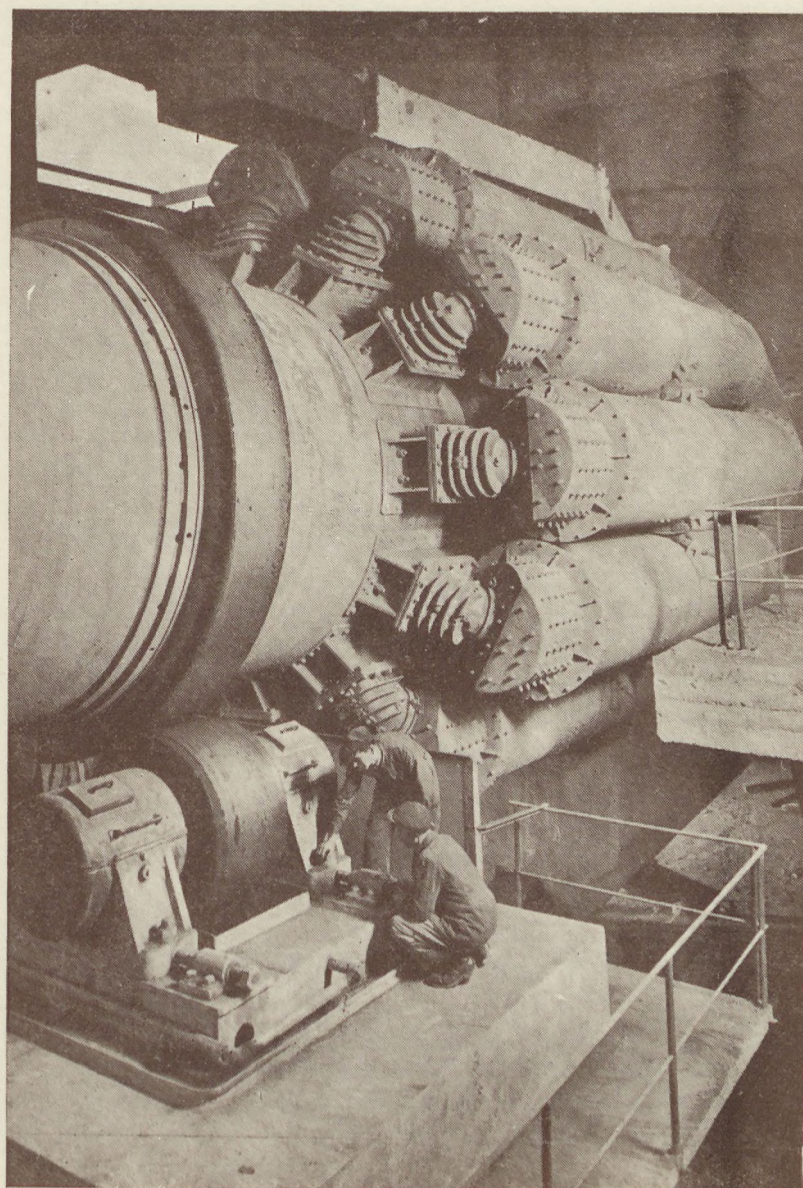


ÉPÍTŐANYAG

CEMENT, MÉSZ
TÉGLA, KERÁMIA
ÜVEG ÉS KŐIPAR



6. SZÁM

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

★

Felelős szerkesztő:

Egyed Zoltán

★

Főszerkesztő:

Dr. Korányi György

★

Szerkesztőségi titkár:

Hinsenkamp Alfréd

★

Szerkesztőbizottság:

Bereczky Endre

Beke Béla

Erdély Imre

Grofcsik János

Király György

Király Jenő

dr. Knapp Oszkár

dr. Lehmann Edit

Mayer Károly

Szentmártony Gusztáv

★

Szerkesztőség:

Budapest, V., Honvéd u. 22.

II. lépcső I. emelet 4.

Telefon: 124-438

★

Kiadja:

Műszaki Könyvkiadó,

Budapest, V.,

Bajcsy-Zsilinszky út 22.

Telefon: 113-450

★

Felelős kiadó:

Solt Sándor

AZ ÉPÍTŐANYAGIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

TARTALOM

	Old.
Dr. H. Heinrich Franck: Az üvegtechnológia problémái	197
Talabér József: Az alumínátcementek és azok kötésénél és szilárdulásánál lejátszódó fiziko-kémiai folyamatok	202
Peredarij I. A.: Nagyszilárdságú gipsz „GP“	213
Rejtő György: A minőségvizsgálat statisztikai módszerei	216
Mattyasovszky Zsolnay László: Infravörös szárítás a kerámiaiparban	223
Takács Péter Pál: Az infravörös hőközlésről	224
Vasadi Ferenc: Szárazörülő golyósmalmok szellőzése	233
A Silikattechnik 1956. 5., májusi számának tartalmából	240
A Sztoitjelnü Matyerialü 1956. évi 2. számának tartalmából	240
A Sztoitjelnü Matyerialü 1956. évi 3. számának tartalmából	B 3

