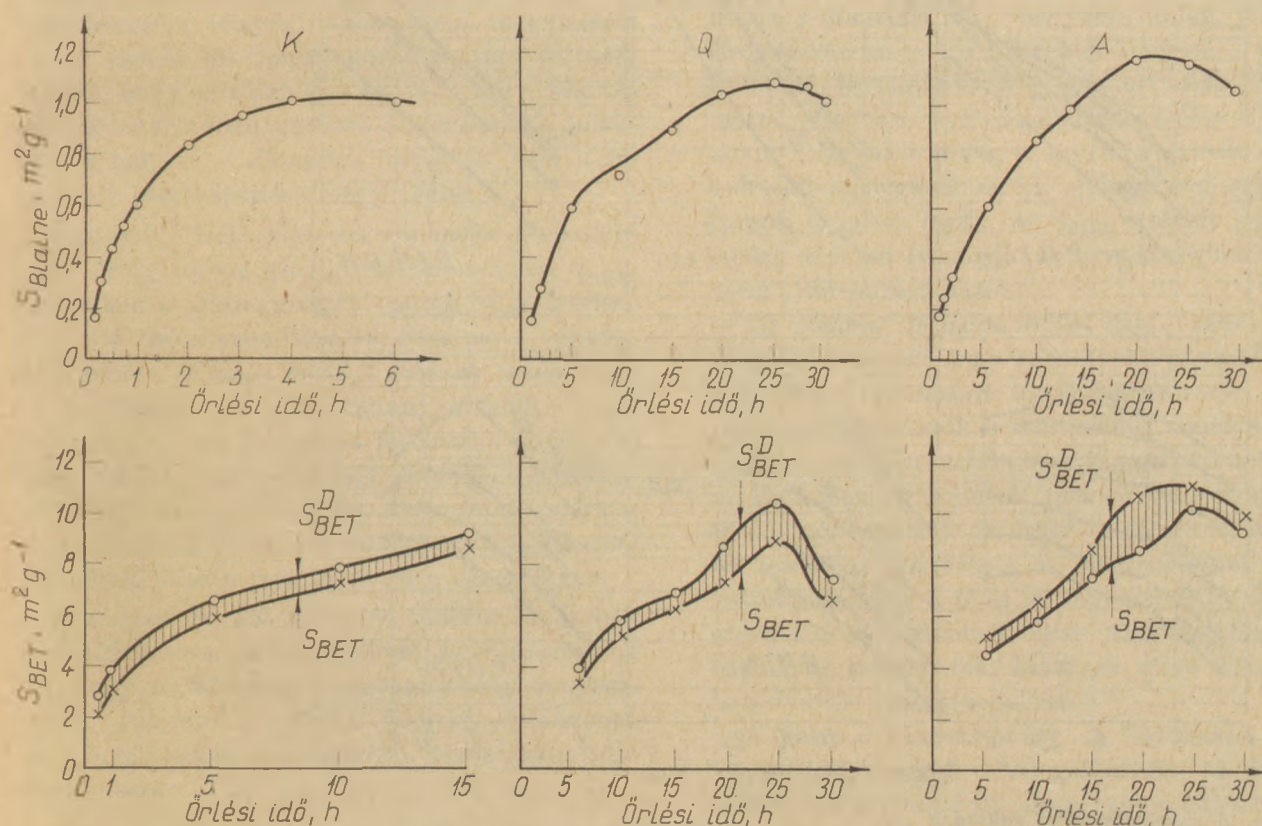
A rideg anyagok őrlését az anyag keménysége és az őrlemény részecskéinek felületi kölcsönhatása jelentősen befolyásolja. A részecsekölcsönhatás mértéke és jellege függ az anyag természetétől, valamint a mechanikai igénybevétel ill. az őrlőberendezés típusától.

A tanulmányban néhány rideg anyag golyósmalomban történő száraz őrlésével foglalkozunk. Ennek ismerete a kerámiai ipar őrlési eljárásainak kialakításánál is felhasználható.

Jelenségek rideg anyagok nagy finomságra történő őrlésekor

A kísérletek során kapott eredmények bemutatásához a következő anyagokat választottuk ki:

- kvarc (SiO_2 tartalom kb. 99%) (továbbiakban *Q*),
- aplit (kb. 70% földpátot és ezen kívül kvarcot tartalmaz. A földpát a Na- és K-földpát keveréke) (továbbiakban *A*),
- kalcit (CaO -tartalom kb. 56%) (továbbiakban *K*).



1. ábra. „Külső” (S_{Blaine}) és „összes” (S_{BET} és S_{BET}^D) fajlagos felület változása az őrlési idővel
K – kalcit; Q – kvarc; A – aplit (S_{BET}^D a „dezagregált” őrlemény „összes” fajlagos felülete)

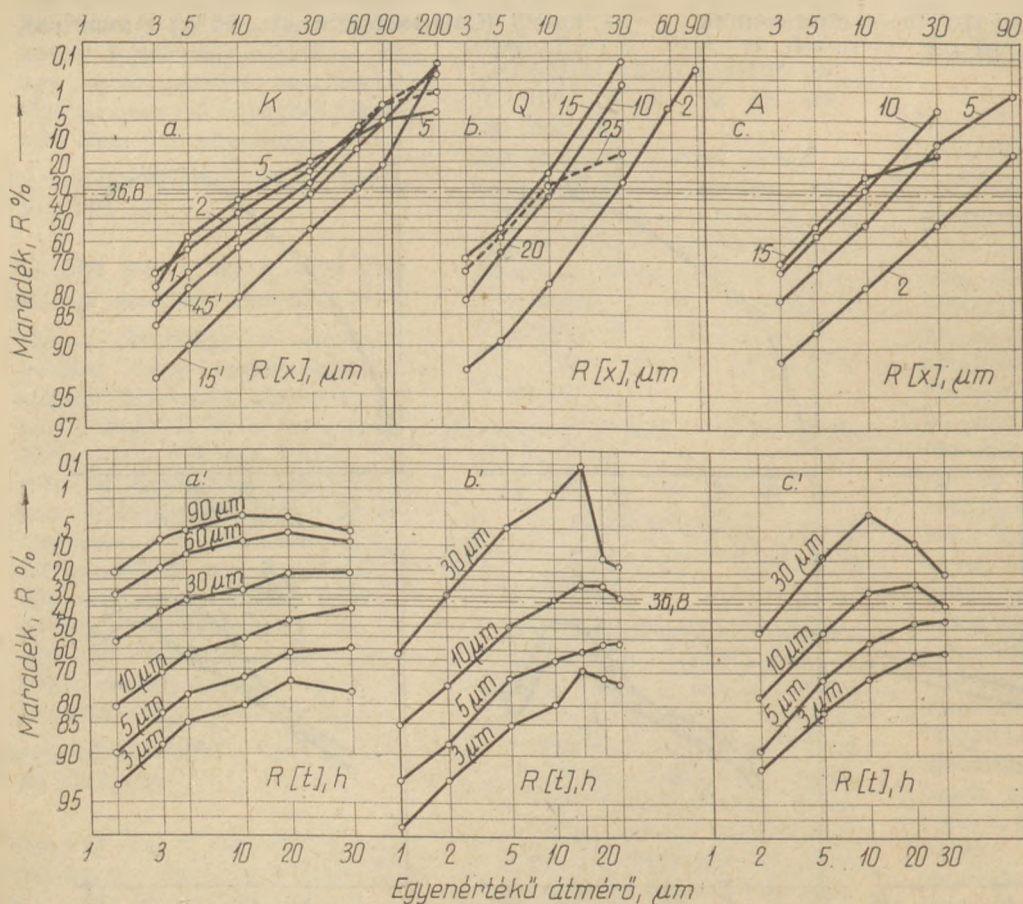
Kísérleti őrlési berendezésünk 5 liter űrtartalmú 68/perc fordulatszámú, 8 kg 20 × 20 mm-es acél-cilpebsszel töltött vasköpenyű malom volt. Az őrlést 30 óráig folytattuk.

Az őrlemények diszperzitásfokának jellemzésére a permeabilitás mérési módszerrel meghatározott ún. „külső” fajlagos felületet (továbbiakban S_{Blaine}), valamint a nitrogén adszorpciós izotermákból a BET-egyenlet segítségével kiszámított „összes” fajlagos felületet (továbbiakban S_{BET}) használtuk. Az őrlemények szemszerkezetének meghatározása vízben való ülepitéssel történt. Az ülepitési eredményeket a Rosin-Rammeler-Sperling-Bennet (továbbiakban RRSB) szemszerkezeti hálón ábrázoltuk. Az RRSB-eloszlás egyik állandója az x finomsági mérőszám (a 36,8% szitamaradékhoz tartozó szemcseméret) a szemszerkezeti hálóból leolvasható, a másik állandója n (az őrlemény egyenletességi tényezője) pedig a szemszerkezeti adatokból kiszámítható, mivel az az eloszlás szórásának reciprokával arányos (1). Az őrlemények „dezaggregálása” laboratóriumi propelleres keverőben vízes közegben történt. Az 5 perces „dezaggregá-

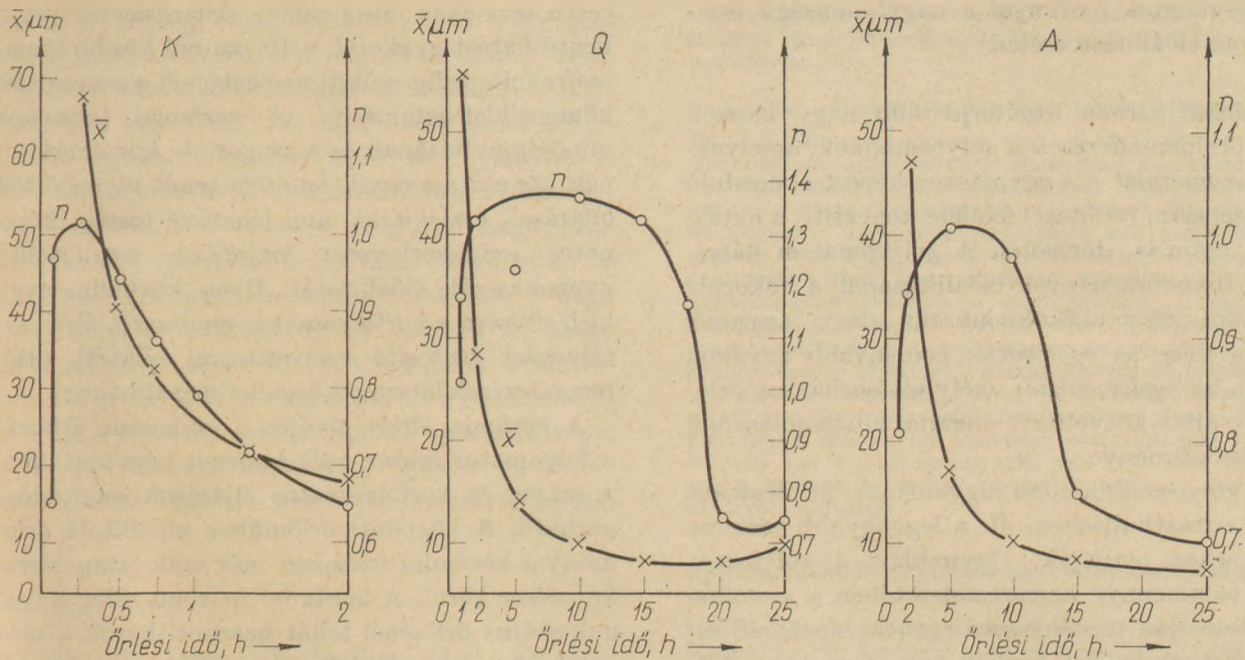
lásnak” alávetett mintát Büchner-tölcséren szűrtük át, abszolút alkohollal lemostuk, majd szárítás után meghatároztuk a „dezaggregált” por „összes” fajlagos felületét (továbbiakban S_{BET}^D). A három kísérleti anyag (Q , A és K) diszperzitásfokának (S_{Blaine} , S_{BET} és S_{BET}^D) változása az őrlési idővel az 1. ábrán látható. Megállapítható, hogy az őrlés kezdetén a felület az őrlési idővel arányosan növekszik, később e növekedés lelassul, majd minimumra csökken, sőt Q -nál és A -nál – a hosszú ideig tartó őrlés után – az S_{BET} -értékeinek csökkenése is megfigyelhető.

A 2. ábrán a kísérleti anyagokkal végzett őrlési folyamatot RRSB-hálón mutatjuk be: a, b, c az $R(x)$, a' b' c' az $R(t)$ görbék. Az őrlemények szemszerkezeti görbéiből a lágy (K) és a kemény (Q) anyagok őrlési folyamatának bizonyos jellegzetességei felismerhetők. A K esetén 1 óras őrlési időtartamig az $R(x)$ görbék egyre meredekebbek, de már egy órai őrlés után laposodni kezdenek (lásd 2.a ábrát).

A Q esetén a görbék laposodása és a durva tartomány felé való eltolódása 15, illetve 20 óras őrlés után következik be (lásd 2.b ábrát).



2. ábra. A szemcseösszetétel változása
a, b, c. (a szemcseösszetétel) a számok az őrlési időt adják meg órákban)
a', b', c'. (a szitamaradék változása az őrlési idővel K – kalcit; Q – kvarc; A – aplit)



3. ábra. Az őrlemény jellemzőinek (\bar{x} és n) változása az őrlési idővel.
 K – kalcit; Q – kvarc; A – aplit (\bar{x} – finomsági mérőszám; n – egyenletességi tényező)

Az A-anyag szemszerkezetének változása szempontjából, a K és Q között foglal helyet (lásd 2.c ábrát).

A 3. ábrán az őrlemények n egyenletességi tényezőjének és az \bar{x} finomsági mérőszámának változását látjuk az őrlési idő függvényében. Az n egyenletességi tényező valamennyi megvizsgált anyag esetén maximum görbe szerint változik jelezve, hogy az őrleményben – a szemcsék törése következtében várható egyenletesség növekedése helyett – ellentétes folyamat, azaz a részecskék összetapadása megy végbe.

Bizonyos következtetések vonhatók le a különböző őrlési idővel előállított őrlemények S_{BET} értékeinek a „dezaggregált” porok S_{BET}^D értékeivel való összehasonlításából (lásd az 1. ábrát). A K esetén az S_{BET} és S_{BET}^D értékek tendenciája – megvizsgált őrlési tartományon belül – gyakorlatilag azonos. Ugyanez jellemző a Q és A-ra is kb. 15 óráig tartó őrlésnél. Az őrlés folytatásánál e két anyagnál (Q és A) azonban elérünk olyan szakaszt is, amikor az S_{BET} és S_{BET}^D közötti különbség először megnő, majd pedig csökken.

A részecskék kölcsönhatás mechanizmusának tanulmányozása során korábban megállapítottuk (2), hogy az őrlemény n egyenletességi tényezőjének, valamint „összes” fajlagos felületének (S_{BET}) változásai a következő jelenségeket tükrözik vissza:

– Az n egyenletességi tényező csökkenése az őrlemény részecskék gyenge kölcsönhatásának

azaz az aggregációnak a következménye, amely ugyanis az őrlési folyamatot kedvezőtlenül befolyásolja, de nincs lényeges hatással az őrlemény minőségére. Az n egyenletességi tényező értéke és változása az anyagi tulajdonságok függvénye, és az anyag aggregációra való hajlamának fontos jellemzője. A keményebb anyag, például Q esetében az n egyenletességi tényező – széles finomsági tartományban – gyakorlatilag állandó marad, jelezve az aggregációmentes őrlést. Ugyanakkor a lágyabb anyag – így K – őrlését nagymértékű aggregáció kíséri. A keletkező aggregátumok azonban lazák, az S_{BET} értékeit gyakorlatilag nem befolyásolják, és vizes közegben könnyen „dezaggregálhatók”.

– Az „összes” fajlagos felület (S_{BET}) csökkenése pedig arra mutat, hogy keményebb anyagok esetén a nagy finomságra történő őrlés során olyan tömör aggregátumok is keletkeznek, amelyek belső felületére a nitrogén molekula már nem tud behatolni. Ez a jelenség, amelyet agglomerációnak nevezünk, már nemcsak az őrlési folyamatot, hanem az őrlemény minőségét is kedvezőtlenül befolyásolhatja. Így a Q és A anyagok nagy finomságra történő őrlésénél olyan tömör agglomerátumok is keletkeztek, amelyek vizes közegben nem voltak „dezaggregálhatók”.

A részecskék kölcsönhatás az őrölttestek által közvetített energia túladagolásának, az általuk a szemcsékre gyakorolt „összenyomó hatásának”, valamint a szemcsék lokális felmelegedésének következménye.

Golyósmalmok hátrányai a nagyfinomságú őrlémények előállítására esetén

A szilikátiparban legelterjedtebb nagy kapacitású őrlőberendezések a golyósmalmok, amelyekben az energiát két egymáshoz képest elmozduló őrlőszerszám (őrlőttest) felülete közvetíti; a hatás: ütés, nyomás, dörzsölés. A golyósmalom hátrányai finomőrlemények előállításánál a fokozott mértékű részecskékölesőhatás (lágú anyagok esetén főleg az *aggregáció*, keményebb anyagok esetén az *agglomeráció*), mely elsősorban az őrlőttestek által közvetített energia túladagolásának a következménye.

A golyósmalmokban ugyanis az őrlőttesteket 80% szitaáthulláshoz, ill. a legnagyobb szemcse eltöréséhez igazítják. Ugyanakkor a golyósmalom valamennyi keresztmetszetében a szemcseméreteloszlás törvényszerűségének megfelelő eloszlással rendelkező termék van jelen, így a túlnyomóan jelenlevő kisebb szemcsékhez az energia túladagolt. Ezen túlmenően a golyósmalomban egyéb kedvező feltételek is vannak a részecskék kölcsönhatásához, így elsősorban az őrlőttestek által a szemcsékre gyakorolt „összenyomó hatás”, a szemcsék lokális felmelegedése, stb.

Az őrlési technika fejlesztésének fő iránya az őrlőberendezések méreteinek és teljesítményének növelése, amire a golyósmalmok igen alkalmasak. A malmok méretnövelését nem technológiai követelmények indokolják (ellenkezőleg, technológiai szempontból a malmok méretének növelését egy sor kedvezőtlen jelenség kíséri), hanem a beruházási és munkaerőfordítási költségek csökkentése. A nagyméretű golyósmalmok hatékony üzemelésének, a nagyfinomságú őrlémények előállításának elengedhetetlen feltétele a körfolyamatos őrlési rendszer (3) és a felületaktív anyagok alkalmazása.

Kerámiaipari őrlés

A kerámiaiparban ma még legnagyobb mértékben a szakaszos üzemű nedves dobmalomokat alkalmazzák. Az őrlési finomságot általában a 63 μm nyílású szitán ellenőrzik. Az agyagkomponenseket feliszapolják, a kemény, rideg komponenseket pedig nedvesen őrlik. A nyersmassza finomsága és szemszerkezete hatással van a zsugorítási folyamatra és az előállított termékek minőségére. A porcelán termékek vonatkozásában végzett vizsgálatok során például megállapították (4), hogy a 40 μm -nál nagyobb szemcsefrakció a por-

celán termékek mechanikai szilárdságára csökkentő hatást gyakorol, a 10 μm -nál kisebb szemcsefrakció pedig szűkíti az égetésnél a zsugorítási hőmérséklettartományt. A kerámiai termékek minőségjavításának és a zsugorítás körülményeinek könnyítése egyik feltétele tehát olyan őrlési eljárások kialakítása, ami lehetővé teszi a kívánatos szemszerkezetet legjobban megközelítő nyersmasszák előállítását. Ilyen követelmények kielégítésére a körfolyamatos rendszerű, éles osztályozást biztosító szeparátorral ellátott őrlőberendezések látszanak legalkalmasabbaknak.

A kerámiai őrlés jövőjét a szakaszos őrlésről a folyamatos őrlésre való átmenet képviseli, ahol a száraz és körfolyamatos eljárások elterjedése várható. A központi őrlőműben előállított őrlémény a kerámiai üzemben már csak iszapolásra, keverésre kerül. A kerámiai iparban rideg anyagok száraz őrlésénél tehát hasznosíthatók a más iparágban, hasonló jellegű anyagok száraz őrlésénél szerzett tapasztalatok.

A hagyományos kerámiai termékek előállításához felhasznált rideg anyagok őrléséhez – ha figyelembe vesszük ezen anyagok (például kvarc, földpát) őrölhetőségi tulajdonságait és a nyersmasszák előírt finomságát – a körfolyamatos rendszerben működő golyósmalmok elvileg alkalmazhatók, de a vasmentes, kisebb sűrűségű őrlőttestek alkalmazása túlságosan nagy méretű golyósmalmokat igényelne. A különleges kerámiai termékekkel szemben támasztott nagy finomságú követelményeket, a golyósmalmok egyébként sem tudnák kielégíteni.

A nagy finomságra való őrlés elterjedt eszközei például a rezgőmalom, amelyekben a megfelelően előőrölt ($< 1 \text{ mm}$) anyag feladása esetén irodalmi adatok szerint száraz őrlésnél 1–10 μm felső szemcsehatár is elérhető, a szokásos finomság pedig 20–40 μm . A rezgőmalom nagy sebessége és ezzel összefüggő nagyobb energiakonzentrációk miatt kisebb őrledényeket igényelnek. Folyamatos üzemben elterjedtek a kétfokozatú (az első fokozatban mintegy 20, a másodikban mintegy 10 mm-es őrlőttestekkel) és körfolyamatos rendszerek. A nagyfinomságú őrlémények előállítása esetén a rezgőmalomban is fellép a nagy energiaterhelés és a magas hőmérséklet következtében az aggregáció és agglomeráció. Ez utóbbi fékezése hűtőközeget és felületaktív anyagokat adagolnak a malomba.

A nagyfinomságú őrlémények előállításának másik eszköze a sugármalom. A sugármalomban ki van küszöbölve az anyagrészecskék őrlőttestek által okozott összepréselése. A malomban ural-

ködő légefelesleg és az őrlőközeg (gáz vagy gőz) expanziója által okozott lehülés általában semlegesíti a részecskék ütközése és súrlódása következtében keletkező hőt, megakadályozva a termikus energia felhalmozódását, az anyag részecskék túlhevülését. Az ütközéses őrlés lehetőséget ad – az ütközési sebesség megfelelő megválasztásával – a pontosabb energia adagolásra, az aggregáció ill. agglomeráció elkerülésére, a nagy finomságú és aktivitású, kis szórású ill. nagy egyenletességi tényezőjű (n) őrlemény előállítására (5, 6). Különleges kerámiai termékek előállításánál a sugármalmok előnyösen alkalmazhatók.

A sugármalmok hátránya a golyós- és vibromalmokhoz képest, a nagyobb energiárfordítás.

I R O D A L O M

- [1] *Beke, B.*: Zement – Kalk – Gips. 23 S. 401 – 406. (1970).
- [2] *Opoczky, L.*: Powder-Technology. 17 p. 1 – 7. (1977).
- [3] *Beke, B.*: Aufbereitungs-Technik. 10. S. 526 – 531 (1977).
- [4] *Kachalova, L.*: IX. Conference on the Silicate Industry. Publis. House of the Hungarian Academy of Sciences. Budapest, p 21 – 25. (1967).
- [5] *Desko, J. I., Akunov, V. J., Pankratov, V. L., Ferensz, N. I., Kolszovszkaja, V. M.*: Cement 5. S. 16 – 17. (1973).
- [6] *Menyhártné, Kocsis, M.*: Építőanyag. 27. S. 348 – 352. (1975).