СОДЕРЖАНИЕ

	сторона
Франк Генрих: Проблемы технологии стекла	197
Йозеф Талабер: Алуминатные цементы и физико-химические процессы при их схватывании и твердении	202
И. А. Передарий: Высокопрочный гипс ГП	213
Дьердь Рейте: Статистические методы испытания качества	216
Ласло Маттяшовский: Сушка инфракрасными лучем в керамической промышленности	223
Петер П. Такч: Об отдаче тепла, получаемого невидимой частью спектра	224
Ференци Вашады: Вентиляция шаровых медниц сухого помола	233
Из содержания журнала „Силикаттехник“ № 5, 1956 г.	240
Из содержания журнала „Строительные материалы“ № 2, 1956 г.	240
Из содержания журнала „Строительные материалы“ № 3, 1956 г.	сб/3

INHALT

	Seite
Dr. H. Franck Heinrich: Die Probleme der Glasstechnologie	197
József Talabér: Die Aluminatzemente und die physikalisch-chemischen Vorgänge bei Abbinden und Erhärtung	202
I. A. Peredarij: „GP“, der Hochfestgips	213
György Rejtő: Die statistischen Methode der Qualitätsprüfung	216
László Mattyasovszky Zsolnay: Infrarottrocknung in der Keramik-industrie	223
Péter Pál Takács: Von der Infrarot-Wärmeübertragung	224
Ferenc Vasadi: Entlüftung von Trockenkugelmöhlen	233
Aus dem Inhalt der Zeitschrift „Silikattechnik“ Nr. 5. Mai 1956.	240
Aus dem Inhalt der Zeitschrift „Stroitelnye Materialü“ Nr. 2. 1956.	240
Aus dem Inhalt der Zeitschrift „Stroitelnye Materialü“ Nr. 3. 1956.	B 3

Címképünk: Köemelőberendezés mészüzemben

ÉPÍTŐANYAG

8. ÉVFOLYAM 6. SZÁM

Az üvegtechnológia problémái

Prof. Dr. H. HEINRICH FRANCK (Berlin)*

1.

Az üveg előállítása öblösüveg (edényüveg), ablaküveg (siküveg), üvegszál vagy üvegtégla formájában kvarchomokból, alkáli- vagy földalkál karbonátokból valamely analitikailag pontosan ismert és mechanikailag gondosan összekevert keverék megolvasztásával megy végbe mintegy 1500—1550 °C hőmérsékleten (mikor is különleges célokra még egyéb bázikus vagy savanyú adalékokat alkalmazhatnak). Az olvasztást kisebb (fazekas) vagy nagyobb (kád) kemencékben hajtják végre, melyek tűzálló anyagokból állnak és melyeket generátorgázzal fűtenek. Ennek az eljárásnak bizonyos fémkohászati eljárásokkal való hasonlatossága vezetett az „üveghuta” kifejezés elterjedésére. Az üvegolvadék előállítása magában foglalja továbbá az olvadék homogenizálását és tisztulását is. A kidolgozási hőmérsékletre való lehűtés után következik az üvegnek különböző használati tárgyakká való alakítása.

Az üvegeképződésnek három szakasza különböztethető meg:

1. A tulajdonképpeni olvasztási folyamat, azaz a keveréknek a karbonátok bomlási hőmérsékletéig való felhevítése, illetőleg a szilikátok képződési reakciója 800 °C felett mintegy 1450 °C-ig.

2. A tisztulási folyamat, mely a teljes homogenizálásra és a bomlási reakciókból származó, még az olvadékban maradt gázbuborékok kihajtására szolgál, a tiszta, egységes üvegolvadék eléréséig.

3. A pihentetés periódusa, csökkenő hőmérsékletnél (mintegy 1200 °C) és növekvő viszkozitásnál a formázáshoz szükséges viszkózus állapot eléréséig.

A további megfontolásokban két alapgondolat felvetésére, majd megvilágítására kerül sor. Az üvegolvadék előállítása technológiai reakció-típus szempontjából olyan kémiai-fizikai eljárás, melynél alkáli (földalkáli) — SiO_2 rendszerben magas hőmérséklet hatására gázfázis szabadul fel, továbbá a keletkezett olvadék valamely aggregációs vagy transzformációs folyamaton megy ke-

resztül, mely a tulajdonképpeni üvegszerkezethez vezet és mely a kialakított üvegtermékben megszilárdulás folytán rögződik.