Opoczky Ludmilla: Rideg anyagok őrlése golyósmalomban

A rideg anyagok finomőrését a részecskék felületi kölcsönhatása nagy mértékben befolyásolja. A részecske kölcsönhatás mértéke és jellege (aggregáció ill. agglomeráció) függ az anyag természetétől, valamint a mechanikai igénybevétel ill. az őrlőberendezés típusától. A golyósmalmokban az energia túlادagolás, az őrlőtestek által a szemesekre gyakorolt „összenyomó hatás”, valamint a szemesék lokális felmelegedése miatt kedvező fel-

tételek vannak az agglomeráció fellépéséhez, így a golyósmalmok finomőrésénél energetikailag és minőségileg kedvezőtlenebbek.

Opoczky, L.: Помол твердых тел в шаровых мельницах

На эффективность тонкого помола твердых тел большое влияние оказывает поверхностное взаимодействие частичек измельчаемого материала. Интенсивность и характер поверхностного взаимодействия частичек измельчаемого материала (агрегация или агломерация) зависят от породы измельчаемого твердого материала, а также от типа механического воздействия или же применяемого помольного оборудования. В шаровых мельницах в следствие „избыточного дозирования механической энергии”, спрессовывания малых количеств измельчаемого порошка в местах контактов шаров (мельющих тел) мельницы, а также локального нагревания частиц имеются благоприятные условия для агломерирования, в связи с чем шаровые мельницы при тонком помоле как с энергетической, так и с качественной точки зрения (качество продукта помола) являются неблагоприятными.

Opoczky, Ludmilla: Vermahlung von Hartstoffen in Kugelmühlen

Die Feinstmahlung von Hartstoffen wird durch die Wechselwirkung der Teilchen nachteilig beeinflusst. Das Maß der Intensität und der Charakter der Wechselwirkung zwischen den Teilchen (Aggregation bzw. Agglomeration) ist von der Natur des Mahlgutes und von der Art der mechanischen Beanspruchung, bzw. der angewandten Mahlanlage abhängig. Grundsätzlich sind Kugelmühlen wegen der unbeherrschbaren Energiedosierung, der „zusammendrückenden Wirkung” der Mahlkörper auf die Teilchen des Mahlgutes, sowie der lokalen Erwärmung der Teilchen für Feinstmahlung energetisch und qualitativ ungünstig.

Opoczky, Ludmilla: Grinding of Brittle Substances in Ball Mills

The fine grinding of brittle materials is affected to a high extent by the surface interaction of particles. Degree and characteristics (aggregation or agglomeration) of this interaction depends on the nature of the substance and the type of mechanical treatment and of the mill. Agglomeration usually occurs in ball mills, as a consequence of energy surplus, the compression of particles by grinding media impact and the local temperature rise of particles. The application of ball mills for fine grinding is disadvantageous both from points of energy utilisation and product quality.

A világ szilikátiparából

Üvegkerámiával gyártott optikai felszerelés meteorológiai műholdban

A „Meteosat” műholdas meteorológiai program keretében műholdról színes felvételeket készítenek a Földről. Az optikai berendezésekhez a mainzi Schott cég „Zerodur” elnevezésű üvegkerámiatermékét alkalmazták. A „Zerodurt” már

korábban is használták tükrös csillogászati távcsövekben. Az anyag alig érzékeny hőmérséklet-változásokra és optikailag kifogástalan képet ad. A műholdban a Meteosat Radiometer elnevezésű kamera fő- és melléktükre készült az említett üvegkerámiából.

(Berichte der Deutschen Keramischen Ges. 1979. 3 – 4.)

Tűzállóanyag felhasználás

Újabb csökkentést értek el a Nippon Steel Kimitsu-i üzemében az oxigénes acélkonverterek tűzállóanyag fogyasztásában. A 2. sz. konverter (300 t/adag) üzemi ciklusának befejeztével az 1 tonna acélra fogyasztott tűzállóanyag 0,67 kg volt (régebbi legjobb adat 0,77 kg/t). Japánban az öt legnagyobb acélgyártó vállalat átlagos tűzállóanyagfogyasztása az oxigénkonverterekben 2 – 3 kg/t között mozog.

(Nippon Steel News 1979. május)

Üvegolvasztó-kemence vizsgálata modellezéssel és a tartózkodási idő eloszlási függvények elemzése alapján

DAKU LAJOS

Üvegipari Művek Karcagi Üveggyára

Az üvegipar a fokozódó mennyiségi és minőségi igényeket az olvasztókemencék kapacitásának a növelésével, valamint az olvasztott üveg jobb minőségével tudja kielégíteni. Az üveggyarak ezt általában a nagyobb kemencék, illetve a több energia bevitelével igyekeznek elérni. Az eredmények ingadozása jó bizonyíték arra, hogy az így megnövelt kapacitás előnyeinek csak részleges hasznosítására van lehetőség. Ez az ingadozás annak tulajdonítható, hogy az egyes kemencék áramlási viszonyai nagyon eltérőek voltak.

Az olvasztókád áramlási terének első becslése az alapján történt, hogy az olvasztókád kétharmadánál, a középvonalban a legmagasabb a hőmérséklet („forráspont”). Itt egy intenzív, felfelé irányuló áramlás alakul ki. A szakemberek gyorsan felismerték az áramlás irányításának jelentőségét. Először levegőbefúvatással, illetve terelőgát beépítésével igyekeztek kedvező áramlási teret kialakítani. A döntő lépést azonban az elektromos fűtés megjelenése jelentette. Az olvasztás határfoka lényegesen javult, új kemencekonstrukciók jelentek meg. Ezzel párhuzamosan nem történt meg az olvasztókádakban lejátszó folyamatok elméleti és kísérleti vizsgálata. Az új kemencék tervezése, építése és üzemeltetése elsősorban a gyakorlati tapasztalatokon és nem az elméleti alapokon nyugszik. Ennek fő oka, hogy az olvasztókádban nagyon bonyolultak a viszonyok: kölcsönösen befolyásolja egymást az anyag- és energiátaszport, a természetes és a mesterséges konvekciós áramlás. Így az olvasztókád áramlási és hőmérsékleti tere döntő módon befolyásolja az olvasztott üveg minőségét és a kemence terhelhetőségét [1]. A bonyolult viszonyok miatt csak a számítástechnika és a hasonlóságelmélet megfelelő fejlettségi szintjén van lehetőség az áramlási és hőmérsékleti tér viszonylag pontos meghatározására.

Általában egy műveleti egység vizsgálatának

legkívánatosabb módja a rendszert, illetve az ott lejátszó folyamatokat leíró matematikai összefüggések felállítása és megoldása. Esetenként azonban még a rendszert leíró differenciálegyenletek felállításáig sem jutunk el, vagy az egyenletrendszer bizonyul megoldhatatlannak. Esetleg olyan egyszerűsítésekre van szükség, hogy az eredmények már csak durva tájékoztatásra legyenek alkalmasak. Ilyen esetekben a tervezéshez szükséges összefüggések nem vezethetők le, azokat kísérleti úton kell meghatározni. A kísérleti körülményeket ilyenkor úgy célszerű megválasztani, hogy az eredményeket lehessen általánosítani. Ez a hasonlósági módszer (hasonlóságelmélet) alkalmazásával érhető el.

Ennek megfelelően az olvasztókádak leírására matematikai és fizikai modelleket dolgoztak ki. Számításba jöhet még a radioizotópos módszer [2], [3], illetve az ennél kevesebb információt szolgáltató fluoreszcens vizsgálat [4], [5] is. Ennek nagy előnye az, hogy a „modell” az üzemi kemence, viszont a paraméterek – a magas költség és munkaigény miatt – csak egy szűk intervallumban változtathatók. Nagyon alkalmas módszer lehet azonban az ellenőrzésre a modellkísérletek alapján megépített kemence üzembehelyezésénél és az üzemvitel alatt.

A matematikai modell

A matematikai modellek általában az áramlási és a hőmérsékleti tér kétdimenziós meghatározására alkalmasak. Történt ugyan próbálkozás háromdimenziós modell kidolgozására is [6], azonban a sok elhanyagolás miatt ez nem alkalmas üzemi kádakban jelentkező problémák vizsgálatára.

A kétdimenziós modellek általában a kád hossz vagy keresztirányú metszetében határozzák meg a hőmérsékleti teret.

Az üveglvadékon belül az anyag- és energia-transzport három egyenlettel írható le:

A kontinuitási egyenlettel:

$$\underbrace{\frac{\partial}{\partial t}}_1 (\rho) = - \underbrace{\text{div}(\rho \vec{w})}_2 \quad (1)$$

ahol: 1 a fajsúly változása instacioner esetben
2 a tömegfelesleg

Az energia egyenlettel:

$$\underbrace{\frac{\partial}{\partial t}}_3 (u\rho) = - \underbrace{\text{div}(u\rho \vec{w})}_4 - \underbrace{\text{div} \dot{q}}_5 - \underbrace{(\mathcal{O} : \text{div} \vec{w})}_6 \quad (2)$$

ahol: 3 a belső energia instacioner változása
4 a hőáramlás
5 a hővezetés, hősugárzás
6 disszipáció

A mozgásegyenlettel:

$$\underbrace{\frac{\partial}{\partial t}}_7 (\rho \vec{w}) = - \underbrace{\text{div}(\rho \vec{w} \vec{w})}_8 - \underbrace{\text{div}(\mathcal{O})}_9 + \underbrace{\rho \vec{g}}_{10} \quad (3)$$

ahol: 7 az impulzus instacioner változása
8 az impulzusváltozás a tehetetlenségi erők hatására
9 impulzusváltozás a viszkozitási erők következtében
10 impulzusváltozás a felhajtóerők hatására

Az egyenletek levezetése és elemzése megtalálható pl. [18] és [22]-ben.

Ahhoz, hogy ez az egyenletrendszer megoldható legyen, az alábbi (vagy azzal egyenértékű más) egyszerűsítéseket kell elvégezni:

- A meghatározandó tér legyen kétdimenziós. Ez a kikötés feltételezi, hogy a keresett hőmérsékleti és áramlási tér a vizsgált síkra szimmetrikus.
- A fajsúly hőfokfüggése az alábbi, általánosított összefüggéssel vehető figyelembe:

$$\rho = \rho_0 \left[1 + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial \vartheta} (\vartheta - \vartheta_0) \right] \quad (4)$$

Ez az oka a természetes konvekciónak, s ezért az energiaegyenlet felhajtóerő tagjában figyelembe kell venni, míg az impulzus- és kontinuitás egyenletekben a változása elhanyagolható (Boussinesq-közelítés [7]).

- Az általánosan alkalmazott hőmérséklet tartományban az üveglvadék Newton-féle folyadéknak tekinthető. A viszkozitás hőmérséklet függését azonban figyelembe kell venni:

$$\mu = \mu_0 \exp \left[\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)^{-1} \right] \quad (5)$$

- A hőmérséklet kiegyenlítődése vezetés és sugárzás útján történik. Ezt egy λ_{eff} effektív hővezetési tényező segítségével lehet figyelembe venni:

$$\lambda_{\text{eff}} = \lambda_{\text{vez}} + \lambda_{\text{sug}} \quad (6)$$

$$\lambda_{\text{sug}} = \frac{16\sigma n^2 T_0^3}{3\kappa}$$

Ez a megközelítés – az ún. Rosseland-közelítés – megengedett, ha az olvadék optikai sűrűsége megfelelő [9–14]. A λ_{eff} bevezetésével a (2) energia egyenletben összekapcsolható a sugárzással átadott hő a helyi hőfokgradienssel.

- Mivel a kádban előforduló legnagyobb sebességnél is $Re < 1$, ezért a disszipációs tag az energia egyenletben és a tehetetlenségi erő a mozgásegyenletben elhanyagolható. A diffúziós anyagtranszport szintén elhanyagolható.

Ezekkel a feltételekkel az (1)–(3) egyenletek az alábbi két egyenletre redukálhatók:

Az energia egyenlet:

$$\delta c \left[\frac{\partial \vartheta}{\partial t} + W_y \frac{\partial \vartheta}{\partial x} + W_x \frac{\partial \vartheta}{\partial y} \right] = \lambda_{\text{eff}} \left[\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial y^2} \right] \quad (7)$$

A mozgás egyenlet:

$$\mu \left[\frac{\partial^4 \psi}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \psi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \psi}{\partial y^4} \right] + g \rho_0 \beta \frac{\partial \vartheta}{\partial x} = 0 \quad (8)$$

A (8) egyenlet nemcsak a ψ áramfunkcióval, hanem az ω rotációval is felírható:

$$-\mu \left[\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right] + g \rho_0 \beta \frac{\partial \vartheta}{\partial x} = 0 \quad (9)$$

A rotáció, az áramfunkció és a sebességi tér között az alábbi összefüggések állnak fenn:

$$-\omega = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} \quad (10)$$

$$W_x = \frac{\partial \psi}{\partial y}, \quad W_y = \frac{\partial \psi}{\partial x} \quad (11)$$

A (7) és a (9)–(11) egyenletrendszerre nincs ismert analitikus megoldás, ezért véges differencia rendszerrel történő közelítéssel oldhatjuk meg [7, 9]. Az egyenletrendszer megoldásához szükséges peremfeltételek [7]-ben megtalálhatók.

A számítási módszernél egy nyugalomban levő, állandó hőmérsékletű rendszerből kell kiindulni. Egy Δt időszakra kiszámítjuk a hőmérsékleti teret az entalpiaváltozás, a hővezetés és a konvekció figyelembevételével. A hőmérsékleteloszlásból a felhajtó és viszkózus erők ismeretében az áramlási térszámolható. A rotációs térből Gauss – Seidel iterációval meghatározható az áramfüggvényter, s ebből a sebességeloszlás.

A sebességértékek ezután a következő időszakasz hőmérsékleti terének a számolására használhatók fel.

A matematikai modellek jelenlegi fejlettségünkben elsősorban minőségi következtetések levonására, vagy kiragadott részproblémák vizsgálatára alkalmasak (pl. terelógát helyzete és nagysága [8], tisztulás és homogenizálódás [15], [16] stb.). Ezek ismerete természetesen mind a tervezés, mind az üzemeltetés szempontjából fontos, azonban kölcsönhatásaik megismerésére van szükség, hiszen egymást kölcsönösen befolyásolják. További problémát jelent még az, hogy a matematikai modellek – a kétdimenziós megoldás miatt – a vizsgált síkon kívül ébredő jelenségek kölcsönhatásait sem tudják figyelembe venni.

Ezen hiányosságok egy része fizikai modellnél kiküszöbölhető. Igaz ugyan, hogy a hasonlóság biztosítása nehéz, gyakran csak a közelítő modellezés valósítható meg, azonban a kölcsönhatások érvényesülése itt már összetett rendszer (terelógát, gázbefúvatás, elektromos pótfűtés) esetén is biztosítható (háromdimenziós vizsgálat).

Lényegében ezt ismeri el Curran is [9], amikor matematikai modelljének eredményeit Stanek [17] fizikai modelljének eredményeihez hasonlítja.

A fizikai modell

A hasonlósági módszer alapja a differenciál egyenletek izomorf tulajdonsága. Vagyis az, hogy különböző fizikai jelenségeket írhatunk le azonos típusú differenciál egyenletek segítségével. Ez alapján különböző fizikai folyamatok között is fellelhető az analógia.

Tehát a módszer lehetővé teszi a kísérleti eredmények általánosításával, hogy a vizsgált határok között megtaláljuk a hasonló jelenségekre érvé-

nyes egyenletek integrális megoldását integrálás nélkül. Ehhez a differenciál egyenletrendszer megfogalmazására és hasonlósági átalakítására van szükség.

A hidrodinamikai hasonlóság biztosításának feltételei a Navier–Stokes egyenletek hasonlósági átalakítása alapján határozhatók meg (az átalakítás megtalálható pl. [18]-ban).

A hasonlósági kritériumok felhasználásával meghatározható a kemence és a modell paramétereinek aránya:

- A nehézségi erőnek (saját súlynak) a hatását a fluidum áramlására a Froude-szám fejezi ki. Ez alapján a kidolgozó áramlás határozható meg:

$$\left(\frac{w^2}{gl}\right)_M = \left(\frac{w^2}{gl}\right)_K \quad (12)$$

Ahol l a kemence és a modell valamely jellemző mérete.

$$\text{Innen } w_M^2 = w_K^2 \frac{l_M}{l_K} \quad (13)$$

$$\text{Legyen } l_M l_K^{-1} = m \quad (14)$$

$$\text{Ekkor } w_M = w_K m^{1/2} \quad (15)$$

$$\text{Mivel } Q = \rho S w$$

$$Q_M = Q_K \frac{\rho_M}{\rho_K} m^{3/2} \quad (16)$$

- Mind a hidrodinamikai, mind a hőtani hasonlóság (melynek kritériumai a Fourier – Kirchof egyenlet hasonlósági átalakításából kaphatók meg) biztosításához szükséges a Grashof számok egyenlősége. Ez előírja a

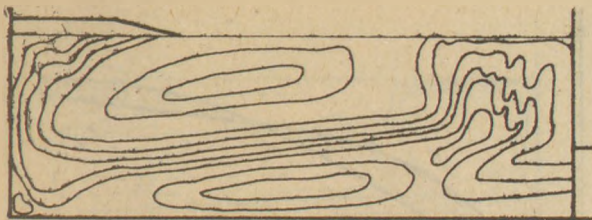
$$(\beta \Delta \vartheta)_M = (\beta \Delta \vartheta)_K \quad (17)$$

egyenlőséget.

Vagyis a megfelelő hőmérsékleti tartományban a modellfolyadék és az üveg hőmérséklet-sűrűség függvény lefutásának azonosnak kell lennie.

- A súrlódási és a tehetetlenségi erők arányának a hasonlóságát a Reynolds-szám biztosítja. Ebből a viszkozitások aránya meghatározható.

$$\nu_M = \nu_K m^{3/2} \quad (18)$$



1. ábra. A holtterek kialakulása az elválasztókádban

– Stanek szerint [19] az elektromos mezők hasonlóságát biztosítja a geometriai hasonlóság, valamint a fajlagos vezetés (konduktivitás) illetőleg a hőfokfüggésének azonosága:

$$\gamma_M = \gamma_K \frac{R_K}{R_M} m^{-1} \quad (19)$$

Az eddig felsorolt hasonlósági kritériumok a modellezéshez általában elégségesnek bizonyulnak. (További hasonlósági kritériumok vezethetők le a Fourier – Kirchof egyenletből. Ezek általában szükségtelenül túlbonyolítják a modellt, bár bizonyos esetekben figyelembevételüktől nem tekinthetünk el.) Többnyire nincs szükség a differenciálegyenlet-rendszerből következő összes kritérium figyelembevételére. Elegendő ún. közelítő modellezést végezni, amikor is csak a döntően befolyásoló tényezőket vesszük figyelembe. Ha valamely paraméter (gyakorlatilag) nem hat a folyamatra, arra vonatkoztatva a rendszert önmodellezőnek nevezzük és közelítő modellezésnél ezt a paramétert elhanyagoljuk.

Nagyon kevés olyan közlemény található [21], amely az olvasztókádban lezajló folyamatokat a tartózkodási idő eloszlási függvények elemzése alapján vizsgálja. Az áramlási és a hőmérsékleti tér értékes információkat szolgáltat ugyan, a kemencekonstrukció és a kemencevezetés azonban csak a tartózkodási idő eloszlási függvények ismeretében értékelhető teljes egészében. Ugyanis az áramlási képből csak durva következtetések vonhatók le az egyes áramlási terek közti anyagátadás nagyságáról. Gyakran keletkeznek a kemencében olyan holtterek (széleken, sarkokban, kemencefenéken kialakuló áramlási henger), amelyeknél a ki- és belépő anyagáram elhanyagolhatóan kicsi (1. ábra).

Itt az üveg lehül, bizonyos komponensekben feldúsulhat, bekövetkezhet a kristályosodása. A kemenceterhelés megváltozásakor ezek a kristályok a kidolgozó térbe jutva üveghibát okoznak. Különösen veszélyes ez a kevés komponensű, magas olvasztási hőmérsékletet igénylő alumino- és bo-rozilikát üvegeknél.

Ahhoz, hogy az olvasztókádban a szükséges minőségi szintet elérjük szükséges, hogy az üvegkeverék minden elemi térfogata egy bizonyos ideig egy adott hőmérsékleten tartózkodjon. Ez szükséges a kémiai reakciók, az oldódás, a tisztulás és homogenizálás folyamatainak lejátszódásához. Ezek a folyamatok erősen hőfokfüggőek, döntő az az időtartam, amelyet az üveg a kád legmagasabb hőmérsékletű zónáiban tölt. Nemcsak az idő a lényeges, hanem az áthaladás útja is, mivel a homogenizálódás mértéke attól az össz időtől függ, melyet az üveg valamennyi hőmérsékleti zónában eltölt.

Nézzük meg röviden, milyen következtetések vonhatók le a tartózkodási idő függvények vizsgálatából [20].

a.) A tartózkodási idő eloszlási függvénye $[E(t)]$:

A kilépő anyagáramnak az a törtrésze, amelynek a tartózkodási ideje t és $t + dt$ közé esett.

b.) Belső időeloszlási függvény $[I(t)]$:

A rendszerben tartózkodó anyagnak az a hányada, amely t és $t + dt$ közé eső idők óta tartózkodik ott. E két definícióból következik az alábbi egyenlet:

$$\int_0^{\infty} E(t) dt = \int_0^{\infty} I(t) dt = 1 \quad (20)$$

c.) A tartózkodási idő kumulatív eloszlási függvénye $[F(t)]$:

A kilépő áramnak az a hányada, amely a rendszerben t időnél rövidebb ideig tartózkodott:

$$F(t) = \int_0^t E(t) dt \quad (21)$$

$I(t)$ és $F(t)$ közti összefüggés a rendszer anyagmérlege alapján írható fel:

$$\frac{v}{V} = \int_0^t I(t) dt + \frac{v}{V} \int_0^t F(t) dt \quad (22)$$

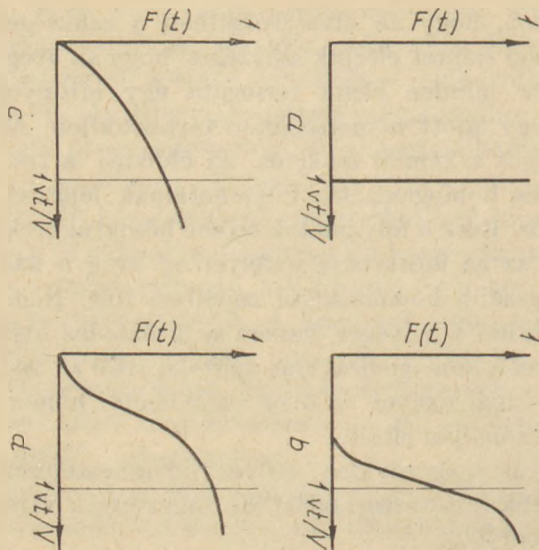
Ezt t szerint deriválva az alábbi összefüggéshez jutunk:

$$\frac{v}{V} I(t) = 1 - F(t) \quad (23)$$

A gyakorlatban általában a tartózkodási idő eloszlási függvényt koncentráció mérésre vezetjük vissza. Vezessünk be M mol jelzett anyagot pillanatszerűen a beáramló folyadékba.

Legyen a jelzett anyag koncentrációja a kilépő áramban t időpontban $C(t)$. Ekkor az alábbi összefüggést kapjuk:

$$C(t) = \frac{M}{v} \frac{d}{dt} F(t) = \frac{M}{v} E(t) \quad (24)$$



2. ábra. A tartózkodási idő kumulatív eloszlási függvénye

Nézzük meg, milyen információkat adnak ezek a görbék.

(Az ábrákon vtV^{-1} az ún. dimenzió nélküli idő). A 2.a ábrán látható dugattyúszerű áramlás képe a newtoni folyadéknál sohasem fordul elő. Mindig van hosszirányú keveredés a viszkózus hatások és a molekuláris vagy a turbulens diffúzió miatt (2.b ábra). A 2.c ábra a tökéletes keveredés esetét mutatja. A görbe egyenlete:

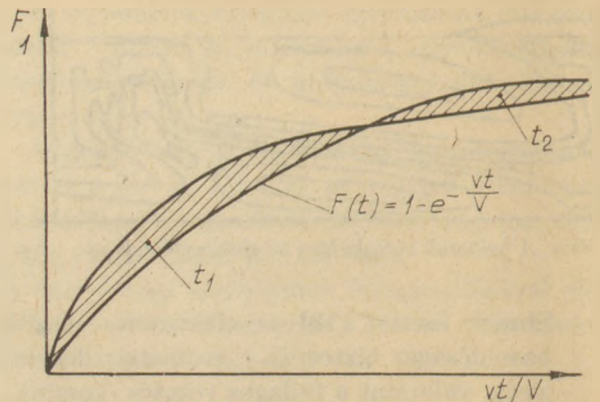
$$F(t) = 1 - \exp\left(-\frac{vt}{V}\right) \quad (25)$$

A 2.d ábrán látható diagramtípus akkor várható, ha a rendszerben sok a holttér. Ebben az esetben az ún. visszatartás (H):

$$H = \frac{v}{V} \int_0^{V/v} F(t) dt \quad (26)$$

H nagysága jellemző az eltérésre a dugattyúszerű áramlástól: értéke dugattyúszerű áramlásnál nulla, és nagy holttér esetén megközelíti az egyet, tökéletes keveredésnél pedig $1/e$. Általában elmondható, hogy egy berendezés teljesítménye megnő, ha a visszatartás kicsi. Ellenkező esetben a készülék jelentős részét örvények foglalják el. A betáplált folyadék egy hányada ezekben az örvényekben kavarog, az átlagosnál hosszabb ideig tartózkodik a berendezésben. A másik hányad egy „rövidzárt” úton gyorsan áthalad a készüléken.

A visszatartással rokon fogalom az S szegregáció. Meghatározása úgy történik, hogy a tökéletesen kevert rendszerre jellemző F diagramot és a rendszer F diagramját egymásra helyezünk (3. ábra).



3. ábra. A szegregáció meghatározása F -diagramok alapján

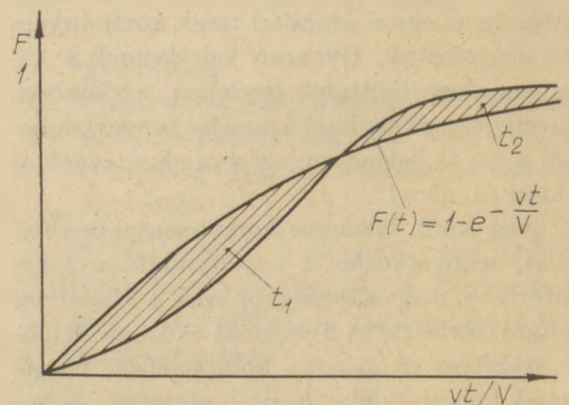
A két árnyékolt terület egymással egyenlő, és S definíciószerűen egyenlő az árnyékolt terület felével ($S = T_1$). Ha holttér van a rendszerben, akkor a 4. ábrának megfelelő görbét kapjuk. Ekkor $S = -t_1$ jelezve az eltérés jellegét.

Látható tehát, hogy a tartózkodási idő vizsgálata nem csak arra ad felvilágosítást, hogy az olvasztótérben elegendő ideig tartózkodik-e az üveg az olvasztás fiziko-kémiai folyamatainak lejátszódásához, hanem az olvasztókád áramlási viszonyairól is. Nézzük meg, a kemence egyes szerkezeti megoldásai, a fűtémódok, az elektródok helyzete stb. hogyan befolyásolják ezeket a függvényeket.

Már egy küszöb beépítése is lényegesen befolyásolja az áramlási teret és ezen keresztül a tartózkodási időt (5. ábra).

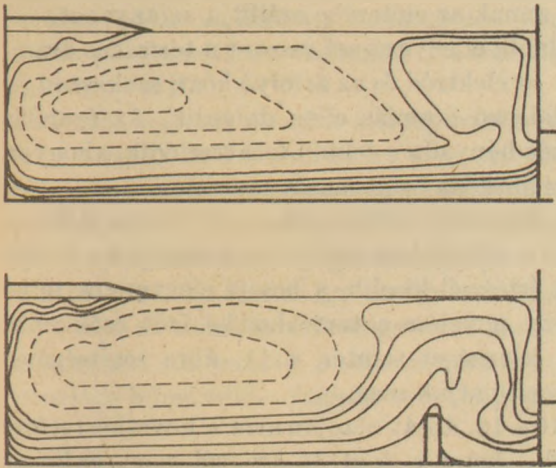
Leyens [8] vizsgálatai szerint küszöb nélkül az üvegnek mintegy 70%-a közvetlenül az átfolyóba jut és csak 30%-a jut a felszínre – a melegebb rétegbe – és tesz meg hosszabb utat. A beépített küszöb viszont az áramlások nagy részét a felszínre tereli, így az előző arány 40–60%-ra módosul.

Az üvegolvasztó kemencék hőmérsékleti és áramlási terét, valamint a tartózkodási idő elosz-



4. ábra. A holttér meghatározása F -diagramok alapján

Keverék



5. ábra Üvegolvasztó kád áramlási vonalai küszöb nélkül és küszöbvel

lását döntő módon az elektromos fűtés, illetőleg a pótfűtés felhasználásával lehet befolyásolni.

Curran [9] matematikai modelljének az eredményéből ismeretes az elektromos fűtés helyhez kötött jellege.

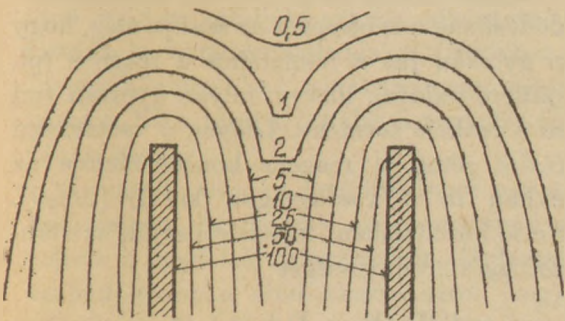
A 6. ábrán látható, hogy az energia sűrűség az elektróda környezetében a legnagyobb. Itt a legmagasabb az olvadék hőmérséklete és legkisebb a sűrűsége. Ezért egy intenzív felfelé irányuló áramlás alakul ki.

Stanek és munkatársai [17] ugyanezt a jelenséget vizsgálták fizikai modellen.

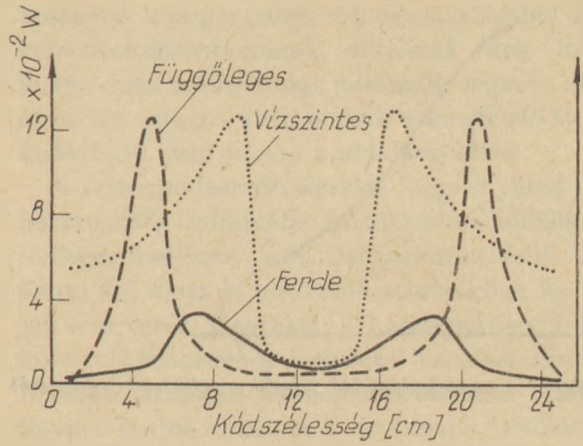
A 7. és a 8. ábrán jól látszik ez a helyhez kötött jelleg, valamint az is, hogy milyen az elektród helyzetének hatása. Láthatóan a legnagyobb a hőfokgradiens a függőleges helyzetnél. Így itt a legintenzívebb a folyadék felfelé irányuló áramlása. Ezért is javasolják ezt az elrendezést elektromos pótfűtéshez.

A kialakuló hógát megakadályozza a leolvadatlanszerű részecskék kidolgozóterbe áramlását.

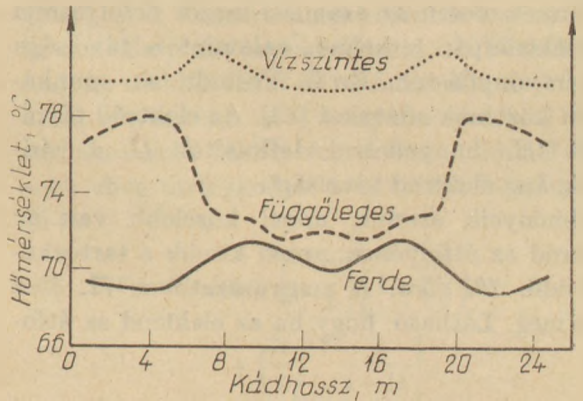
A gyakorlatban azonban – elsősorban a könnyebb kezelhetőség miatt – inkább a vízszintes elrendezés terjedt el.



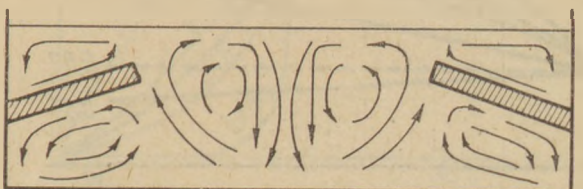
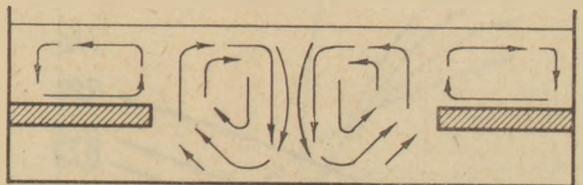
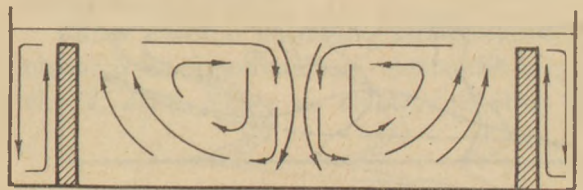
6. ábra. Az energiasűrűség eloszlása az elektród környezetében (színtvonalak a maximum %-ban)



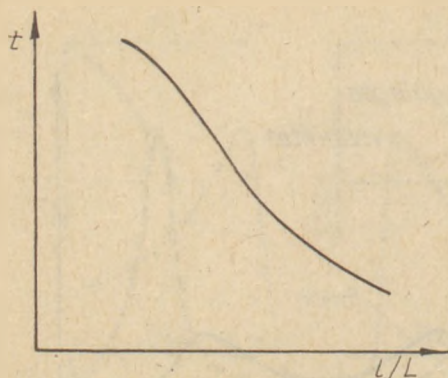
7. ábra. A felszabadult energia helyhez kötöttsége különböző elektród elrendezésnél



8. ábra. A hőmérsékleteloszlás különböző elektród elrendezésnél



9. ábra. Az üvegáramlások különböző elektród elrendezésnél

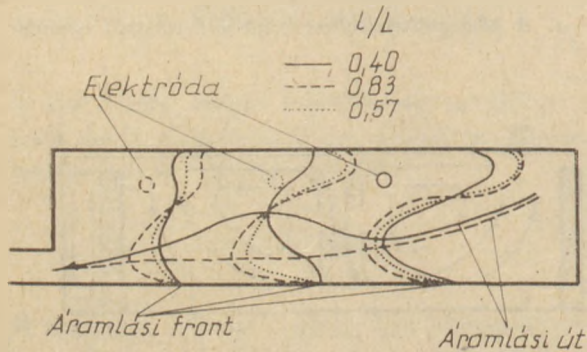


10. ábra. A tartózkodási idő függése az elektród helyzetétől

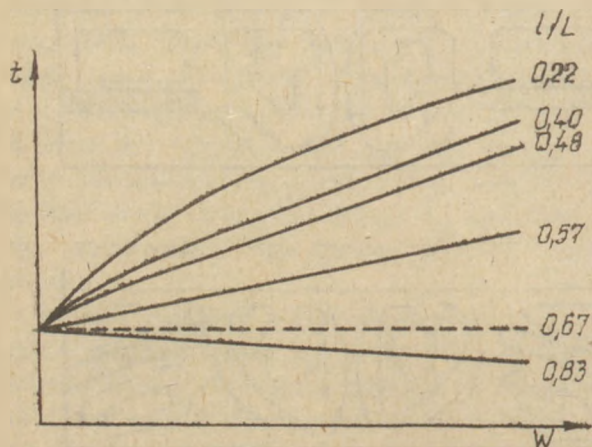
A 9. ábrán láthatók a kád hossz tengelyére merőleges metszetben az ugyanezen elektródelrendezésnél kialakuló áramlások.

Természetesen az áramlási mezőt befolyásolja az elektródpár terhelése, valamint a távolsága a berakónyílástól. Erről Yoshida és munkatársai közölnek adatokat [23]. Az elektród távolságát l/L hányadossal definiálták (L a kád-hossz, l az elektród távolság).

Eredményeik szerint, minél közelebb van az elektród az átfolyóhoz, annál kisebb a tartózkodási idő. 10. ábra. A magyarázatot a 11. ábra adja meg. Látható, hogy ha az elektród az átfolyó



11. ábra. Az olvadék áramlása az olvasztókádban



12. ábra. Az elektród terhelés hatása a tartózkodási időre

lyó közelében van, akkor olyan áramlás alakul ki, mely annak az előterébe szállítja az anyagot. Távlabbi elhelyezésnél viszont a termikus áramlás — az elektród és az átfolyó közti szakaszon — a kidolgozó áramlás ellen dolgozik. Az áramlás jelentős hányada a felszín felé terelődik, ahogyan azt az áramlás frontvonala mutatja.

Az elektródterhelés hatása a 12. ábrán látható. Ekkor is döntő jelentőségű a távolság: ha ez egy adott értéknél kisebb, a bevitt elektromos teljesítmény növelése a tartózkodási időt csökkenti. Ez a jelenséget szintén a 11. ábra segítségével magyarázhatjuk meg.

A 10 – 12. ábrák alapján arra a következtetésre jutunk, hogy a kád $2/3$ -án túl nem érdemes elektródot elhelyezni, mert elősegíti az inhomogén olvadék kidolgozóterébe jutását.

Következtetések

Az eddigiekből kitűnik az áramlási és a hőmérsékleti tér, valamint a tartózkodási idő ismeretének a fontossága. További következtetések levonására vizsgáljuk meg magát az olvasztási folyamatot.

Első lépésben az olvadék felszínére adagolt keverékben különböző szilárdfázisú reakciók játszódnak le (bomlás, szilikátképződés stb.) Ezek a folyamatok erősen hőfokfüggőek. Mint ismertes a keverékalmazban a hőfokgradiens nagy. A halmazon belüli hőmérsékletelosztást Fuhrman [25], [26] vizsgálta. Különböző modellek alapján kvalitatív megállapításokat tett arra vonatkozóan, hogy hogyan befolyásolja a rétegvastagság, a szemcseátmérő stb. a leolvadás sebességét. Eredményei jól egyeznek a gyakorlati tapasztalatokkal és remény van arra is, hogy módszerével a rétegvastagság és a granulátum szemcseátmérője optimalizálható.

Az olvadásról, oldódásról feltételezhetjük, hogy olyan heterogén kémiai reakció, melynek a sebességét a diffúzió szabja meg. Vagyis a homokszemcse oldódásának a sebességét az szabja meg, hogy milyen gyorsan jut a felületéhez a reagens (pl. az alkálifém oxidja), illetve milyen gyorsan tud távozni a reakció terméke. Legyen δ vastagságú a diffúziós réteg, a reagens koncentrációja az olvadékban (a δ vastagságon kívül) $[Me_2O]$. Ekkor első közelítésként feltételezhetjük az alábbi összefüggés érvényességét:

$$-\frac{d[Me_2O]}{dt} = \frac{D}{\delta} A [Me_2O] \quad (27)$$

Ahol A a térfogategységben levő homokszemcse felülete és D a diffúziós együttható. Vagyis a folyamat formálisan elsőrendű reakciónak felel meg ($k = DA\delta^{-1}$).

Látható, hogy az olvadás a leggyorsabb közvetlen a berakott keverék és az üveg érintkezésénél, hiszen itt a legnagyobb az alkálifémoxid koncentrációja. A későbbiekben – amikor az áramlás a homokszemcsét magával ragadja – a koncentráció kisebb lesz és így kisebb lesz a hajtóerő is, tehát az oldódás sebessége lecsökken. Ezt a csökkenést sok esetben a sebességi állandó exponenciális hőmérséklet függése sem tudja kompenzálni.

Üzemi méretű olvasztókemence olvasztáskinetikájára vonatkozóan Lauritzen és Urnes [27] végeztek vizsgálatokat. Megállapították, hogy mészkáli üvegnél az olvasztás időszükségletét a homokszemcse leolvadásának sebessége szabja meg.

A valóságban azonban a helyzet nem ilyen egyszerű. A δ rétegvastagságot jelentősen csökkentik, illetve az anyagtranszportot a részecske felületéhez jelentősen növelik az olvadékban felépülő nyíró erők.

Ezt az együttes hatást vizsgálta Rhiel [16, 17] az olvadék homogenizálására (inhomogén terület megszűnése) és tisztulására (buborékok eltávolítása).

Mivel az olvadékban az áramlás nem turbulens, a feladata az, hogy az inhomogén mezőket olyan mértékben deformálja, hogy ezzel a koncentráció kiegyenlítéséhez szükséges időt a tartózkodási idő szintjére csökkentse. Rhiel matematikai modelljével számolni tudja ezt az időt. Nem szabad azonban szem elől téveszteni, hogy abból a feltételezésből indul ki, mely szerint az inhomogenitás a keverék-olvadék határfelületnél képződik. Eredményei szerint a homogenizálódás a legjobb a fal és a fenék közelében. Ennek az az oka, hogy itt a legnagyobb a nyíróerő. A felszín közelében jelentősen csökken a nyíróerő és ezért itt kisebb a homogenizálódás sebessége. Eredményei meglepő módon cáfolják azt az elképzelést, mely szerint a homogenizálódás a felszínhez közeli magas hőmérsékletű zónában megy végbe elsősorban. Ez a terület inkább a tisztulás folyamatának kedvez.

A fentiek alapján becsülni lehet azt az időt, amelyet az olvadéknak az olvasztókádban kell tölteni a megfelelő üvegminőség eléréséhez. Nem szabad azonban elfelejtenünk arról, hogy inhomogén mezők képződhetnek az egyes komponensek elpárolgása és a holtterek jelenléte miatt

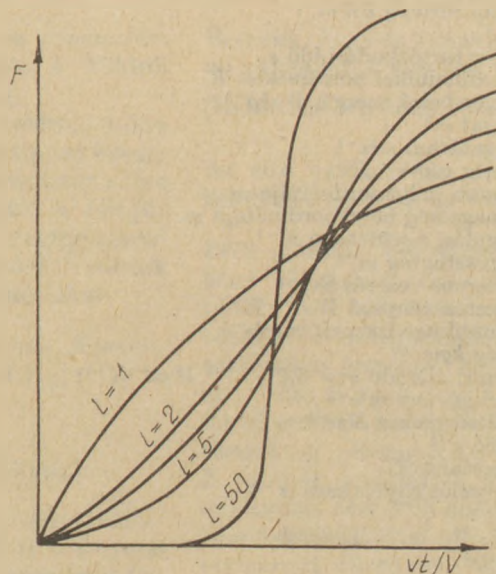
bizonyos komponensek felhalmozódásából is. A kemencekonstrukciónak olyannak kell lennie, hogy ennek a lehetősége minimális legyen, illetve ez az inhomogén üveg is csak a megfelelő tartózkodási idő után jusson a kidolgozóterbe.

A tartózkodási idő eloszlás függvényéből meghatározható minimális tartózkodási időnek különleges helyzete van. Biztosítani kell, hogy ennyi idő alatt is megfelelő minőségben leolvadjon a keverék. Goldbert [21] matematikai modelleket alkalmazott a legkisebb tartózkodási időt biztosító áramlási út meghatározására. Hasonlóképpen fontos a szerepe a maximális tartózkodási időnek. Ha ez túl nagy, jelentős lehet a párolgási veszteség, illetve szélső helyzetben jelentős lehet a holtter. Az a célszerű, ha az átlagos tartózkodási időtől csak kismértékben különbözik a maximális és a minimális tartózkodási idő is. Nézzük meg, hogyan csökkenthető ez az intervallum. A kilépő áram anyagának az a hányada, amely i darab sorbakapcsolt kevert tartályban t időnél kevesebb ideig tartózkodott a következőképpen írható le:

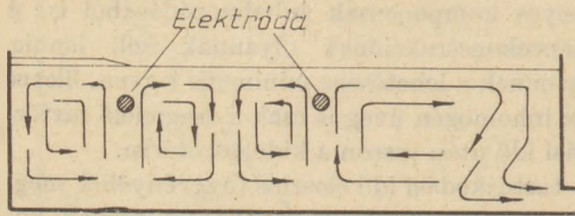
$$F(t) = 1 - \exp\left(-\frac{it}{t}\right) \left[1 + \left(\frac{it}{t}\right)^2 + \dots + \left(\frac{it}{t}\right)^{i-1} \frac{1}{i-1!} \right] \quad (28)$$

Ez a függvény a 13. ábrán látható. Több tartály sorbakapcsolásával tehát ez az intervallum jelentősen szűkíthető.

Ehhez hasonló jelenséget tapasztalunk, ha az olvasztó tér hosszában több elektródot helyezünk el. 14. ábra. Ekkor az elektródok által keltett



13. ábra. Az F függvény



14. ábra. Áramlási hengerek több elektród esetén

áramlási hengerek egy-egy zárt rendszerhez hasonlóan viselkednek. Az egyes hengerek közti anyagtranszport – a nagy viszkozitás miatt – elsősorban a kidolgozó áramlás hatására jön létre. Ez a jelleg tovább erősíthető terelőgátak beépítésével, illetőleg levegő befúvatással [28], [29]. Ennek az az előnye is megvan, hogy az elektródok elrendezésének, illetve terhelésének változtatásával nagymértékben befolyásolható az áramlási tér és a tartózkodási idő.

Így a mindenkori kemence terhelésnek megfelelően szabályozható, s a tartózkodási idő mérésével a kemencevezetés ellenőrizhető.

Jelölések

<i>A</i>	A térfogategységben levő homokszemcse felülete m^2m^{-3}
<i>B</i>	Konstans
<i>C</i>	Koncentráció $kmol\ m^{-3}$
<i>c</i>	Fajlagos hőkapacitás $Wskg^{-1}K^{-1}$
<i>D</i>	Diffúziós együttható $m^2\ s^{-1}$
<i>g</i>	Gravitációs gyorsulás ms^{-2}
<i>e</i>	Valamely jellemző kádméret (hasonlósági kritériumok) <i>m</i>
<i>L</i>	Kádhossz <i>m</i>
<i>l</i>	Elektród távolsága a berakónyílástól <i>m</i>
<i>m</i>	Modellezési lépték
<i>M</i>	Pillanatszerűen bevezetett jelzett anyag mennyisége <i>mol</i>
<i>n</i>	Törésmutató
<i>R</i>	Elektromos ellenállás <i>ohm</i>
<i>Q</i>	Tömegáram kgs^{-1}
<i>q</i>	Hőáramsűrűség kWm^{-2}
<i>t</i>	Idő <i>s</i>
\bar{t}	Átlagos tartózkodási idő <i>s</i>
<i>T</i>	Termodinamikai hőmérséklet <i>K</i>
<i>U</i>	Fajlagos belső energia $Wskg^{-1}$
<i>V</i>	Térfogat m^3
<i>v</i>	Térfogatáram m^3s^{-1}
<i>w</i>	Sebesség ms^{-1}
<i>x</i>	Kádhossz helykoordinátája <i>m</i>
<i>y</i>	Kádmagasság helykoordinátája <i>m</i>
β	Hőtágulási együttható K^{-1}
δ	Rétegvastagság <i>m</i>
γ	Elektromos vezetési Sm^{-1}
λ	Hővezetési tényező $Wm^{-1}K^{-1}$
ν	Kinematikus viszkozitás m^2s^{-1}
ρ	Sűrűség kgm^{-3}
σ	Sugárzási állandó $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}\ Wm^{-2}K^{-4}$
ψ	Áramfüggvény m^2s^{-1}
\varnothing	Feszültségtenzor Nm^{-2}
ω	Rotáció s^{-1}
θ	Hőmérséklet $^{\circ}C$
κ	Abszorpciós együttható m^{-1}

Indexek

<i>K</i>	kemence
<i>M</i>	Modell
<i>o</i>	Vonatkoztatási érték

IRODALOM

- [1] Trier, W.: Glastechnische Berichte. 38. (1965) p. 282 – 292.
- [2] Magyar, J.: Építőanyag, 1970. 4. p. 151 – 157.
- [3] Wilweger, F.: Építőanyag 1970. 4. p. 158 – 160.
- [4] Üvegipari Kézikönyv, Szerk. Knapp Oszkár és Korányi György. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1964.
- [5] Kallagova, Ju. L., Poljak, V. V., Varsal, B. G.: Szteкло i Keramika, 1976, 11. p. 5 – 8.
- [6] Chen, T. S., Goodson, R. E.: Glass Technology 13. (1972) p. 161 – 167.
- [7] Leyens, G.: Glastechnische Berichte, 1974. 11. p. 251 – 259.
- [8] Leyens, G.: Glastechnische Berichte, 1976. 10. p. 227 – 231.
- [9] Curran, R. L.: IEEE Transactions on Industry and General Applications, 1971. 1. p. 116 – 129.
- [10] Spiegel, E. A., Veronis, G.: J. Astrophys. 1960. p. 67 – 70.
- [11] Leyens, G., Moreau, R.: Glastechnische Berichte, 1978. 3. p. 43 – 47.
- [12] Kohler, M.: J. angew. Phys. 1965. p. 356 – 361.
- [13] Czerni, M., Genzel, L.: Glastechnische Berichte, 1952. p. 134 – 139.
- [14] Hottel, H. C., Sarofin, A. F.: Radiative Transfer. New York, McGraw-Hill, 1967.
- [15] Rhiel, F. F.: Glastechnische Berichte, 1976. 11. p. 251 – 256.
- [16] Rhiel, F. F.: Glastechnische Berichte, 1976. 10. p. 217 – 226.
- [17] Stanek, I., Sasek, L., Meissnerová, H.: Glass Technology. 1969. 2. p. 43 – 49.
- [18] Kasztkin, A. G.: Alapműveletek, gépek és készülékek a vegyiparban. Budapest, 1970. Műszaki Könyvkiadó.
- [19] Stanek, I.: Electric melting of glass. Tenth International Congress on Glass. Kyoto, 1974.
- [20] Danckwerts P. V.: Magyar Kémikusok Lapja, 1969 5. p. 250 – 260.
- [21] Goldberg, A. F.: Glastechnische Berichte, 1973. 4. p. 67 – 70.
- [22] Gruber I. Blako, M.: Folyadékok mechanikája Budapest, Tankönyvkiadó 1973.
- [23] Yoshida, T., Ono, H.: Studies on electric boosting system by modell experiments. Tenth International Congress on Glass, Kyoto, 1974.
- [24] Denbigh, K. G., Turner, J. C. R.: Kémiai reaktorok. Budapest, 1971. Műszaki Könyvkiadó.
- [25] Fuhrman: Glastechnische Berichte 1973. 10. p. 201 – 208.
- [26] Fuhrman: Glastechnische Berichte 1973. 11. p. 109 – 218.
- [27] Lauritzen O., Urnes, S.: Glastechnisk Tidskrift, 1973. 4. p. 49 – 53.
- [28] Lebedeva, L. P., Sutnikov, V. I., Astanin, V. I., Pauskina, Zs. V., Klimova, K. V., Perelugin, A. A.: Szteкло i Keramika, 1978. 5. p. 14 – 15.
- [29] Plumat, E.: Development and perspectives of furnaces for glass melting. XI. International Congress on Glass Prague, 1977.

Daku Lajos: Üveglvasztó-kemence vizsgálata modellezéssel és a tartózkodási idő eloszlási függvények elemzése alapján

Az üveglvasztó kemencék tervezéséhez ismernünk kell az áramlási és a hőmérsékleti teret, valamint a tartózkodási idő függését a kemence egyes paramétereitől. Ezen kívül bizonyos ismereteinknek kell lenni az olvasztás kinetikájára vonatkozóan is.

Új kemencekonstrukciók kialakításánál az alábbi lépések szerint célszerű eljárni:

1. Laboratóriumi mérésekkel meghatározni az üveg azon tulajdonságait, amelyeket a modellezéshez ismernünk kell. Laboratóriumi vagy fülüzemi kemencén, illetve matematikai modellen vizsgálni az üveg homogenizálódásának, tisztulásának időbeli felfutását.

2. Matematikai és/vagy fizikai modelleken optimalizálni a kemence paramétereit.
3. Elvégezni a kemence méretezését a kapott adatok alapján.
4. Az olvasztókemencén a tartózkodási idő ellenőrzése alapján korrigálni a modelleken meghatározott értékeket.

Daku, L.: Испытание стекловаренных печей на основе моделей и анализа распределения времени пребывания

При проектировании стекловаренных печей необходимо знать поточное и температурное пространство, а также зависимость времени пребывания от отдельных параметров печи. Помимо этого, необходимо располагать определенными данными в отношении кинетики стекловарения.

При создании конструкций печей целесообразно пройти следующие этапы:

- 1.) Лабораторными методами необходимо определить те свойства стекла, которые необходимо знать для моделирования. Необходимо в лабораторной или же полужаводской печах, также на математической модели испытать протекание процессов гомогенизации и осветления во времени.
- 2.) На математических (или физических) моделях оптимизировать параметры печи.
- 3.) Провести на основе полученных данных определение размеров печи.
- 4.) На основе контроля времени пребывания в стекловаренной печи провести коррекцию значений, определенных на моделях.

Daku, Lajos: Untersuchung von Glasschmelzöfen durch Modellierung und aufgrund einer Analyse der Verteilungsfunktionen der Aufenthaltsdauer

Zur Projektierung von Glasschmelzöfen muß die Abhängigkeit des Strömungsraumes und des Temperaturbereiches, sowie der Aufenthaltsdauer von den einzelnen

Parametern des Ofens bekannt sein. Weiterhin soll man über bestimmte Kenntnisse hinsichtlich der Kinetik des Schmelzvorganges verfügen.

Bei der Auslegung neuer Ofenkonstruktionen ist es angezeigt folgendermaßen vorzugehen:

1. Durch Labormessungen sollen die Eigenschaften des Glases bestimmt werden, die man zur Modellierung kennen muß. In einem Labor- oder halbbetrieblichem Schmelzofen, bzw. an mathematischen Modellen soll der zeitliche Ablauf der Homogenisierung, der Läuterung des Glases untersucht werden.
2. Die Parameter des Ofens müssen an mathematischen und/oder physikalischen Modellen optimiert werden.
3. Der Ofen soll aufgrund der erhaltenen Werte dimensioniert werden.
4. Am Ofen sollen aufgrund der Kontrolle der Aufenthaltsdauer, die, an den Modellen bestimmten Werte korrigiert werden.

Daku, Lajos: Examination of Glassmelting Furnaces by Modeling and by the Analysis of Hold Time Distribution Functions

Flow and temperature spaces as well as connexions between hold times and kiln parameters must be known for the adequate design of glassmelting furnaces. Some knowledge on melting kinetics is necessary too. The following steps are required for the construction of new kilns: 1. Determine glass properties necessary for modeling (this can be done by laboratory tests). Examine the time function of glass homogenisation (this can be done by laboratory or pilot-plant tests or alternatively by mathematical modeling). 2. Optimise kiln parameters by mathematical and/or physical modeling. 3. With the aid of these data the kiln units can be dimensioned. 4. If necessary, correct model-determined hold times by actual measurements.

A világ szilikátiparából

Új karbonüzem épül Mexikóban

10 000 t/év teljesítményű szilícium-karbidüzem építését kezdte meg az Electrometalurgia de Ver-Cruz de CV.

A beruházásban a helyi beruházókon kívül a mexikói kormány is érdekelt.

(Industrial Minerals 1979. 5.)

Kvarcüveggel röntgensillagok nyomában

A NASA 1978 novemberében indította HEAO (High Energy Astronomy Observatory) jelzésű műholdját, melynek teleszkópjával kívánják vizsgálni azokat a röntgen-

sugarakat, melyek az atmoszféra árnyékolóhatása miatt a Földről nem figyelhetők meg.

A teleszkóp 56 cm átmérőjű tükre a Heraeus cég Herasil típusú üvegéből készült. A tükrrendszer súlya 200 kg. A teleszkóptól a világűr több mint 1000 így megfigyelhető röntgensugár forrására várnak újabb kimerítő információkat.

(Berichte der Deutschen Keramischen Ges. 1979. 3-4.)

Guyanai bauxit az NDK-nak

Az NDK 30 000 t bauxit szállítására adott megrendelést a Guyana Bauxite Industry Development Co. cégnek.

Remélik, hogy ez tartós kereskedelmi kapcsolatok kezdetét jelenti.

(Industrial Minerals 1979. 5.)

Az első oxidkerámia csípőízületek beültetése emberbe az NDK-ban

1978 második felében az Eisenbergi kórházban eredményesen ültettek be idős combnyaktöréses betegbe oxidkerámiából készült combizület protézist. Korábban erre a célra fémgolyókat használtak. Az új protézis kidolgozásában ipari részről a Hermsdorfi Kerámiai Kombinát működött közre. Az oxidkerámiától különösen a szinte elenyésző surlódási ellenállása miatt várnak döntő javulást.

(Silikattechnik. 1979. 3.)

Hőszigetelésre alkalmas szervesetlen szintetikus szálasanyagok kristályosodása

III. Légtér hatása a bazaltgyapot kristályosodására

WOJNÁROVITSNÉ, HRAPKA ILONA

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Bevezetés

Kísérleti munkánk II. részében megállapítottuk, hogy más szálasanyagoktól eltérően, a levegőben (1173 K-en) hőkezelt hazai előállítású bazaltszál csőszerűvé alakul. Ennek a jelenségnek a további tanulmányozására összehasonlításként vizsgáljuk a vákuumban, argon és hidrogén gázban hőkezelt bazaltgyapot kristályosodását.

Vizsgálati módszerek

Levegő jelenlétében a hőkezeléseket adott hőmérsékletre felfűtött szilitrudas izzítókemencében végeztük.

A vákuumos hőkezelést $1,3 \cdot 10^{-2}$ Pa nyomáson hajtottuk végre. Ennek során a felfűtési idő 2h, a lehülési idő 24h volt. (Maximális hőmérséklet 1373 K).

A hidrogén gáz öblítésű kemencében a felfűtési idő 2h, a lehülési idő 24h; argon gázban végzett hőkezelésnél pedig a felfűtési idő 4h, a lehülési idő 24h volt.

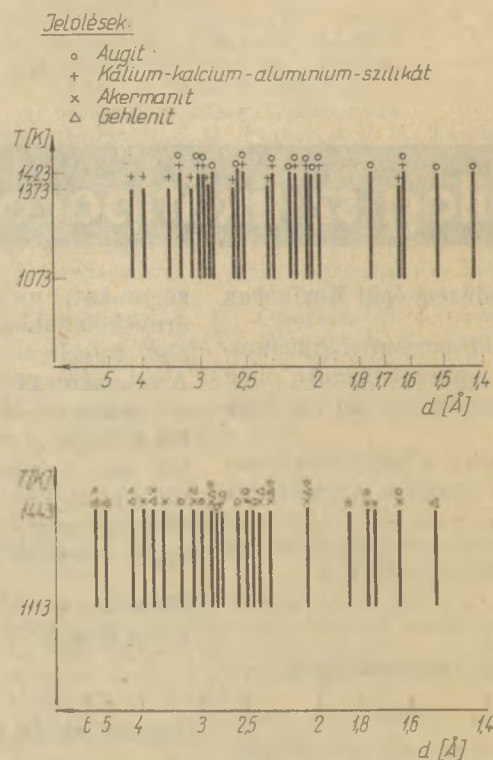
A hőkezelt bazaltgyapot minták kristályfázisait JEOL JDX – 8S típusú röntgendiffraktométer alkalmazásával tanulmányoztuk.

A bazaltgyapot levegőben és argon gázban végzett fokozatos felfűtése során (a 293 – 1473 K hőmérséklettartományban) kialakuló kristályfázisokat, Gunier – Lenne (Nonius gyártmányú) magashőmérsékletű röntgendiffrakciós kamrában vizsgáltuk. A különböző rácssíktávolságokra jellemző reflexiókat síkfilmen rögzítettük (5. ábra). A mérés időtartama 12h volt.

A szálak morfológiai változását JEOL – JSM 35 típusú scanning elektronmikroszkóp alkalmazásával figyeltük meg. A kristályosodási folyamat

transzmissziós elektronmikroszkópi tanulmányozása szükségessé tette, hogy egy új vizsgálati módszert [34] dolgozzunk ki. Ennek alkalmazásával lehetővé vált, hogy a szálakon nem követhető kristálycsíráképződési és növekedési folyamatokat egy velük közelítően azonos összetételű, vákuumpárolgattalással előállított amorf vékonyréteg hőkezelésével tanulmányozzuk.

A vékonyréteget levegő jelenlétében, az erre a célra kialakított kemencében 600 – 1000 K tartományban hőkezeltük [34].



A vékonyréteg vákuumos hőkezelését tantálapból kialakított, a JEOL-4B típusú vákuumpárológató berendezésbe beszerelt csökemencében valósítottuk meg. A hőmérséklet mérésére a tantálcső falára hegesztett Ni-NiCr termoelempár szolgált. A mikrostély hőmérsékletének pontos beállítására hitelesítő méréseket végeztünk. E célból a 2 mm átmérőjű mikrostélyra szintén termoelempárt hegesztettünk. Így a mikrostély hőmérsékletét, a kemence hőmérsékletével egyidejűleg mérni tudtuk. Kísérleteink során a mikrostély hőmérsékletét a kemence hőmérsékletének szabályozásával, a hitelesítő görbe alapján állítottuk be.

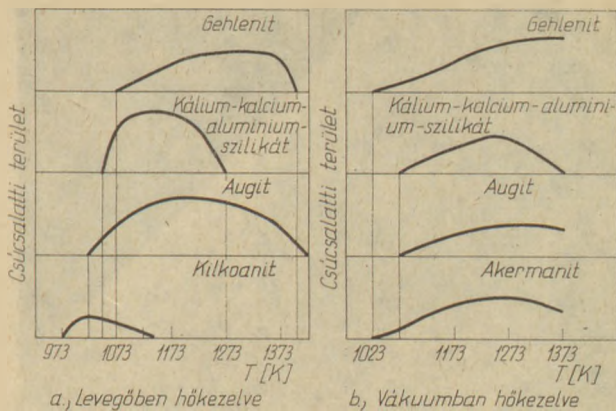
Modellkísérleteinknél a vékonyréteg ugyanazon területének morfológiai és szerkezeti változását 1, 2, 5, 10, 20, 40, 60 és 180 min hőkezelés után tanulmányoztuk. A határoltterületű elektrondiffrakcióval a rácssíktávolság értékek meghatározási hibája kb. 0,01 nm volt. A diffrakciós intenzitásviszonyok erősen vastagságfüggőek, a kis rétegvastagságok és kristályméretek miatt, nagy az orientációs hiba lehetősége. A vizsgált mérettartomány csökkenésével fokozottan előtérbe kerül az anyag lokális sztöchiometriájának a kérdése. Az előzőekből adódóan kristályfázisok teljes biztonságú azonosítása helyett, mindig csak valószínűsíthető fázisokról lehet beszélni.

Az idő függvényében hőkezelt vékonyréteg kristálycsíráképződési sebességének a jellemzésére kb. 1000–2000 csíráat számoltunk le és számát területegységre vonatkoztattuk. A kristálynövekedési sebességet a maximális kristályméret alapján határoztuk meg.

Kísérleti eredmények

A viszonylag kis átmérőjű, nagy fajlagos felületű szálasanyagok kristályosodási folyamatát a levegő befolyásolhatja. Ezért a bazaltszálak kristályosodását vákuumban, argon és hidrogén gázban is vizsgáltuk.

A 6a. és b. ábrák összehasonlításából megállapítható, hogy a vákuumban hőkezelt minta magasabb hőmérsékleten kristályosodik mint levegőben. A kristályosodás során először akermanit és gehlenit kristályfázisok mutathatók ki. A vákuumban hőkezelt bazaltgyapotban az augit és a kálium-kalcium-alumínium-szilikát kristályfázisok mennyisége csökken, a gehlenit növekszik (a 6a. ábrán feltüntetethez képest). Új kristályfázis az akermanit, viszont kilkoanitot nem sikerült azonosítani. Ez utóbbi a vákuumban végzett



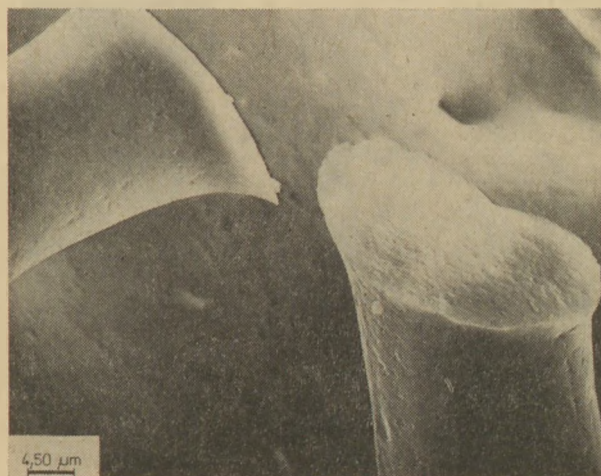
6. ábra. Röntgendiffrakciós vizsgálatok alapján a bazaltgyapot kristályfázisainak változása különböző hőmérsékleten 3h hőtartás eredményeképpen

modellkísérletek alapján (aminek eredményéről a későbbiekben számolunk be) feltehetően kis méretének tulajdonítható, ami miatt a kristályok röntgendiffrakciós módszerrel nem mutathatók ki.

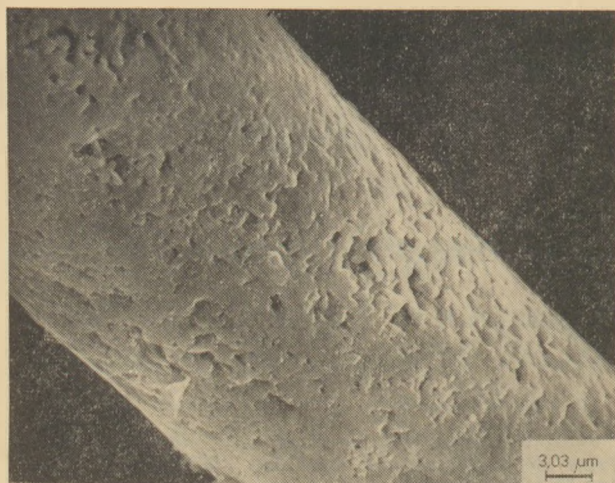
Argonban és hidrogén gázban 1173 K-en 3 órát hőtartott bazaltgyapot röntgendiffrakciós vizsgálatával augit, akermanit és gehlenit főbb kristályfázisokat azonosítottunk. Tehát a vákuumban hőkezelt mintával összehasonlítva, kálium-kalcium-alumínium-szilikátot nem lehetett kimutatni.

A magas hőmérsékletű röntgendiffrakciós kamrában levegőben és argon gázban végzett vizsgálatok eredménye is bizonyította, hogy levegő jelenléte nélkül a kristályosodás nagyobb hőmérsékleten jön létre (5. ábra). Levegőben végzett hőkezelés során augit és kálium-kalcium-alumínium-szilikát; argon gázban pedig augit, akermanit és gehlenit kristályfázisokat azonosítottunk.

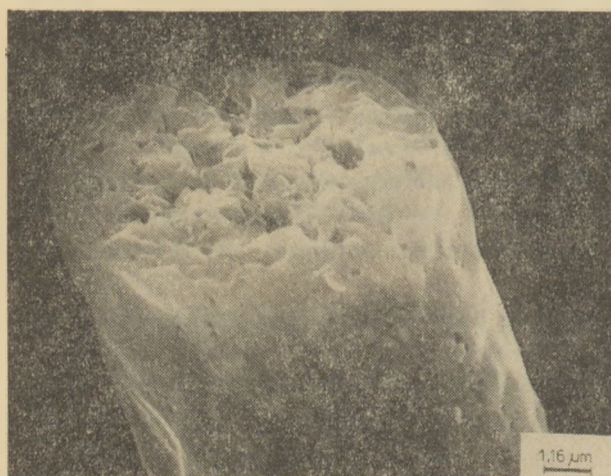
A röntgendiffrakciós vizsgálatok eredményéből tehát megállapítható, hogy a levegő a bazaltgya-



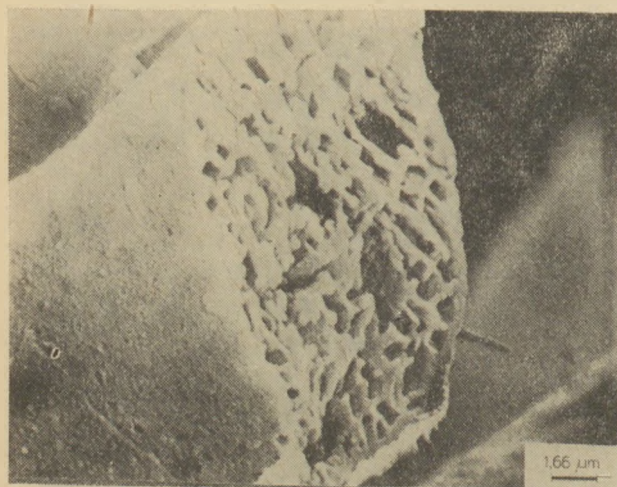
11. felvétel. Bazaltgyapot szál vákuumban 1073 K-en 3h hőkezelés után



12. felvétel. Bazaltgyapot szál vákuumban, 1173 K-en 3h hőkezelés után



13. felvétel. Hidrogén gázban, 1173 K-en 3h-t hőkezelt bazaltszál HCl:H₂O = 1:3 oldattal végzett 3 min kezelés után



14. felvétel. Argon gázban, 1173 K-en 3h-t hőkezelt bazaltszál HCl:H₂O = 1:3 oldattal végzett 5 min kezelés után

pot kristályosodását elősegíti. A levegő kizárásával hőkezelt mintákban az augit és a kálium-kalcium-alumínium-szilikát kristályfázisok kialakulása erősen háttérbe szorult az akermanit és gehlenit kristályfázisokkal szemben.

A vákuumban hőkezelt bazaltgyapot elektronmikroszkópi vizsgálatánál sugárirányú textúráváltozást, belső csatornák kialakulását nem észleltük (11. és 12. felvételek). Hasonló tapasztalunk a bazaltgyapot hidrogén és argon gázban végzett hőkezelésénél is, amit különösen jól szemléltetnek a savas kezelés után készült 13. és 14. felvételek. Megjegyezzük, hogy a vákuumban

4. táblázat

A hőkezelt bazaltgyapot vas- és alkáli-oxid tartalma

Vizsgált bazaltgyapot minták	FeO [%]*	Fe ₂ O ₃ [%]	Na ₂ O [%]	K ₂ O [%]
eredeti bazaltgyapot	5,63	1,23	2,68	1,69
levegőben 873 K-en 3 h-t hőkezelt	5,67	1,20	2,68	1,69
levegőben 1073 K-en 3 h-t hőkezelt	0,30	7,20	2,68	1,69
levegőben 1173 K-en 30 min-t hőkezelt	0,29	7,19	2,68	1,69
levegőben 1173 K-en 90 min-t hőkezelt	0,22	7,26	2,66	1,63
levegőben 1173 K-en 3 h-t hőkezelt	0,20	7,31	2,64	1,58
levegőben 1173 K-en 6 h-t hőkezelt	0,16	7,37	2,59	1,56
levegőben 1273 K-en 3 h-t hőkezelt	0,16	7,37	2,57	1,54
levegőben 1373 K-en 3 h-t hőkezelt	0,51	6,72	2,50	1,52
vákuumban 1073 K-en 3 h-t hőkezelt	5,63	1,32	2,64	1,67
vákuumban 1273 K-en 3 h-t hőkezelt	4,98	1,90	2,45	1,48
vákuumban 1373 K-en 3 h-t hőkezelt	4,86	2,04	2,35	1,39
hidrogénben 1073 K-en 3 h-t hőkezelt	6,49	0,31	2,68	1,70
hidrogénben 1173 K-en 3 h-t hőkezelt	6,61	0,12	2,65	1,62
argonban 1073 K-en 3 h-t hőkezelt	5,64	1,22	2,69	1,70
argonban 1173 K-en 3 h-t hőkezelt	5,65	1,20	2,65	1,60

*Tömeg-százalék

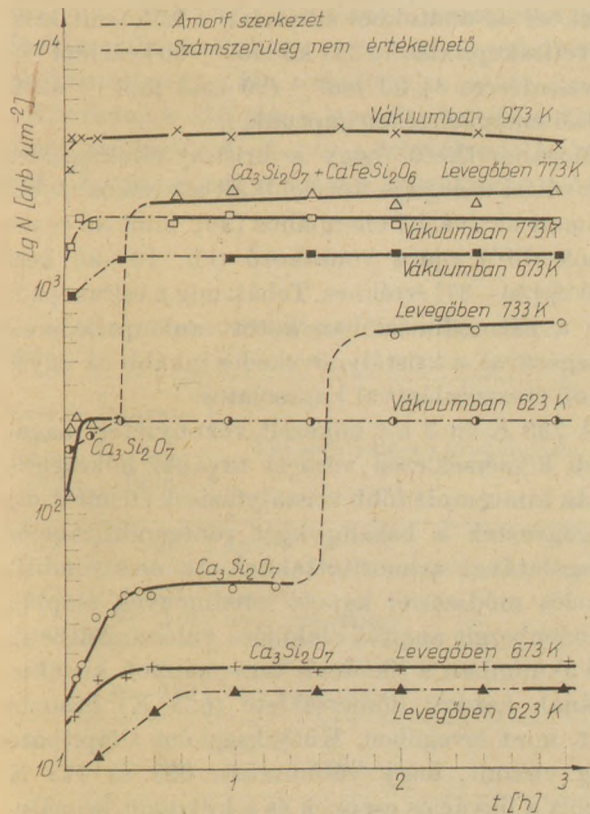
hőkezelt szálak alakváltozása már 1073 K felett megfigyelhető volt. Hidrogén és argon gázban a szálanyag 1273 K-en tömbbé zsugorodott.

Előzőek alapján a levegő erősen befolyásolja a bazaltszálak kristályosodását. Kémiai analitikai vizsgálatokkal megállapítottuk (4. táblázat), hogy a különböző körülményű hőkezelések hatására a vas különböző oxidációs állapotban van jelen a bazaltgyapotban. Az alkáliák migrációja vákuumban csak kismértékben növekszik.

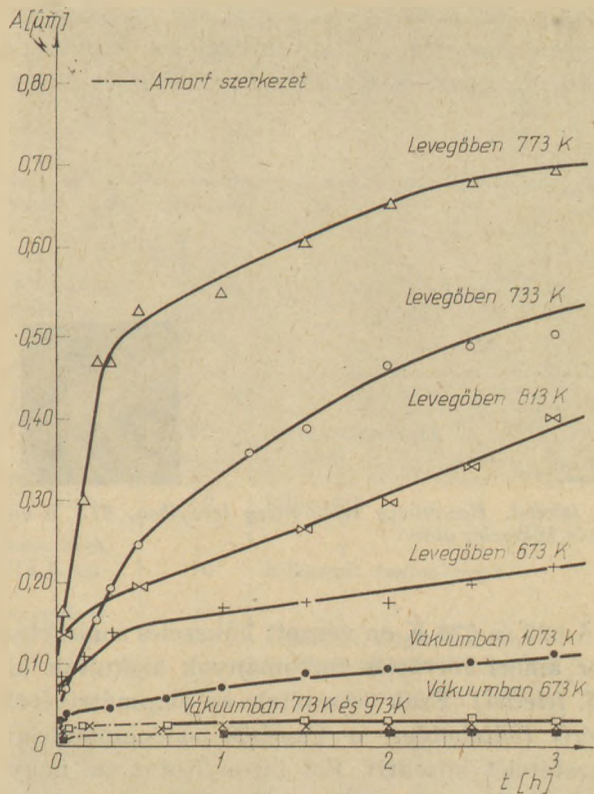
A 4. táblázat adataiból látható, hogy az eredeti bazaltgyapotban a főleg kétvegyértékű formában jelenlevő vas nagy része, levegőben 873 és 1073 K között háromértékűvé oxidálódik. Ezt a DTG görbén tömegnövekedésre utaló effektusok is jelzik, mint arról már korábban beszámoltunk.

Johnston és Chelko a vastartalmú üvegszálak hidrogén gázban végzett redukciója során megállapították, hogy a vas(III) szinte teljes mértékben vas(II)-vé alakult [35], ami vizsgálati eredményünkkel összhangban van. Az inert gázban végzett hőkezélnél a vas (II):vas(III) arány változatlan, míg vákuumban a hőmérséklet növekedésével kismértékben növekszik.

Megállapítható tehát, hogy a levegő bazaltgyapot kristályosodását befolyásoló hatása a vas oxidációs fokának változásával függ össze. Továb-



7. ábra. Modellkísérletek során a likvációs tartományok és kristálycsírák számának (N) különböző hőmérsékleten idő (t) függvényében bekövetkező változása



8. ábra. Modellkísérletek során a likvációs tartományok és kristályok maximális méretének (A) különböző hőmérsékleten idő (t) függvényében bekövetkező változása

biakban a levegő kristálycsíráképződésre és kristálynövekedésre gyakorolt hatását modellkísérletek segítségével tanulmányozzuk.

A levegőben hőkezelt vékonyréteg területegységre vonatkoztatott kristálycsíraszámát a 7. ábra, a maximális kristálméret alakulását pedig a 8. ábra szemlélteti. Az ezzel összefüggő szerkezeti átalakulásokat az 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat

Levegőben hőkezelt vékonyréteg elektrondiffrakciós vizsgálata

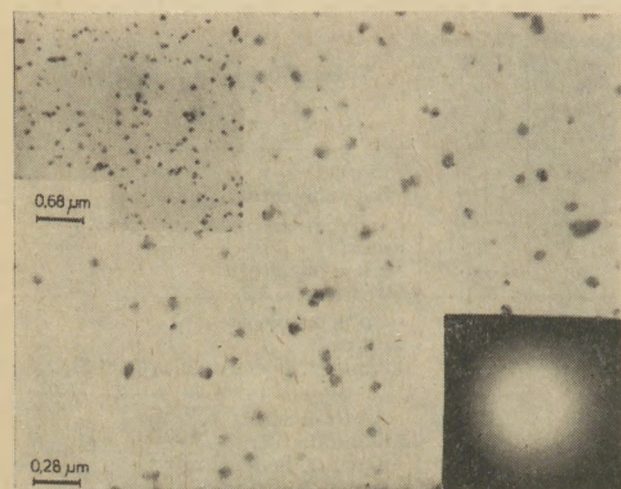
Kezelés hőmérséklete [K]	Hőkezelés ideje [min]	Valószínűsíthető kristályfázis
623	120 180	amorf nem azonosított
673	1 2 – 180	amorf nem azonosított
733	2 10 – 60 90 – 180	nem azonosított kilkoanit kilkoanit, hedenbergit ($\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$)
773	1 2 – 4 15 – 180	nem azonosított kilkoanit kilkoanit, hedenbergit
813	1 2 – 180	kilkoanit kilkoanit, hedenbergit



15. felvétel. Bazaltüveg vékonyréteg levegőben, 673 K-en 1 min hőkezelés után

A 623 és 673 K-en végzett hőkezelés során először amorf likvációs tartományok alakultak ki (15. felvétel). Ezek összetétele az alpmátrixétól eltérő (feltehetően a $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$ sztöchiometriai összetételét közelíti). Ezt bizonyította az, hogy az első kilkoanit kristálycsírák a likvációs tartományokban keletkeztek, ami e helyeken a csíráképződés kisebb aktiválási energiájával magyarázható (16. felvétel).

733 K-en, vagy ennél magasabb hőmérsékleten likvációt nem figyeltünk meg. Az első azonosított kristályfázis a bazaltgyapot röntgen- és elektrondifrakciós vizsgálatával is kimutatott kilkoanit. A $T \geq 733$ K-en végzett hőkezelések során hedenbergit keletkezését is valószínűsítettük (5. táblázat). Ez a morfológiai és elektrondifrakciós vizsgálatok alapján egyrészt új csíráképződéssel indult meg, másrészt a már meglévő kristály-



16. felvétel. Bazaltüveg vékonyréteg levegőben, 673 K-en 1h hőkezelés után

fázisok magképző centrumként szolgáltak az erre ránövekedő hedenbergit kristályfázis számára.

A 7. ábrából megállapítható, hogy a 673–773 K tartományban a kilkoanit csíráképződésének sebessége (vagyis a kezdeti lineáris szakaszok iránytangense) a hőmérséklet növekedésével növekszik, de egyre rövidebb idő alatt zérus értékűvé válik. Ez egészen addig tart, míg a hedenbergit kristálycsírái meg nem jelennek. Az erre jellemző felfutó szakasz után (amit a számszerű értékelhetőség hiánya miatt szaggatott vonallal jelöltünk), a kristálycsírák száma újra állandó értéket vesz fel, vagyis a csíráképződés sebessége zérussá válik. Hinz összefoglaló munkájában a kristálycsíraszám ilyen jellegű változását, mint a stabil heterogén nukleáció tipikus esetét tárgyalta [36].

A kezelés hőmérsékletével növekedő kristálynövekedési sebesség is egyre rövidebb idő után csökkent (8. ábra).

Az Arrhenius-féle egyenlet alkalmazásával, a levegőben végzett modellkísérletek alapján, számítottuk a kilkoanit kristálycsíráképződésének és növekedésének látszólagos aktiválási energiáját. Ehhez először meghatároztuk a 7. és 8. ábrákon látható, a 673, 733 és 773 K-en végzett hőkezelésre jellemző görbék kezdeti egyenes szakaszából a kristálycsíráképződési és növekedési sebességet. Ezekből az adatokból számolva a kilkoanit kristálycsíráképződésére 251 kJ mol^{-1} (60 kcal mol^{-1}); növekedésére 84 kJ mol^{-1} (20 kcal mol^{-1}) aktiválási energiaértéket kaptunk.

Megállapítható, hogy a kristálycsíráképződés aktiválási energiája közelebb áll a viszkozitásból számolt aktiválási energiához [30], mint az egyes ionok diffúziójára vonatkozó (kb. $10\text{--}30 \text{ kcal mol}^{-1}$) [36–37] értékhez. Tehát, míg a csíráképződés a háromdimezióban kötött anionpoliéderek mozgásával, a kristálynövekedés inkább az egyes ionok elmozdulásával kapcsolatos.

A 733 K-en 3 h-t hőkezelt vékonyréteg magasabb hőmérsékleten végzett további hőkezelése során kimutatott főbb kristályfázisok (6. táblázat) megegyeztek a bazaltgyapot röntgendifrakciós vizsgálatával azonosítottakkal. Az elektrondifrakciós módszerrel kapott eredmények alapján a hedenbergit augittá alakulása valószínűsíthető.

Vákuumban a likvációs tartományok kialakulásának kezdeti hőmérséklete (623 K) hasonló volt, mint levegőben. Különbségként állapítható meg viszont, hogy vákuumban 623 és 773 K között a likvációs cseppek és a kilkoanit kristálycsírák legalább egy nagyságrenddel nagyobb száma jellemző; ezzel szemben a kristályos rendező-

6. táblázat

Levegőben, különböző hőmérsékleten egymásután hőkezelt vékonyréteg elektrondiffrakciós vizsgálata

Kezelés hőmérséklete [K]	Hőkezelés ideje [min]	Valószínűsíthető kristályfázis
733	180	kilkoanit, hedenbergit
↓	↓	↓
773	45	kilkoanit, augit
↓	↓	↓
873	15	kilkoanit, augit
↓	↓	↓
973	5	kilkoanit, augit, kálium-kalcium-alumínium-szilikát
↓	↓	↓
1023	5	kilkoanit, augit, kálium-kalcium-alumínium-szilikát

dés erősen késleltetve alakult ki. Az ezt szemléltető 7. és 8. ábrákon az amorf szerkezetet pontvonallal húzott görbe jelöli.

A vákuumban hőkezelt (673 – 1073 K) vékonyréteg elektrondiffrakciós vizsgálatával vasat tartalmazó kristályfázis nem volt azonosítható. 1073 K-en kilkoanit mellett, akermanit és gehlenit kristályfázisokat is kimutattunk (7. táblázat). Ez a bazaltgyapot röntgendiffrakciós vizsgálatával kapott eredményekkel összhangban van. A 8. ábrán feltüntetett diagramok összehasonlításából szembetűnő, hogy vákuumban rendkívül aprókristályos textúra alakult ki.

Kísérleteink alapján a levegő jelenléte a kristályos rendeződést, illetve a kristálycsíráképződést elősegíti és nagymértékű kristálynövekedést

7. táblázat

Vákuumban hőkezelt vékonyréteg elektrondiffrakciós vizsgálata

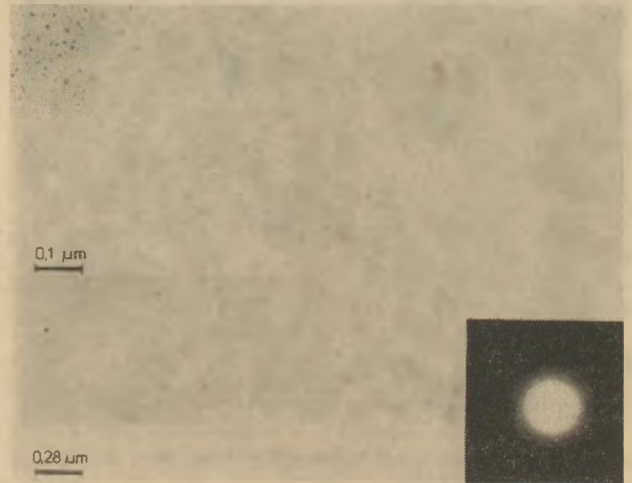
Kezelés hőmérséklete [K]	Hőkezelés ideje [min]	Valószínűsíthető kristályfázis
623	180	amorf
673	60 90 – 180	amorf nem azonosított
773	40 60 – 180	amorf nem azonosított
973	5 10 – 180	amorf nem azonosított
1073	20 40 – 90 180	nem azonosított kilkoanit kilkoanit, akermanit, gehlenit

eredményez. Ezt teljesen egyértelműen igazolta a vákuumban hőkezelt vékonyrétegnek levegőben folytatott további hőkezése is (8. táblázat).

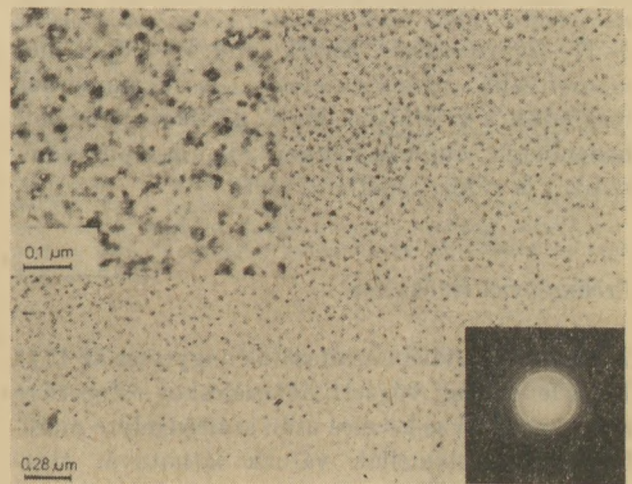
8. táblázat

A levegő kristályosodást befolyásoló hatásának vizsgálatára végzett modellkísérletek

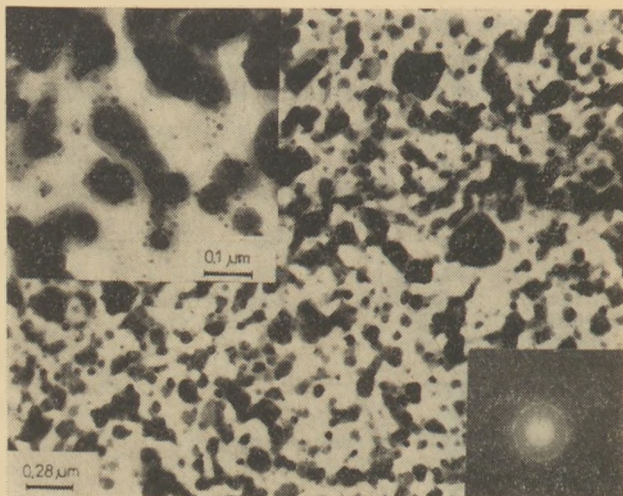
Hőkezelési körülmény	Hőkezelés ideje [min]	Valószínűsíthető kristályfázis
vákuumban 973 K-en	60	nem azonosított
↓	↓	↓
levegőben 773 K-en	60	kilkoanit
↓	↓	↓
levegőben 813 K-en	10	kilkoanit, hedenbergit
↓	↓	↓
levegőben 833 K-en	60	kilkoanit, augit, kálium-kalcium-alumínium-szilikát



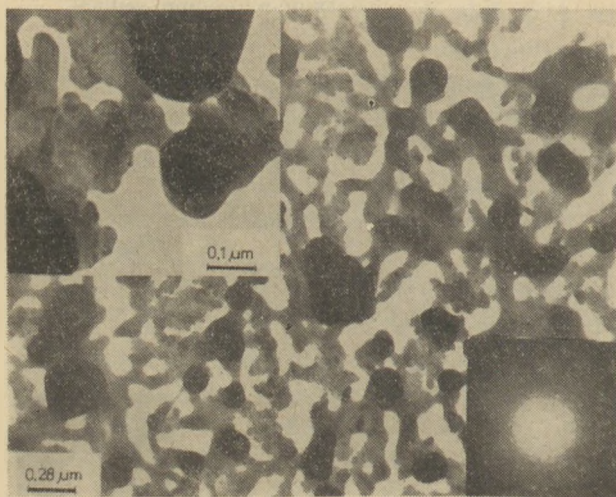
17. felvétel. Bazaltüveg vékonyréteg vákuumban, 973 K-en 1h hőkezelés után



18. felvétel. Bazaltüveg vékonyréteg levegőben, 773 K-en 7 min hőkezelés után



19. felvétel. Bazaltüveg vékonyréteg levegőben, 873 K-en 10 min hőkezelés után



20. felvétel. Bazaltüveg vékonyréteg levegőben, 973 K-en 15 min hőkezelés után.

és 17–20. felvételek). Ennek során levegőben még alacsonyabb hőmérsékleteken is ugrásszerűen megindult a kristályosodás és a kilkoanit mellett hedenbergit, augit és kálium-kalcium-alumínium-szilikát is valószínűsíthető volt.

Eredmények értékelése

A hazai előállítású bazaltszálak nagyrésze az 1173 K-en levegőben végzett hőkezeléskor csőszerűvé alakul és sósavas kezelés után száltengelyre merőleges kristálylamellák válnak láthatóvá. Megállapítottuk, hogy ez a jelenség a sajátos kémiai összetételhez és a levegő jelenlétéhez kötött.

Bizonyítottuk, hogy a levegő a kristálycsíráképződést nagymértékben elősegíti. A levegő kristályosodást befolyásoló hatása a vas oxidációs fokának változásával kapcsolatos. Kimutattuk, hogy az eredeti szálakban a főleg kétvegyértékű formában jelenlevő vas 873 és 1073 K között háromértékűvé oxidálódik. Ebben a hőmérséklet-tartományban a sugárirányú kristályosodást a vastartalom változása, illetve az oxigéndiffúzió határozza meg. 1173 K-en a vas(III)-oxid kristályosodást elősegítő hatásának eredményeként, a szál belső tartományaiban – a stabil kéregként viselkedő felületi rétegekhez képest – a kristályosodási és átkristályosodási folyamatok nagyobb mértékben játszódnak le. Az ennek során bekövetkező zsugorodás hatására a szál csőszerűvé válik.

A vas oxidációjának szerepét alátámasztja az is, hogy ennek kizárásával (vákuumban, hidrogén és argon gázban) hőkezelt szálakban belső csatornák nem jönnek létre és orientációmentes kristálytextúra alakul ki. Hasonló jelenséget tapasztaltunk a „TR/125” bazaltgyapot hőkezelése során is, mint arról munkánk II. részében beszámoltunk.

A vas(III)-oxid kristályosodást elősegítő hatásával magyarázható, hogy az ezt nagyobb mennyiségben (~ 9 tömeg%-ban) tartalmazó „TR/125” bazaltgyapotban a röntgendiffrakciós módszerrel kimutatható szerkezeti változások alacsonyabb hőmérsékleten lejátszódnak, mint a főleg vas(II)-oxid tartalmú hazai bazaltgyapotban. A „TR/125” bazaltgyapot eredetileg is magasabb vas(III)-oxid tartalmának tulajdonítható, hogy ezekben a szálakban a kétvegyértékű formában jelenlevő vas háromértékűvé történő oxidációja a sugárirányú kristályosodást már lényegesen nem befolyásolja.

A szálasanyagok jó hőállósága szempontjából fontos tehát, hogy vastartalmuk alacsony legyen. Ezen belül kedvezőbb a vas(II):vas(III) nagyobb aránya. Ezek a szempontok az erősen redukáló atmoszférájú kúpólókemencés olvasztással előállított bazaltgyapotnál jobban teljesülnek, mint a kádkemencés olvasztási eljárás alkalmazásánál.

I R O D A L O M

- [34] *Wojnárovitsné, Hrapka, I.*: Barna, Á.: *Építőanyag*, 30, 340 (1978).
- [35] *Johnston, W. D., Chelko, A. J.*: *J. Amer. Ceram. Soc.*, 53, 295 (1970).
- [36] *Hinz, W.*: XI. International Congress on Glass (Ed. Götz, J.), Prague 1977, I. Vol. 216. p.
- [37] *Clinton, D., Mercer, R. A., Miller, R. P.*: *Materials Science*, 5, 171 (1970).

Wojnárovitsné, Hrapka Ilona: Hőszigetelésre alkalmas szervesetlen szintetikus szálanyagok kristályosodása. III. Légtér hatása a bazaltgyapot kristályosodására.

Bizonyítottuk, hogy a kádkemencés olvasztással előállított hazai bazaltgyapot kristályosodását a levegő elősegíti. A levegő kristályosodást befolyásoló hatása a vas oxidációs fok változásával kapcsolatos. Kimutattuk, hogy az eredeti szálakban a főleg kétvegyértékű formában jelenlévő vas 873—1073 K között háromértékűvé oxidálódik. Ebben a hőmérséklettartományban a sugárirányú kristályosodást a vastartalom változása és az oxigéndiffúzió határozza meg. 1173 K-en a szál belső tartományaiiban — a stabil kéregként viselkedő felületi réteghez képest — a kristályosodási és átkristályosodási folyamatok gyorsabban lejátsszódnak és az ennek során bekövetkező zsugorodás eredményezi a csőszerű alakzatok kialakulását.

A „TR/125” bazaltgyapot, hazai bazaltgyapothoz viszonyítva magasabb vas(III)-oxid tartalmának tulajdonítható, hogy ezekben a szálakban a kétvegyértékű formában jelenlévő vas háromértékűvé történő oxidációja, a sugárirányú kristályosodást már lényegesen nem befolyásolja.

Kimutattuk, hogy a bazaltgyapot jó hőállósága szempontjából fontos, hogy vastartalma minél alacsonyabb legyen. Ezen belül kedvezőbb a vas(II):vas(III) nagyobb aránya. A gyakorlatban ezek a szempontok az erősen redukáló atmoszférájú kupolókemencés olvasztásnál jobban teljesülnek, mint a kádkemencés olvasztási eljárás alkalmazásánál.

Войнаровитчне, Х.И.: Кристаллизация неорганических синтетических волокнистых материалов, пригодных для теплоизоляции. III. Влияние воздушной среды на кристаллизацию базальтового волокна

Было доказано, что воздух способствует кристаллизации базальтового волокна, изготовленного плавлением в ваннах печах. Влияние воздуха на кристаллизацию связано с изменением степени окисления железа. Было показано, что двухвалентное железо, содержащееся в исходных волокнах, в температурном интервале 873—1073 K окисляется в трехвалентное. В этом температурном интервале кристаллизация в направлении радиуса зависит от изменения содержания и диффузии кислорода. При температуре 1173 K во внутренних областях волокна — по отношению к поверхностному слою, ведущему себя в виде стабильного нароста — процессы кристаллизации и перекристаллизации протекают быстрее, и усадка, происходящая при этом, приводит к формированию трубообразных форм.

С более высоким содержанием трехвалентного железа в базальтовом волокне типа „TR/125” — по сравнению с содержанием его в отечественных базальтовых волокнах — связано то, что окисление двухвалентного железа, содержащегося в этих волокнах, в трехвалентное не оказывает существенного влияния на кристаллизацию в направлении радиуса.

Было показано, что с точки зрения хорошей тепловой стойкости базальтового волокна важно, чтобы содержание железа было как можно ниже. В рамках этого более благоприятным является, если соотношение двухвалентного железа к трехвалентному железу является как можно большим. В практике эти условия могут быть лучше обеспечены при плавлении в ваграночных печах в сильно окислительной атмосфере, чем при плавлении в ваннах печах.

Frau Wojnárovits Hrapka, Ilona: Die Kristallisation zur Wärmeisolierung geeigneter anorganischer synthetischer Faserstoffe III. Auswirkungen der Luft auf die Kristallisation von Basaltfasern

Es wurde erwiesen, daß die Luft die Kristallisation der, durch Schmelzen im Wannenofen hergestellten einheimischen Basaltfasern fördert. Die Kristallisation beeinflussende Wirkung der Luft hängt mit der Änderung des Oxydationsgrades des Eisens zusammen. Es wurde ausgewiesen, daß in den ursprünglichen Fasern das, hauptsächlich in zweiwertiger Form vorhandene Eisen, zwischen 873 und 1073 K, zu dreiwertigem Eisen oxydiert. In diesem Temperaturbereich wird die radial gerichtete Kristallisation durch die Änderungen des Eisengehaltes und durch die Sauerstoffdiffusion bestimmt. Bei 1173 K spielen sich die Kristallisations- und Durchkristallisationsvorgänge in den inneren Bereichen der Faser — gegenüber der, sich als stabile Kruste verhaltenden Oberflächenschicht — schneller ab und die dabei eintretende Schwindung bewirkt die Ausbildung der Rohrtartigen Gebilde.

Dem, gegenüber den einheimischen Basaltfasern höheren Eisen(III)-oxydgehalt der Basaltfaser „TR/125” ist es zuzuschreiben, daß die Oxydation des zweiwertigen Eisens dieser Faser zu dreiwertigem Eisen, die radial gerichtete Kristallisation nicht mehr wesentlich beeinflussen kann.

Es wurde ausgewiesen, daß zur besseren Wärmebeständigkeit, der Eisengehalt der Basaltfasern möglichst klein sein soll. Dabei ist ein größeres Verhältnis Eisen (II): Eisen(III) günstiger. In der Praxis werden diese Zielsetzungen bei der stark reduzierenden Atmosphäre des Schmelzens im Kupolofen besser erfüllt, als bei dem Schmelzverfahren im Wannenofen.

Hrapka, Ilona (Mrs. Wojnarovits) i Synthetic Crystallisation of Inorganic Fibrous Materials Used for Thermal Insulation, III. The Effect of Air Space on the Crystallisation of Basalt Wool

It is proved that the crystallisation of Hungarian basalt wool (manufactured by tank kiln melting) is enhanced by air. This phenomenon is a consequence of iron oxidation. Iron content of the original fibre is primarily in divalent form, but this becomes trivalent between 873—1073 K. In this range radial crystallisation is controlled by the change of iron content and oxygen diffusion. At 1173 K the crystallisation and recrystallisation in the internal domains of the fibre are more rapid than in the surface layer, which acts as a rigid shell; consequently a shrinkage takes place, which in turn causes a tubular growth. A foreign basalt wool (trade mark TR-125) contains higher amounts of trivalent iron as contrasted to the Hungarian product; this is why temperature-induced oxidation in these fibres affects radial crystallisation to a limited extent only. It is claimed that a good thermal resistance of basalt wool requires a low iron content, and within this a high Fe(II):Fe(III) ratio. These conditions are readily met in cupola furnace melting, where kiln atmosphere is strongly reducing, as contrasted to tank kiln melting.

Az anyagok szilárdsági jellemzőinek minőségellenőrzéséről

G A R A Y L A J O S

Építéstudományi Intézet, Budapest

A teherhordó szerkezetek biztonsága egyrészt az anyagok, másrészt a terhek paramétereinek és az ehhez rendelt biztonsági tényezőknek a meghatározásán alapul. A biztonság meghatározásának korszerű félvalószínűségi rendszerében a biztonsági tényezők a valószínűségszámítási módszerekkel figyelembe nem vehető bizonytalanságok, hibák kiküszöbölését célozzák. Az anyagok és terhek jellemzésére alkalmas valószínűségi paraméterek tehát egyre fontosabbá válnak, mert ezeknek meghatározása alapvetően visszahat a tartószerkezetek biztonságára.

Célunk az anyag jellemző szilárdsági paramétereinek meghatározásával és ellenőrzésével kapcsolatos statisztikai számítási kérdések felvetése és elvi tisztázása.

A méretezési szabvány abból indul ki, hogy a normatív kvantilishoz tartozó jellemző szilárdság ismert, illetve ez követelményként előírható. A biztonsági tényező veszi figyelembe azt, hogy ez a szilárdsági érték egy előírt kis valószínűséggel ugyan, de kisebb is lehet annál, mint amit a méretezéskor számításba vesznek. Ennek a hibának a valószínűsége a matematikai statisztika eszközeivel meghatározható statisztikai becslés megbízhatóságának mérőszámát – konfidencia szintjét –, vagy ami ennek komplementere: a becslés hibáját – szignifikanciáját – is ismernie kell a szabályzat alkotójának, hogy a biztonsági tényezőt helyesen határozza meg.

Ez az a pont, ahol az erőtanú tervezés követelményei kapcsolódnak az anyagvizsgálaton alapuló szilárdsági érték becslés és minőség-ellenőrzés követelményeivel.

A normatív kvantilishoz tartozó szilárdság megbízható becslése és a minőség ellenőrzése nem azonos feladat, így a statisztikai számítások modellje is eltérő. E szilárdság becslésekor általában abból kell kiindulni, hogy a vizsgált tételről – (eltekintve a valószínűségi eloszlásfüggvény jellegétől, amit itt ismertnek feltételezünk) – semmiféle információval nem rendelkezünk,

ugyanakkor a minőség ellenőrzésekor a tétel adataira nézve feltételezéssel – hipotézissel élhetünk és elég azt bizonyítanunk, hogy az ellenőrzött tétel az előírtnál kisebb valószínűségű hibákkal – kockázatokkal – tesz eleget feltételezésünknek. Ezt tudjuk meghatározni a statisztikai hipotézis vizsgálat eszközeivel.

A statisztikai hipotézis vizsgálat során kétféle hibát lehet elkövetni. Az első fajú hiba az, ha a kiindulási feltételezést – 0 hipotézist – elvetjük, pedig az igaz. A második fajú hiba az, ha a 0 hipotézist nem vetjük el, pedig az hamis. A statisztikai próba, melyet a hipotézis vizsgálat során alkalmazunk, csak az első fajú hiba előfordulási valószínűségének a kikötését teszi lehetővé. Ezt nevezik a próba szignifikanciájának. Jele α . Ennek komplementere a próba megbízhatósága – konfidenciája – $(1 - \alpha)$. A második fajú hiba előfordulási valószínűsége a tényleges helyzettől függ, amit a minta elemszáma és a konkrét probléma, a tényleges különbség determinál. Ezt a kockázatot jelölik β -val. Ennek komplementere a próba ereje $(1 - \beta)$. Mindez arra utal, hogy nem közömbös, hogy a 0 hipotézist és az alternatív hipotézist hogyan vesszük fel, és mire várunk választ.

A 0 hipotézist úgy lehet fogalmazni, – olyan próbát lehet alkalmazni, hogy nagy megbízhatósági szinten – *kis első fajú hibával (α) – döntünk a hibás tétel elutasításáról*: külön vizsgálatot igényel az, hogy az adott mintanagyság (elemszám) mellett mekkora valószínűsége van annak, hogy az elutasítás ellenére a tétel jó, tehát, hogy ez esetben mekkora a második fajú hiba (β) – azaz mekkora a gazdasági kockázat. Az előbbivel ellentétben a 0 hipotézist úgy is fel lehet állítani, hogy a *kis első fajú hibával a jó tétel elutasításáról döntünk*, ez esetben az elfogadott tételek között nagy valószínűséggel fordulhatnak elő hibások, és a második fajú hiba (β) mutatja meg, hogy mekkora a hibás tétel átvételének valószínűsége, tehát mekkora a biztonság kockázata.

Összefoglalva:

A tétel elutasításának alsó — és elfogadásának felső szilárdsági határát a döntés megbízhatóságának $(1-\alpha)$ előírása mellett a minta elemszámának megfelelően ki lehet jelölni. E két határ között a próba erejének $(1-\beta)$ előírása mellett lehet a döntéshez szükséges minta elemszámot meghatározni. Ha ez az elemszám egy racionális nagyságot túllépne, a hipotézis vizsgálatról a szilárdság becslésére helyes áttérni. Elutasított tétel esetében a valós helyzetet ugyancsak becsléssel lehet meghatározni.

Az előbbiek gyakorlati alkalmazásához

- a tétel,
- a biztonsági tényező és
- a minta elemszám

kérdését kell még tisztázni.

A méretezési szabályzat az anyag szilárdsági jele szerint adja meg a határfeszültséget. Tehát a méretezési szabályzat-alkotás szempontjából a tétel az összes azonos szilárdsági jelű anyag. Ugyanakkor a minőségellenőrzés szabályai az átadás-átvétel szempontjaira orientáltak, így itt a tétel nagyságrendekkel kisebb. Nyilvánvaló, hogy e nagyságrendi különbség vitathatóvá teszi az azonos szilárdsági jelű nagy halmaz homogenitását. E vita azért felesleges, mert a gyakorlat azt bizonyítja, hogy a méretezési szabályzatnak az anyagra vonatkozó biztonsági tényezője megfelelő. Szerkezeteinkben a meghibásodások mértéke nem túlzott, és megfelelő a minőségellenőrzés rendje és módszere is, mert romlás e téren nem tapasztalható.

Az anyag biztonsági tényezőjének viszonyítási alapja ezideig a szilárdság átlagértéke volt. Erre orientált volt a minőségellenőrzés is. Ebben az ellenőrzésben az anyag előállítójának jó vagy gyenge munkáját jellemző szórás közvetlenül nem jutott kifejezésre. A méretezési szabályzat anyagra vonatkozó biztonsági tényezője lefedte a szilárdság szórásának az egyes előállítóknál jelentkező különbségeit, és még a ritkán előforduló nagy szórás esetére is elegendő biztonságot adott. Nyilvánvaló, hogy ott, ahol a szórás kicsi, a szerkezet valós biztonsága feleslegesen nagyobb a kelleténél, azaz a szerkezet ilyen értelemben nem a leggazdaságosabb. A normatív kvantilishoz rendelt szilárdság anyagjellemzőként való bevezetése e felesleg megszüntetését szolgálja, tehát a hagyományos gyakorlatnál elvileg csak gazdaságosabb lehet. Az új rendszer valóban akkor lesz gazdaságos, ha elég ismeret alapján helyesen választjuk szét a hagyományos bizton-

sági tényezőnek az anyag szilárdsági szórásától és az egyéb paraméterektől függő részét.

A méretezési szabályzat előbb említett értelmű továbbfejlesztése a minőségellenőrzés új elvekre való építését teszi szükségessé. A szilárdság átlagértékéről a normatív kvantilishoz tartozó szilárdságra való áttérés a minőségellenőrzésben lényegesen súlyosabb változtatásokat kíván, mint a méretezésben. Ezt az a matematikai statisztikai szabály fejezi ki a legjobban, mely a minta elemszámára vonatkozik.

Az ajánlások (ISO 2854 — 76) szerint

az átlagérték ellenőrzéséhez	$n = 5 - 10$
a szórás ellenőrzéséhez	$n = 20$

legkisebb minta elemszám szükséges. Mivel a kvantilis a szórás függvénye, nyilvánvaló, hogy az $n=20$ elemszámú mintákra kell áttérni, ami igen sok esetben többszöröse a hagyományosnak. Ahhoz, hogy itt se jelentkezék gazdaságtalanság éppen a hagyományos gyakorlat nyújt segítséget. A kérdés az: hogyan?

A matematikai statisztika módszerei között jelentős helyet foglalnak el azok, amelyek ismert elméleti szórásból indulnak ki. Nyilvánvaló, hogy a szórás kellő tapasztalat — a hagyomány értékelése — alapján megismerhető. Esetünkben az anyagra vonatkozó biztonsági tényező hagyományos értékéből az elméleti szórás elég jól becsülhető, de reprezentatív vizsgálatokkal ez fel is mérhető, és ezzel az előbb említett becslés ellenőrizhető. Az elméleti szórás ismeretében az átlagszilárdságot a normatív kvantilishoz tartozó szilárdságból egyszerű meghatározni, az elfogadás és elutasítás határértékeinek kijelölése is egyszerű. Mivel az átlagszilárdság ellenőrzése viszonylag kis $n = 5$ elemszámú mintával történhet, így azt kell megvizsgálni, hol indokolt ezt a hagyományostól gyakorlatilag alig eltérő módszert alkalmazni.

Nyilvánvaló, hogy a méretezési szabályzat-alkotás szempontjából az elméleti szórás értéke a gyenge anyag előállítót kell, hogy jellemezze, és semmiképpen sem lehet nagyobb mint a hagyományos biztonsági tényezőből becsült érték. Ilyen elvek szerint meghatározott átlagszilárdság nem ront a hagyományos gyakorlathoz képest, és a kis és gyenge anyagelőállító helyeken lehetővé teszi a kis elemszámú minták alkalmazását, de irányt mutat a házi ellenőrzéshez is. E módszer alkalmazásának indokoltsága megszűnik akkor, amikor az elfogadási, illetve elutasítási döntés bizonytalansága miatt a minta elemszámát 19 fölé kell emelni. Ekkor ugyanis

már nem indokolt az elméleti (esetleg a valósánál kedvezőtlenebb) szórás értékéből kiindulni, hanem a valós helyzet értékelése alapján a normatív kvantilishoz tartozó szilárdságról közvetlenül (és nem az átlagszilárdságon keresztül) lehet dönteni.

Mindez egyszerűen hangzik, de valójában nem az, mert megbízható szabályozási döntésekhez meg kell ismerni a méretezési szempontú (országos) tételnek, és ezen belül az egyes anyagelőállító helyeket jellemző (homogénnek tekinthető) tételeknek statisztikai szempontból számításba vehető szilárdsági paramétereit (átlagérték, szórás, esetleg valószínűségi eloszlás). Ha egy szilárdsági kategóriára vonatkozó reprezentatív felmérés igényét becsülni kívánjuk, a következő eredményre jutunk. Véletlen alapon 59 előállító helyet kell kijelölni, és ezek mindegyikénél aránylag nagy elemszámú minta vizsgálatát kell elvégezni. Az 59-es szám nem paraméteres statisztikai becslésnél az 5%-os kvantilishoz tartozó értéket 95%-os konfidencia szinten a leggyengébb értéként adja meg, tehát az így kapott legkedvezőtlenebb értékek a gyenge előállítókat már kellő megbízhatósággal jellemzik, az összevont tétel pedig országos szintű értékeket ad. Ami a minta elemszámát illeti: 120 elemű minta esetén a szórás 95%-os alsó konfidencia határa 10,5%-kal; 60 elemű minta esetében 14%-kal kedvezőtlenebb a mintából kiszámítottnál. Mindez egy reprezentatív felmérés nagyságrendjét jól illusztrálja. — Ha adatbankban rendelkezésre állnak a megfelelően felbontható adatok, úgy a szükséges statisztikai paraméterek értékei felmérés nélkül is meghatározhatók.

Az eddig kifejtettek alapján a következő eljárás ajánlható:

Ott, ahol $n=5$ elemszámú minta alapján végzik a minőség ellenőrzését:

- a szilárdság előírt minősítő (5%-os kvantilishoz tartozó) értékéből és az elméleti szórásból — melyet a reprezentatív felmérés legkedvezőtlenebb adatainak műszaki-gazdasági mérlegelése — vagy a szilárdság tervezésekor végzett nagy elemszámú minták vizsgálata alapján vettek fel — ki kell számítani az elméleti átlagszilárdságot,
- az előbbiekből az $n=5$ és $n=19$ elemszámú minta esetére meg kell adni az átlagszilárdságnak az előírt konfidencia szinthez ($1-\alpha$) tartozó alsó és felső határértékét. Ha a minta átlaga az alsó határ alá esik, el kell utasítani, ha föléje el kell fogadni,

- a két határérték közé eső eredmény esetére az előírt erejű ($1-\beta$) próbának megfelelő minta elemszámot diagramból meg kell határozni, és a tételt akkor kell elfogadni, ha a próba megnövelt minta elemszám mellett teljesíti az elfogadás feltételét,
- ha $n > 19$ minta elemszám lenne szükséges, a döntéshez át kell térni az $n=20$ esetre előírt értékelésre,
- az elutasított tételt újra szabad ellenőrizni $n=20$ elemszámú minta alapján, az erre vonatkozó szabályok szerint
- (a szórás durva ellenőrzése céljából elő lehet írni a mintában megengedett legkisebb szilárdságot)

Ott, ahol $n=20$ elemszámú minta alapján végzik a minőség ellenőrzését

- az $n=20$ és $n=60$ minta elemszámtól függően meg kell adni azokat a tényezőket, amelyekkel a minta adataiból az előírt konfidencia szinthez ($1-\alpha$) tartozó alsó, illetve felső minősítő érték (kombinált t , χ^2 próba) kiszámítható. E határértékek elérése az elutasítást, illetve elfogadást jelenti
- a két határérték közé eső eredmény esetében az előírt erejű ($1-\beta$) próbának megfelelő minta elemszámot diagramból meg kell határozni és a tételt akkor kell elfogadni, illetve elutasítani, ha a megnövelt elemszámmal végzett próba teljesíti az elfogadás, illetve elutasítás kritériumát. Ha akár az elutasítást, akár az elfogadást 60-nál több elemű minta alapján lehet eldönteni, statisztikai értékbecslés alapján kell a minősítő szilárdságot meghatározni.
- az el nem fogadott tétel jellemző szilárdságát is a statisztikai értékbecslés szabályai szerint kell meghatározni.

A következőkben az új rendszerre való áttérés szabályozási menetét a beton esetére példaként bemutatjuk. A korábbi szabályzat a B-200-as jelű betonhoz 100 kp/cm^2 határfeszültséget rendelt. A B 200 jelben a szám a beton kockaszilárdságát kp/cm^2 -ben jelenti. Mivel a kocka és prizmaszilárdság átszámítási kulcs 0,90 — az anyag biztonsági tényezője a régi szabályzatban:

$$k = \frac{0,90 \cdot 200}{100} = 1,8$$

Az új méretezési és minőségellenőrzési szabvány át akar térni a henger szilárdságra és az

5%-os kvantilishoz tartozó minősítő – (jellegzetes) szilárdságra. Feltételezzük, hogy a B 200-as jelű recept betonok esetére végzett reprezentatív felmérés azt mutatta, hogy az összevont értékelés szerint az országos tétel átlagos szilárdsága 19 Mpa (N/mm²) a szórás 59×120 elemű összevont minta esetében 3,5 Mpa, ebből az átlagos minősítő érték 14,25 Mpa.

A 60 előállító hely egyedi tételenként kezelve a következő szélső értékeket adta

átlagszilárdság	= m	= 27–17,0 Mpa
szórás	= s	= 3–4,5 Mpa
minősítő szilárdság	= R ₉₅	= 15,5–9,5 Mpa

Feltesszük, hogy az adatok részletes áttekintése alapján a szakértők úgy határoztak, hogy az előírt határfeszítéshez képest az anyag biztonsági tényezőjét 1,35-nek írják elő, ami kisebb mint az összevont minta – de nagyobb mint a legkedvezőtlenebb minták adataiból számítható érték.

Feltételezzük azt is, hogy a konfidencia szintet (1–α) 95%-nak, a próba erejét (1–β) is 95%-nak fogadták el.

Minőségellenőrzés n = 5 elemszámú mintával

Az elméleti szórás 95% konfidenciájú legkedvezőtlenebb értéke a korábban már említettek szerint 1,105·4,5 = 5 Mpa

Ebből kiindulva a minta legkisebb és legnagyobb elemszámától függően a tétel várható szilárdságának határértékei (ISO 2854–1976. A feladat) és az elfogadás illetve elutasítás feltételei a következők:

	Elutasítás ha	Elfogadás ha
	R _a	R _f
n = 5 esetén	$\bar{X} < 18,0$	$< \bar{X} < 25,4 < \bar{X}$
n = 19 esetén	$\bar{X} < 19,8$	$< \bar{X} < 23,6 < \bar{X}$
	További eljárás	

A két határérték közé eső eredmény esetében a

$$\lambda_a = \frac{R_{f, n=5} - \bar{X}}{\sigma} = \frac{25,4 - \bar{X}}{5}$$

paraméter értékétől függően az eljárás a következő.

Ha $\lambda_a < 0,36$ a minta elemszámát az erőfüggvény grafikonja (ISO 3494 A feladat) szerint kell növelni, és ennek alapján kell dönteni az elfogadásról.

Ha $0,36 < \lambda_a < 1,48$, akkor n = 20 elemű mintát kell venni és az erre az esetre előírtak szerint kell eljárni.

Minőségellenőrzés = 20 elemszámú mintával

A kvantilissal összefüggő hipotézis vizsgálatokra az ISO nem tartalmaz sem eljárást, sem adatokat. Ennek kidolgozása külön feladat. A nagyságrendek illusztrálására néhány számértéket közlünk (n=5 esetére csak azért, hogy a kis elemszám alkalmazásának értelmetlenségét bizonyítsuk).

A kvantilis ellenőrzésének eljárását a tolerancia intervallum meghatározásához (ISO 3207–1975) és a szórás hipotézis vizsgálatához (ISO 2854–1976) felhasznált adatokon keresztül mutatjuk be. Ezek az adatok önmagukban helyesek, de e kombinációban esetenként a biztonság javára tévesek.

A kvantilis:

$$R_k = \bar{X} - k_2 s$$

ahol k₂ az ISO 3207–1975 szerint értelmezett szorzó. Ennek értékei az 5% kvantilis és a 95% konfidencia szint esetében a következők (ISO 3207–1975 7. táblázat):

(n = 5 esetében	k _{2,n} = 4,21)
n = 20 esetében	k _{2,n} = 2,40
n = 60 esetében	k _{2,n} = 2,02

Ezekkel számítható az elfogadás feltétele. Az elutasítás határára nem lévén adat a nagyságrendekről a szórásnak adott értékhez való összehasonlításán keresztül (ISO 2854–1976 E feladat) kaphatunk képet (az átlagszilárdságnak változását figyelmen kívül hagyjuk). Az értékek a következők:

(n = 5	0,65 s < σ < 2,38 s	$\frac{0,65}{2,38} = 0,273$)
n = 20	0,795 s < σ < 1,37 s	$\frac{0,795}{1,37} = 0,580$
n = 60	0,87 s < σ < 1,18 s	$\frac{0,87}{1,18} = 0,738$

ebből következően az elutasítás feltételének kiszámításához – a k_{2,n} értékeknek és a fenti utolsó oszlop értékeinek szorzataként – a következő közelítő k_{3,n} értékeket kapjuk:

(n = 5 esetében	k _{3,n} 1,15	k _{2,n} /k _{3,n} 3,67)
n = 20 esetében	k _{3,n} 1,39	k _{2,n} /k _{3,n} 1,73
n = 60 esetében	k _{3,n} 1,49	k _{2,n} /k _{3,n} 1,36

A fentiekből kiindulva és maradva a szórás vizsgálatánál a tétel elfogadásának, illetve elutasításának kritériumait a fenti határértékek alapján a következőképpen lehet megfogalmazni:

Ha a $k_{2,n=20} = 20$ értékkel kiszámított szilárdság $R_{ma} > R_m$ (a szabványos minősítő érték, azaz a határfeszültség és anyag biztonsági tényezőjének szorzata), akkor a tételt el kell fogadni.

Ha a $k_{3,n=20} = 20$ értékkel kiszámított szilárdság $R_{mf} < R_m$ akkor a tételt el kell utasítani.

Ha az előbbi két feltétel nem teljesül, akkor az eljárás a következő. Kiszámítjuk az

$$\lambda_k = \frac{s \cdot k_{2,n=20}}{\bar{X} - R_m} = \frac{s \cdot 2,40}{\bar{X} - R_m}$$

paramétert.

Ha $1,00 < \lambda_k < 1,19$, akkor a tétel elfogadásáról dönteni lehet a minta elemszámának növelése mellett. Az elemszámot λ_k függvényében diagram adja meg. (lásd ISO 3494–76)

Ha $1,19 < \lambda_k < 1,36$, akkor 60 elemszámú minta alapján a tétel minősítő szilárdságát statisztikai becsléssel kell meghatározni. (Ehhez a $k_{2,n=60}$ szorzó tényező használható. Ez esetekben a tétel minősítő értéke nem lesz számottevően alacsonyabb az előírtnál.)

Ha $1,19 < \lambda_k < 1,73$, akkor a tétel elutasításáról lehet dönteni az elemszám növelése mellett. Az elemszámot λ_k függvényében diagram (lásd ISO 3494–1976) adja meg.

Az elutasított tétel minősítő szilárdságát statisztikai értékbecsléssel kell meghatározni. (Ehhez a $k_{2,n}$ szorzó tényező használható. Ilyen esetben a tétel minősítő szilárdsága számottevően alacsonyabb lesz az előírtnál.)

Az itt leírtak elsőrendű célja a normatív kvantilishoz tartozó szilárdság statisztikai számítási modelljének felvázolása volt: az ismert szórás fogalmának pontosítása, a biztonsági tényező felvételével kapcsolatos kérdések megvilágítása és a statisztikai hipotézis vizsgálat logikájának bemutatása. Nem tértünk ki a szilárdsági értékek becslésének kérdésére, de úgy véljük, hogy erre nincs is szükség, viszont a szilárdság tervezésének, a minőségellenőrzés rendjének (pl. minta nagyság növelése) problémája további figyelmet igényel.

A szilárdság tervezésekor nyilvánvaló, hogy a szórást tapasztalat alapján fel kell venni, majd az átadás-átvétel minta nagyságától ($n = 5$ ill. 20) függően a valós paramétereket fokozatos közelítéssel kell beállítani. Ehhez nagy elemszámú minták ($n \approx 120$) szükségesek. Az ilyen becslések alapján meghatározott paraméterek a későbbi ellenőrzés során ismertnek vehetők (abban az értelemben, ahogy itt ismertettük), és itt van helye a továbbiakban a kevés elemű mintákkal való ellenőrzésnek.

Ugyancsak ki kell dolgozni az egy tételre vonatkozó eltérő vizsgálatok összevonásának szabályait, mert a minta nagyságának növelése gyakran csak eltérő vizsgálat típusokkal valósítható meg. Ennek elvei ugyancsak ismertek.

Az $n = 20$ elemszámú minták esetében leírtakkal kapcsolatban is felmerül az a kérdés, ha az alsó határérték közelében csak az elutasításról lehet dönteni, és utána úgy is értékbecslés szükséges, akkor miért ez az eljárás. Egyrészt itt a rendszer ismertetésének zárt logikája miatt didaktikai szempontból volt szükséges, másrészt felvilágosítást ad arról, hogy milyen határon belül helyezkedhetnek el eredményeink, és meddig lehet remény egy tétel átadására, mégha ennek valószínűsége nem is nagy. Nyilvánvalóan a szabályzat e téren nem kell, hogy mindent közöljön, de a kérdés kezelését, a statisztikai számítás modelljét világosan kell, hogy tükrözze. Változhat az értékbecslés és a hipotézis vizsgálat mintáinak elemszáma, a megbízhatóság szintje, a próba ereje és még a próba jellege (pl. átlag-szilárdság esetén t próba) is, de a feladat kezelésének logikáját meg kell őrizni.

A teljes ismertetés minden számadata normális valószínűségi eloszlásra vonatkozik. Ez 5%-os kvantilis esetén már jó közelítés, és ehhez a statisztikai vizsgálatok nemzetközi szinten szabványosítottak.

Ismét hangsúlyozni kell, hogy a minősítő szilárdság ellenőrzéséhez szükséges táblázatok, illetve monogramok nem állnak rendelkezésre, az itt közölt adatok egy része becslés, és ezek kizárólag a statisztikai számítási modell és a műszaki feladat kapcsolatának bemutatására szolgálnak.

I R O D A L O M

- Doubravszky S-né – Garay L.*: Nem hagyományos szerkezetek teherbírásának megítélése. (kézirat)
Vincze I.: Matematikai statisztika ipari alkalmazásokkal. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975
Hajtmann B.: Bevezetés a matematikai statisztikába. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1971.
 MSZ – KGST 292 – 76 A megbízhatóság alapvető fogalm meghatározásai
 MSZ – KGST 384 – 76 (MSZ 150 20 – 71 helyett) Az építmények teherhordó szerkezeteinek erőtan tervezése – Általános előírások
 ISO 2602 – 1973 (E) Statistical Interpretation of test results – Estimation of means – Confidence interval
 ISO 2854 – 1976 (E) Statistical Interpretation of data – Techniques of estimation and tests relating to means and variances
 ISO 3207 – 1975 (E) Statistical Interpretation of data – Determination of a statistical tolerance interval
 ISO 3301 – 1975 (E) Statistical Interpretation of data – Comparison of two means in the case of paired observations
 ISO 3494 – 1976 (E) Statistical Interpretation of data – Power of tests relating to means and variances

ISO 3534-1977 (E) Statistics -- Vocabulary and symbols
 MSZ 246/1-56 Tömegcikkek matematikai statisztikai gyártásellenőrzése -- Alapelvek
 MSZ 247/1-75 Tömegcikkek matematikai -- Statisztikai minősítése -- Próbavételi tervek
 MSZ 248-57 Termékek minősítése -- Terminológia
 MSZ 256/1-73 Mérési sorozatok matematikai statisztikai feldolgozása -- A statisztikai jellemzők meghatározása
 MSZ 256/2 Megbízhatósági határok
 MSZ 256/3-74 Mérési sorozatok matematikai statisztikai feldolgozása -- Normalitás vizsgálat
 MSZ 3969-72 Valószínűségszámítási és matematikai statisztikai jelölések

MSZ 17098-74 Megbízhatósági vizsgálatok Weibull-eloszláson alapuló próbavételi tervek
 MSZ 17099 Megbízhatósági vizsgálatok exponenciális eloszláson alapuló próbavételi tervei

Гаунар, Л.: О качественном контроле прочностных характеристик материалов

Garay, Lajos: Über die Gütekontrolle der Materialfestigkeitswerte

Garay, Lajos: Quality Control of Strength Characteristics

Könyvismertetés

Dr. Palotás László:

Mézői szerkezetek anyagtana 1. ÁLTALÁNOS ANYAGISMERET.

Akadémiai Kiadó, Budapest, 1979. Arisztotelesz-i idézettel kezdi Palotás professzor háromkötetes könyvét, melynek célja, hogy a fejlődésnek megfelelően mutassa be a mérnöki szerkezetek *anyagainak* jellemző tulajdonságait.

A háromkötetes mű sajtó alatt levő *második kötete* a szerkezetek faanyagait, az építési kőanyagokat, az acél és egyéb — az építőiparban fontos — fémanyagokat, valamint a kötőanyagokat ismerteti. Az előkészítés alatt álló *harmadik kötet* a beton, a kerámia, a műanyag és a szálanyagok témakörét dolgozza fel.

Az első kötet az *általános anyagismeret* tárgykörét öleli fel.

A könyv terjedelme 664 oldal, 369 ábrával, 57 táblázattal, 165 irodalmi hivatkozással és a fontosabb szabványok és előírások jegyzékével.

Az első kötet három fejezetre tagolt.

Az I. fejezet *anyagtan alapismeretekkel* foglalkozik. Alfejezetei: az anyagtan és felépítése; a mérnöki szerkezetek általában; a mérnöki szerkezetek anyagai és azok fejlődése; az anyagelmélet kialakulása; az anyag felépítése; az anyagi test szerkezete.

E fejezet jól kiválasztott képanyagot ad a Cheops-piramis sírkamrájától, a kábelhidakon át, a Sydney-i Operaházig, melyek a mérnöki szerkezetek fejlődését és „anyagválasztékát” jól szemléltetik.

A II. fejezet a *szerkezeti anyagok tulajdonságait* tárgyalja, a következő alfejezetekben: a mérés, a mértékrendszerek, a mértékegységek; a kémiai tulajdonságok, a szerkezeti anyagok fizikai tulajdonságai, a szerkezeti anyagok szilárdsági tulajdonságai.

E fejezet foglalkozik a tulajdonságok jellemzéséhez szükséges mérések alapismereteivel, az anyag tulajdonságok mértékegységeivel, mértékrendszerével, dimenzióival, hogy a használt adatokat értékelni tudjuk. Részletesen közli a Nemzetközi Mértékrendszert (SI), fog-

lalkozik a szakembereket — gyakorlókat és kutatókat — érdeklő fizikai jellemzőkkel, a szerkezetek vizsgálatával.

A III. fejezet: *A szerkezeti anyagok szilárdsági vizsgálata és értékelése*. Alfejezetei: statikus vizsgálatok; tartós vizsgálat; fárasztó vizsgálat; a szilárdság vizsgáló berendezések; az alakváltozást mérő berendezések; a feszültség- és az alakváltozási állapot; alakváltozások mechanikai értékelése; anyagvizsgálati eredmények matematikai értékelése.

A terjedelmében is legbővebb fejezet a vizsgálati módokkal, azok végrehajtásával, a próbatestek kialakításával, a vizsgáló berendezésekkel, a vizsgálatok során végrehajtott erő-, és alakváltozási eszlelésekkel, azok mérésével, műszereivel, a kapott mérési eredmények mechanikai és valószínűségelméleti értékelésével foglalkozik. Az általános anyagismeret könyvet jól használhatja a gyakorló mérnök éppúgy, mint a tervező és a kutató. Műszaki irodalmunk gazdagodott ezzel a gondos munkával készített, szépen szerkesztett könyvvel.

dr. Székely Ádám

A világ szilikátiparából

Üvegszálérősítésű műanyagformák betonipari próbakoekák öntésére

Az építőiparban beton és hasonló típusú építőanyagok kötésének és szilárdulásának vizsgálatához készített próbatesteket eddig acél- vagy öntöttvasformákba öntöttek.

Újabban üvegszálérősítésű műanyagformák kerültek a piacra. Ezek lényegesen kisebb súlyuk ellenére rendkívül szilárdak és könnyebben kezelhetők mint a hagyományos formák. A formák szét-szedhetők, részeik csereszabatosak.

(Silikatjournal, 1979/3.)

Nem tudja utolérni az igényeket Jugoszlávia cementipara

A szerbiai cementberuházások lelassultak. A Popovac és Kosjevic melletti cementműveket 1,1 millió t/év kapacitásra bővítik. Szükséges befejezni az 1 millió t/évre tervezett Golubac-i gyár beruházását is.

(Industrial Minerals 1979. 5.)

Üzemi kísérletek a vörös iszapok hasznosítására

SMORGUNYENKO, N. SZ. – UTKOV, V. A.,

Alumínium-, Magnézium és Elektrodaipari Össz-Szövetségi Tudományos Kutató és Tervező Intézet (VAMI), Szovjetunió

A VAMI a szakosított szervezetekkel közösen részletes kutatásokat folytatott a bauxitiszapok különböző ipari termékek adalékanyagként való hasznosítási lehetőségeinek feltárására.

1. Félüzemi kísérletekkel vizsgáltuk az olyan cementgyártási technológiát, melynél egyik fő komponensként ezt az iszapot alkalmazták. Kimutatták, hogy ilyen iszap 25–30%-os adagolásával előállítható mind 500-as és 400-as adalékanyag nélküli cement, mind pedig 200-as minőségű heterogen cement.

Ezen kívül a kiszáritott bauxitiszap, amelynek Na_2O tartalma 2%, gazdaságosan alkalmazható aktív ásványi adalékanyagként a működő cementgyárakban a cementőrlésnél anélkül, hogy lényegesen (maximum 10%) csökkentené a szabványos (28 napos) szilárdságot az adalék nélküli cementekhez viszonyítva.

Félüzemi kísérletekkel azt is kimutattuk, hogy az iszap felhasználható a nyersanyag-keverék komplex $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ tartalmú adalékanyagként, racionális kémiai-ásványi összetételű portlandcementklinker előállítására.

Az eredmények alapján a cementgyárakban jelenleg alkalmazott hagyományos vastartalmú adalék, a piritpörk vörös iszappal való helyettesítése elősegíti a klinker aktivitásának 55–100 MPa-al való növekedését.

A kísérleti klinkerekből előállított cementek térfogatállandósága és kötéseje kielégíti a GOSZT követelményeit.

Bár a bauxitiszapok alkalmazása a piritprök helyett növeli a klinker alkáli tartalmát, ez nincs negatív hatással az így kapott klinkerek és cementek tulajdonságaira és minőségére.

2. A vörös iszapot az égetett agyagtégla gyártásához szükséges nyersanyagkeverékben alkalmazva csökken az agyagfelhasználás, nincs szük-

ség a technológiai tulajdonságokat (formálás, szárítás, kiégetés) javító speciális adalékanyagokra és javul a termékek szilárdsága.

Vörös iszappból és plasztikus agyagból félüzemi körülmények között olyan termékeket állítottunk elő, amelyek megfelelnek a GOSZT 530–71 és 6316–55 követelményeinek és a következő fizikai–mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek:

- közönséges téglá, 32 technológiai üreggel: testsűrűség: 1528 kg/m³, vízfelvétel: 12%, nyomószilárdság: 22,7 (átlagos), és 17,5 MPa (minimális), hajlítószilárdság: 4,0 (átlagos) és 3,7 MPa (minimális), minőség: 200, fagyállóság: 35 ciklus.
- üreges, 21 üregű téglá: testsűrűség: 1432 kg/m³, vízfelvétel: 12,6%, nyomószilárdság: 15,3 (átlagos) és 12,6 MPa (minimális), minőség: 125, fagyállóság: 25 ciklus.

A kísérleti téglá szárítókamrákban történő szárítása során a hibátlan téglák kihozatala 100%-os volt.

Egy 100 millió darab/év teljesítményű téglagyárban a vörös iszap felhasználásából származó megtakarítás várhatóan 400–500 ezer rubelt tehet ki évente.

3. A padlóburkoló lapok választékának bővítésére a kerámiagyárakban a nyersanyagokba színezőanyagokat kevernek (vasoxid -vörös, kobaltfestékek, krómoxid, stb), ami lényegesen megdrágítja a termékeket. Vizsgáltuk annak lehetőségét, hogy a nagy vastartalmú vörös iszapokat alkalmazzuk a mettlachilapok gyártásánál a vasoxid-vörös helyett és a csatornacsöveknél a mázak helyett.

Az üzemi méretekben előállított kísérleti padlólapok fizikai–mechanikai jellemzői a következők: vízfelvétel: 2,5%, testsűrűség: 2,40 kg/dm³,

teljes zsugorodás: 11,8%, a szín: meggypiros – téglavörös.

4. A vörös iszap a vaskohászatban hasznosan alkalmazható az ércpellet előállításánál. Ennek során azonban csökken a vastartalom és növekszik az iszapmennyiség, ami problematikus teszi a vörös iszap alkalmazását, ha ez nem jár együtt egyéb előnyökkel. Ilyen előnyt jelent a pellet szilárdságának növekedése.

Ismeretes, hogy a pellet szilárdság-csökkenésének egyik igen fontos oka a dikálcium-szilikát β – γ átalakulása, ami a térfogat 10%-os növekedésével jár. Akárcsak a túlégetett mészes esetben, ahol ugyanilyen térfogat növelő hatás érvényesül, a dikálcium-szilikát zárványok a hűlés során az 520–250 °C hőmérséklettartományban az anyag szétrepedezéséhez vezetnek, ami jelentős porképződést okoz. A vas és a nátrium, alumínium és nátrium szennyezésének stabilizálják a magas hőmérsékletű dikálcium-szilikátot, bár külön-külön az egyik komponens sem tekinthető a dikálcium-szilikát stabilizátorának.

A dikálcium-szilikát polimorfizmusának vizsgálata igen nagy kísérleti nehézségekkel jár, miután a szerkezeti eltérés jelentéktelen, a hőeffektusok csekélyek, és a méréseket nehezíti a próbatestek természetes szétesése a β – γ alakulás következtében. A polimorf átalakulások okozta szerkezeti változások értékelésére nagyfrekvenciás térben vizsgáltuk a dielektromos jellemzőket.

A dikálcium-szilikát a sziget-szerkezetek olivin-sorába tartozik, amelyekben az SiO_4^{-4} tetraédereket kálcium kationok kötik össze. A polimorf átalakulások mechanizmusa azzal kapcsolatos, hogy az atomok a tetraéderek elfordulásával egyidejűleg elmozdulnak. A kristályrács átalakulása alatt a részecskék bizonyos energetikai küszöböt lépnek át, ami a dielektromos tulajdonságok változásával jár együtt.

A Szovjetunióban kidolgozták egy nagyfrekvenciájú berendezés blokk-sémáját, a mérőedény konstrukcióját és ezzel felvették a dikálcium-szilikát politermáit. A polimorf átalakulás a hűlési görbén a térfogat és a vezetőképesség ugrásszerű változásaiban tükröződik.

A vörös iszap adalékkal kevert dikálcium-szilikát 1300 °C-on 50 óra alatt végzett zsugorításakor megállapították, hogy 10% vörös iszap stabilizálja a β -módosulatot, 5% nem teljes

stabilizációt eredményez (a termék repedezik, és por keletkezik), 1% adagolása pedig nem elegendő a stabilizáláshoz (a termék szétesik).

A kohászati kombinát darabosító üzemében végzett kísérleteink során a korábban alkalmazott és a kísérleti keverékek (A és B) bázicitása 1,43–1,45 volt.

A zsugorítást 10–0 mm-es szemnagyságú ércen és érc-koncentráumon végeztük. A fajlagos kokszfelhasználás és a zsugorítási sebesség a kísérletek alatt a szokásos mértékű és állandó volt. A pellet átlagos vegyi összetétele a következő volt (a V – báziskapacitás CaO/SiO_2):

	FeO	CaO	SiO ₂	C	V
A	16,25	17,08	11,52	0,15	1,48
B	15,74	16,72	11,49	0,14	1,46

A szilárdság lényeges növekedését mutatja az, hogy a retur anyag mennyisége 12,8%-ra csökkent.

Egy másik ércdarabosítónál, ahol nagy vastartalmú koncentrátumot dolgoznak fel, szintén pozitív eredményeket kaptunk.

A (B) kísérleti pellet %-os összetétele csak alig különbözött az előző napi és a következő napi normál összetételtől (A₁ és A₂):

	Fe	FeO	CaO
A ₁	52–55,6	11,2–16,9	6,7–7,5
B	54,8–56,3	11,4–16,1	6,9–8,0
A ₂	55,6–56,1	11,3–14,0	6,1–7,2
	SiO ₂		V
	6,0–6,7		1,22–1,25
	5,3–6,2		1,29–1,30
	4,9–5,7		1,21–1,3?

Ezzel együtt az agglomerátum szilárdságának növekedése eléggé jelentős volt: az 5–0 mm-es frakció a dobvizsgálat után 23–25-ről 20–21%-ra csökkent, a 12 mm-nél nagyobb frakció részaránya pedig 43–46-ról 50–52%-ra növekedett.

Az 1978. évi vizsgálatok más agglomerációs nyers keverékeken is igazolták a vörös iszapok alkalmazásának hatékonyságát.

A vörös iszapok hasznosításával kapcsolatos munkák folytatódnak. Különös figyelmet fordítunk előkészítésükre a felhasználók részére történő kiszállításához.

Egyesületi élet

Az *Építőipari Tudományos Egyesület* ankétot rendezett a párthatározat építőiparra vonatkozó tennivalók végrehajtásával kapcsolatban.

Dr. Talabér József egyesületünk ügyvezető elnöke az ÉTE felkérésére tartott előadásában a következőket mondotta:

Engedjék meg, hogy a szomszédvár, a társegyesület, a *Szilikátipari Tudományos Egyesület* köszöntését tolmácsoljam az ankét résztvevőinek, Építőipari Tudományos Egyesület elnökségének és aktívájának.

A Szilikátipari Tudományos Egyesület ez év március 19-én tartotta 11. közgyűlését. A közgyűlés megállapította, hogy új irányt kell venni az egyesületi munkában, amely új irányt a Magyar Szocialista Munkáspárt Központi Bizottságának 1977. október 20-i, 1978. október 12-i és 1978. december 6-i üléseinek határozatai szabják meg, és ez kell, hogy determinálja az egyesületi rövid-, középtávú munkát és távlati terveit, valamint a cselekvési programját.

A Szilikátipari Tudományos Egyesület ezen közgyűlése felhívta egész tagságát, hogy kiemelt feladatként tekintse és a műszaki politikában érvényesítse a párthatározat legfontosabb direktíváit. Külön kellene szólni még arról is, hogy ezeket a határozatokat motiválják a tudománypolitikai irányelvekkel kapcsolatos határozatok.

A párthatározat az építő- és építőanyagipar helyzetéről és fejlesztéséről szól. Egyesületünk az építőanyagipar területét műveli, tehát erről a területről, ebből a szempontból ipari háttér jellegű tevékenységről szeretnék a mai ankétunk röviden tájékoztatást adni. Részletekbe menni természetesen nincs mód, majd hogy nem címszavakban legyen szabad munkánkról és így jelen munkánkról és jövő feladatainkról tájékoztatást adni az ankét résztvevőinek.

Az V. ötéves tervben a népgazdaság egészére szóló kiemelt műszaki-fejlesztési feladatok voltak:

- versenyképes műszaki színvonalú és gazdaságos termékek növekvő arányú gyártása

– ez az ismert termékstruktúra kérdése;

- az anyag- és energia felhasználás hatékonyságának növelése;
- az anyagmozgatás gépesítésének meggyorsítása;
- a beruházásoknál az építéstakarékos műszaki megoldások alkalmazása.

Ágazati kiemelt feladatok voltak és ma is azok:

- a minőség kérdése általában;
- a földtani kutatások.

A Szilikátipari Tudományos Egyesület központi rendezésű ankétjain, vagy az üzemi szervezetek tevékenységében az elmúlt években ezek a kiemelt feladatok szerepeltek az első helyen, mindig szoros kapcsolatban a kutató-fejlesztő szervezetekkel, a vállalatokkal, sőt igen sok esetben a gyáregységekkel, az üzemi szervezetek szintjén keresztül, és mindig az ágazatirányítással együttműködve.

Ott volt az egyesület az új anyagok és termékek születésénél, az S 100-as cementnél, a fehérceмент minőségének a javításánál, a mészhidrát gyártás elindításánál, nagyszilárdságú azbeszt-cement termékek kikísérletezésénél, vázkerámiai termékeknél, a szigetelő poroton téglák gyártásánál, a kerámiában az ólommentes mázaknál, a dekoratív hatású mázaknál, különleges oxidkerámiai termékeknél és annyi más területen.

Az Építőipari Tudományos Egyesülettel, valamint az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesülettel közösen létrehozott Szigetelőanyag Bizottságunk nagy szolgálatot tett a korszerű szigetelőanyagok gyártási és alkalmazási technológiájának korszerűsítése terén. Kár, hogy törekvéseink, amelyek természetes módon mindhárom egyesület terén egybevágnak és összeesnek az ÉVM műszaki-fejlesztési célkitűzéseivel is, nem hozták meg a hőszigetelőanyagok azon választékát, amelyre az építőiparnak ma is, a jövőben is feltétlen szüksége lenne.

A rendkívül energiaigényes szilikátiparban sokat foglalkoztunk az energiagazdálkodás és energiata-

karékosság kérdéseivel. Az egyesület Energia- és Anyaggazdálkodási Bizottságának tevékenysége a téma mindkét főirányára kiterjedt, tehát az energia gazdaságos felhasználására a gyártás során, valamint az energia megtartására, tehát a szigetelés területén. Anyagmozgatással is sokat foglalkoztak szakosztályaink. A műszaki fejlesztés és fejlődés mai szakaszában azonban ez a kérdés ma elsősorban szervezési és tervezési kérdés. Szakosztályaink feladatuknak tekintik, hogy segítsék felmérni a szilikátipar anyagmozgatásának helyzetét, hogy ennek alapján határozott irányt vehessen a ma még több ezer dolgozót lekötő fizikai munka megtakarítása.

Az építéstakarékos megoldások előbbre vitele inkább az Építőipari Tudományos Egyesület területére esik, azonban a kérdésnek a technológiával való kapcsolata miatt a két tudományos egyesületnek jobb és mélyebb együttműködése mindenképpen eredményes lehetne.

A minőség az anyagnak, a készterméknek a jellemzője. Mint ilyen a termék minden elemére kiterjed, de magában foglalja az előállítás teljes technológiai folyamatát is. Emellett a minőség kérdését még általánosságban is kell értelmeznünk. Ide tartozik a szállítások pontossága, tehát a határidők kérdése is. Még általánosabbá, az adott szó becsülete is ide tartozik. A minőség kérdése tehát színvonalat jelent. Egyesületünk célul tűzte ki, hogy ezen a téren is segít az iparnak. És végül a nyersanyagbázis kiszélesítése is állandó témája volt az egyesület szakosztályainak, elsősorban az import nyersanyagok csökkentése területén és igen komoly eredményeket értünk el ezen a területen is.

Ezek voltak tehát egyesületi munkánk fő irányai, csatlakozva az V. ötéves terv népgazdasági célkitűzéseivel.

A VI. ötéves tervnek, amely ma még kidolgozás alatt van, a műszaki politikában érvényesítendő, a népgazdaság egészét befolyásoló kiemelt műszaki-fejlesztési irányzatai körülbelül a következők.

Az energiagazdálkodás hatékonyságának növelése. Ez a kérdés, amely az V. ötéves terv célkitűzései között is szerepelt, az első helyre került, különösen népgaz-

dasági fontossága miatt. Egyformán első helyen szerepel ez a gyártástechnológia területén, tehát a kalorikus és a villamosáram felhasználás területén, valamint a hőmegtartás és szigetelőanyagok területén.

Az anyagok kihasználása, nyersanyagkutatás, hulladékanyagok felhasználása. A nyersanyagforrások világszerte korlátozottak, a fogyasztás növekedésével a kitermelést mindinkább ki kell terjeszteni a gyengébb minőségű, a nehezebb körülmények között bányászható, vagy kitermelhető forrásokra; a másodlagos nyersanyagokra, valamint hulladékanyagokra, pl. pernye, kohósalak, és keresni kell az új, vagy helyettesíthető anyagok alkalmazását. Példát szeretnék ezzel kapcsolatban mondani. A cementek hidraulikus kiegészítő tartalma a szocialista országok közül Csehszlovákiában, NDK-ban, Szovjetunióban 20–24%, Magyarországon 13–14% csak. Népgazdasági szempontból még nagyobb fontosságot kell tulajdonítani a már környezetszennyezést is jelentő hulladékanyagok – pl. a pernye, vagy vörösiszap – feldolgozásának. Ez több egyesülettel – köztük természetesen az Építőipari Tudományos Egyesülettel – való szorosabb együttműködést is igényli.

A termékek műszaki színvonalának emelése a technológia színvonalának fejlesztése. Mint népgazdasági prioritást kell megemlíteni azt, hogy a fő feladat olyan gazdasági környezet és szabályozás megteremtése ami az eddiginél lényegesen nagyobb mértékben honorálja – vállalati és személyi vonatkozásban egyaránt – az exportképes, elsősorban tőkés export, illetve a gazdaságosan gyártható termékek részarányának növelését. Az általános értelemben vett minőségi kérdésekről, amelyekről az előbb pár szót mondtam, itt nem kívánok beszélni.

Munkaerőgazdálkodás, termelékenység kérdései. Az általános kérdésekre itt nem szeretnék kitérni. Szoros kapcsolatban van a technológia és a munkaerő szakmai színvonal között, amely lehet új technika átvételének egyik korlátja, de a korszerű technológia együttal a munkaerőállomány színvonalemelkedésének egyik fontos

mozgatója is. Az egyesület igen fontos feladata a szakemberek tudási szintjének emelése, többek között a korszerű technológia gyors elsajátításának érdekében.

Az anyagmozgatás gépesítése. A termelési folyamatok hatékonyságát, a korszerű alaptéchnológiákon túlmenően a mozgatói munka színvonal is meghatározza, vagy határozza meg. Ezért a VI. ötéves tervben is a műszaki-fejlesztés fő iránya marad az anyagmozgatás gépesítésének meggyorsítása.

Automatizálás. Sok eredményt, szép eredményt értünk el ezen a téren, néha egy kicsit öncélúan is. Az automatizálást a termék minősége, az energiafogyasztás csökkentése, a fajlagos élőmunka-ráfordítás csökkentése és az egészségre ártalmas munka kiváltásának szolgálatába kell elsősorban állítani.

Gazdaságos beruházási tevékenység. Igen előkelő helyre került ez a következő időszakban. A népgazdaságnak erről az egyik legfontosabb kérdéséről ezen a helyen keveset szeretnék beszélni, csupán pár tómondatot. Legfontosabb feladataink ezen a téren;

1. A komplex nézőpont érvényesítése a beruházási politikában a népgazdasági érdekeknek feltétlenül első helyre emelését követeli ez meg.

2. Gazdaságosan működő ipar-telepeket és létesítményeket kell létrehozunk.

3. Maximális mértékben kell takarékoskodni a beruházási eszközökkel, elsősorban a kemény valutával.

4. Gyorsabban kell építenünk és mindent el kell követnünk, hogy a beruházások a beruházási célban megjelölt feladatokat minél előbb elérjék.

A környezetvédelem szerteágazó feladatai jelentkeznek, mint kiemelt feladatként technológiai téren épp úgy, mint a munkaegészségügyi ártalmak kiküszöbölése területén.

A népgazdaság ezen alapvető fejlesztési elveihez csatlakozott a Szilikátipari Tudományos Egyesület említett közgyűlése, az alábbi határozatokkal:

1. Az energiagazdálkodás hatékonyságának növelése a szélesebb értelemben vett energiaracionalizálás területén és a szilikátipar valamennyi ágában.

2. Az anyagok hatékony kihasználására kell törekedni, még több energiát kell fordítani hazai nyersanyagok kutatására és felhasználására, együttműködve a MTESZ keretében tartozó többi tudományos egyesülettel.

3. A technológia színvonal a termelés egészének színvonalát befolyásolja. Ésszerű szervezés mellett a fejlett technológia a termékek korszerűségének, minőségének, a termelékenységek növelésének a legfontosabb forrása. Legyen egyesületi munkánk egyik fő iránya a technológia fejlesztése.

4. Az előbbiből következik a termelékenység növelésének kötelező feladata abból is kiindulva, hogy a szilikátipar fajlagos munkaerő-felhasználása, még az új üzemekben is, messze elmarad a világszínvonalától. Az élőmunkával való gazdálkodás legyen az egyesület alapvető kötelezettsége.

5. Tekintsék kiemelt feladatnak az egyesület szakosztályai az anyagmozgatás gépesítésének meggyorsítását és jelentős létszám-felzabaldítást más területre.

6. Ne álljunk meg az automatizálás területén. Korunk műszaki fejlődésének egyik legszebb eredményét adottságainknak megfelelően alkalmazzuk és fejlesszük. Segítsük ehhez felkészíteni szakembereink széles hálózatát.

7. Változatlan feladatunk az építőanyagipar területén folyó beruházási tevékenység segítése, hogy a beruházások a beruházási programban előírt határidőre, az előírt költségszinten készüljenek, és hogy a legrövidebb időn belül elérjék a tervezett mutatókat.

8. Vegye ki részét az egyesület tagsága a környezetvédelem számtalan feladatát magába foglaló tennivalóiból, és végül

9. Támogassa az egyesület a szilikátipari vállalatoknak a termék-szerkezet átalakítására irányuló munkáját és segítse elő a tőkés exportot.

Egyesületünk tevékenysége a közgyűlési határozat alapján teljesen összevág a népgazdaság alapvető célkitűzéseinek szolgálatával és a párthatározatok megvalósításával.

A Szilikátipari Tudományos Egyesület és tagjai részéről azt kívánom, hogy találkozzék a két egyesület ezen célok szolgálatában.



Budapest kommunális épületeinek kivitelezője
a 23. sz. Állami Építőipari Vállalat
Budapest V., Rosenberg hp. u. 16.

Bentonit kötésű ásványgyapot keménylemezből készíti és szereli
a TAVANIT márkanevű álmennyezeti rendszert.

A kiváló hő és hangszigetelő bentonit kötésű ásványgyapot keménylemezből esztétikus,
könnyen, gyorsan szerelhető tűzgátló álmennyezetet készít a 23. sz. ÁÉV. üzeme.

A TAVANIT álmennyezeti rendszer tűzgátló képessége 2,5 óra

A könnyűszerkezetes és acélvázaz épületek tűzvédelme rendkívül fontos a személyl biztonság és a vagyonvédelem szempontjából. A TAVANIT álmennyezeti rendszer acél és vasbeton szerkezetű födémekek maximális biztonságú épületben korlátozás nélkül felhasználható.

A TAVANIT álmennyezeti rendszer célszerűen felhasználható iskolákban, ipari létesítményekben, kereskedelmi és szolgáltató épületekben, kulturházakban stb.

Információ:

Gyártó üzem 471-320

Műszaki F. O. 115-000/422

Termeléselőkészítési O. Ledinszky Ferenc 115-000/449

Referenciák:

Pataki István téri Művelődési Ház, Nagyatádi Kórház, BNV K pavilon,
VITUKI Székház, Tatabányai Szénbányászati Tröszt Kulturháza,
Csepel Művek Apc, Győri Nyomda stb.



A szerkesztésért felel:

Dr. Székely Ádám

Szerkesztőség:

Budapest, VI., Anker köz 1-3. 1368

Telefon: 226-497

Felelős kiadó:

Siklósi Norbert

Kiadja:

Lapkiadó Vállalat, Budapest, VII., Lenin krt. 9-11. 1073

Telefon: 221-285. Levélcím: Pf. 223. 1906

79/243 Franklin Nyomda, Budapest

Felelős vezető: Vágó Sándorné igazgató

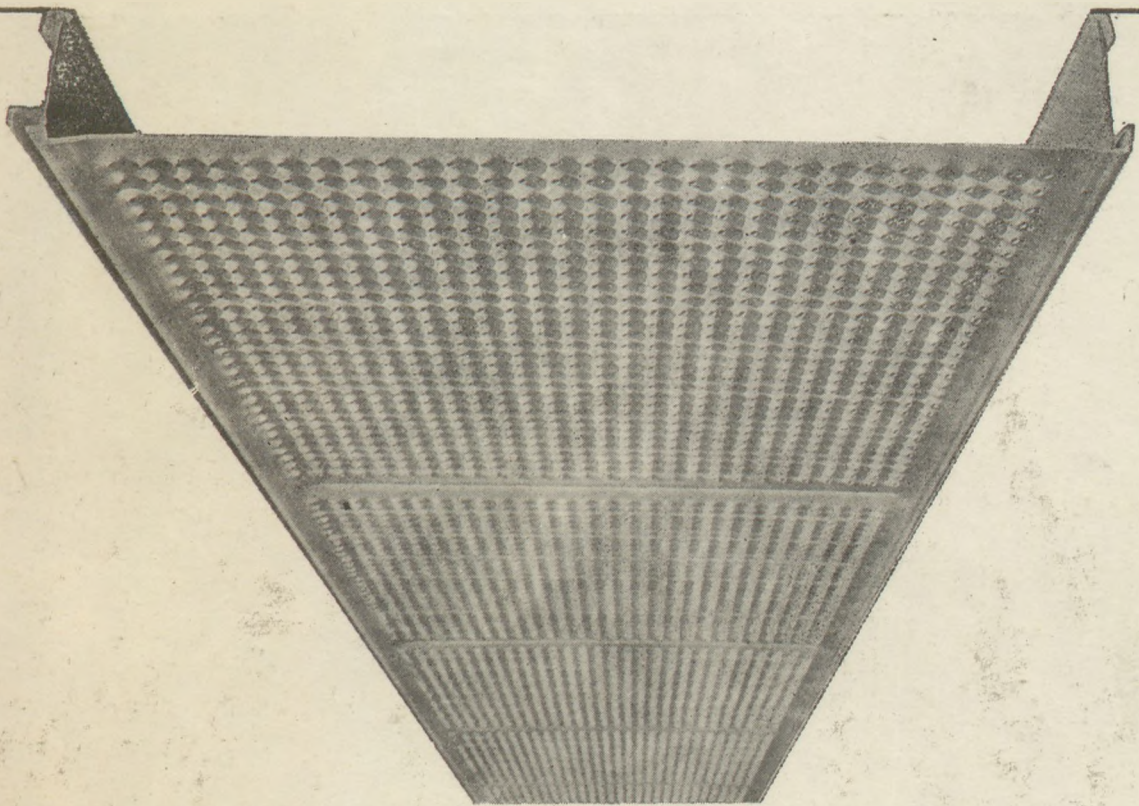
Megjelenik havonként

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlap Irodánál (KHI. Budapest, V., József nádor tér 1. 1900) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215-96 162 pénzforgalmi jelzőszámára. A folyóirat külföldre előfizethető: „Kultúra” P. O. B. 14. Budapest, 62. Előfizetési díj: negyedévre 45,- Ft; félévre 90,- Ft; egyes példányok ára: 15,- Ft.

INDEX: 25250

HU ISSN 0013-970 X

MAGYAR
KÖZMŰVELŐDÉSI
KÖNYVTÁR



ÁLMENNYEZET

Alkalmazható:

- födém tartók, épületgépészeti vezetékek eltakarására
- a helyiségek belmagasságának csökkentésére, akusztikai és hőkondicionálásra
- térelválasztásra
- falburkolásra

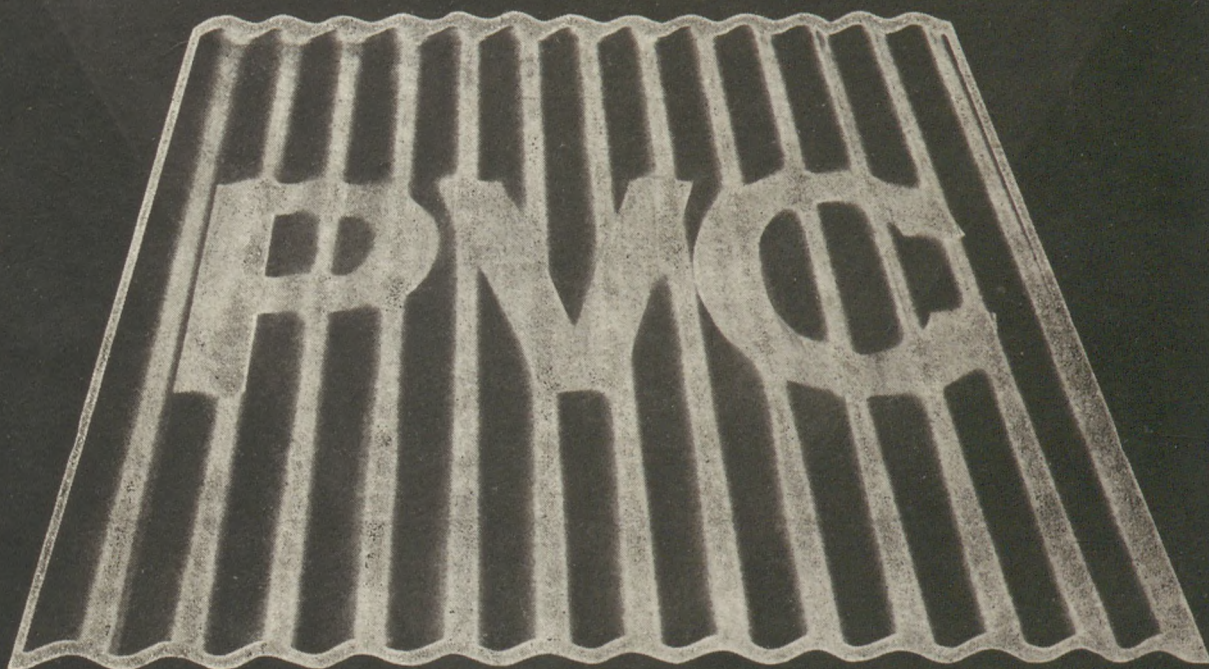
Tulajdonságai:

- alaktartó
- felületkezelést nem igényel
- könnyű
- önkioltó
- nedvességnek, mikroorganizmusoknak ellenáll
- szerelése egyszerű

Gyártja:

BORSODI VEGYI KOMBINÁT

Megrendelhető:
BYK Értékesítési Osztály
3702 Kazincbarcika
Tel.: 06-48-11-211



TETŐFEDŐ HULLÁMLEMEZ

Tetszetős, ütésálló, korrozióálló, hajlítható, négyzetmétersúlya kicsi, hővezetése csekély, gyorsan és könnyen szerelhető, fényáteresztő kivitelben is készül. A II., III., IV., V. tűzállósági fokozatú építmények tetőfedésére alkalmas.

- családi házak, hétvégi házak, garázsok,
- növényházak, állattartási épületek,
- ipari csarnokok, raktárak gazdaságos tetőfedő anyaga.

Gyártja:

BORSODI VEGYI KOMBINÁT

Forgalmazzák:

TÜZÉP TELEPEK. VASÉRT

Nagy tételben megrendelhető:

BORSODI VEGYI KOMBINÁT

3702 Kazincbarcika

Tel.: 06-48-11-211

BORSODI VEGYI KOMBINÁT Kazincbarcika