A fejlődés folyamán ennek az olvadékból való üvegeképződési folyamatnak kialakítására olyan gyártási eljárás bontakozott ki, mely a fatüzelésű fazekaskemencéktől a gáztüzelésű kádkemencékhez vezetett és (kádkemencében olvasztott táblaüvegnél) az alábbi ismérvekkel jellemezhető:

A kemence 3—8 m széles, 50 m-ig terjedő hosszúságú és 300—400 m² felszínű, a három munkafolyamat számára közös, magas tűzállóságú kövekből felépített olvasztótérrel rendelkezik. Az üvegszint magassága 60 cm és 150 cm közötti, rendszerint azonban 100 cm alatt, folyékony olvadéktartalma 1250 t-ig terjed, melyet tehát állandóan 1500 °C és 1000 °C közötti hőmérsékleten kell tartani. Ismeretes, hogy az üveg fajhője a hőmérséklet emelkedésével növekszik, ha tehát közepes hőmérsékletként 1250 °C-t és közepes fajhőként 0,29-t veszünk figyelembe, 20 °C-ról való felfűtés alkalmával

$$1250 \times 0,29 \times 1250 = \text{kb. } 450\,000\,000 \text{ kkal}$$

hőmennyiséget fektettünk be. Feltételezve, hogy a kidolgozókádon át naponta a kemence tartalmának 10%-át emelik ki, ez annyit jelent, hogy az olvadék hőmérsékletének fenntartása céljából naponta mintegy 45 000 000 kkal-t szükséges beadagolni, eltekintve a falak sugárzása, a lehúzó és a bomlásból valamint a tüzelőanyag elégéséből származó füstgázok által elvitt melegmennyiségek pótlásától.

C. Kröger kiszámította egy sor üvegre vonatkozólag az üvegolvasztáshoz elméletileg szükséges hőmennyiséget (1), figyelembevéve a keverékreakciók hőszínezeteit, az üveg felhevítését és a fejlődött széndioxid hőtartalmát. 100 kg üvegre vonatkozólag az alábbi értékeket nyerte:

	Teljes hasznos hőmennyiség kkal	Tisztán üveg-felhevítési hőszükséglet kkal
Háztartási öblösüveg	62 400	44 530
Fourcault táblaüveg	70 051	43 600
Laboratóriumi üveg	53 650	38 330
Ólomkristályüveg ...	53 800	40 300

* Az Építőanyagipari Kutatók III. Konferenciáján elhangzott előadás.

Kitűnik, hogy bármely üveg felhevítési hőszükséglete a teljes számított hőszükségletnek mintegy 60—70%-át teszi ki. A gyakorlatilag megadott valóságos hőszükségleti értékek azonban lényegesen magasabbak, mint a *Kröger* által megadottak. Újabb adatok szerint (2) 2000 és 4000 kkal/kg-nak adódnak, tehát a *Kröger* által számított értékek tízszereséig terjednek.

Jelen megfontolásaink szempontjából lényegtelen az, hogy a *Kröger* által behelyettesített értékeket az alapjukat képező reakciók közelebbi tanulmányozása segítségével pontosabban lehet-e meghatározni; nagyságrendileg azok lényegesen nem változhatnak meg, így a technológusnak azt kell megállapítania, hogy az üvegyártás olyan eljárásával áll szemben, amely a hőgazdálkodás és hőkihasználás korszerű igényeit semmilyen szempontból nem elégíti ki.

Nyilvánvaló természetesen, hogy a hőátvitel módja valamely üvegolvasztó kemence kalórikus kihasználását lényegileg meghatározza. A hő hatását elsősorban sugárzás révén fejt ki, különösen a boltozat sugárzása és a lángnak az olvadék felszínére gyakorolt hatása által, tehát konvekcióval is; a hő továbbvezetése az olvadékban pedig sugárzással, vezetéssel és áramlással megy végbe. A teljes hőátviteli számot 150—250 kkal/m²/fok-ra lehet becsülni. A hővezetőképesség az olvadékban lényegesen alacsonyabb, nagymértékben függ az olvadék színétől és egyéb tulajdonságaitól és általában csak 2 kkal/m/°C-ra tehető. Valamely kemencébe óránként bevezetett hőmennyiséget 30 000—80 000 kkal/m²-nek szokás megadni. Nyilvánvaló továbbá, hogy a fűtőgázok, melyeket a regeneratív módszer segítségével visznek be a kemencébe, kalóriatartalmukat csak viszonylag magas olvadékhőmérsékletig (1500—1300 °C) képesek leadni, ily módon a tulajdonképpeni olvasztási munkára csak mintegy 250—400 °C-nak megfelelő kalóriamennyiség áll rendelkezésre.

Mindehhez hozzájárul, hogy az az ezidőszert legelterjedtebben alkalmazott eljárás, melynél az olvasztásra kerülő keveréket „keverékhalom” formájában adagolják, hőtechnikai szempontból jéghegyeknek az óceánban való felolvadásához hasonlítható. Világos, hogy a keverékhalom belsejében a hőmérséklet még sokáig marad a környező tér hőmérséklete alatt, tehát biztosan 1000 °C-al alacsonyabban, mint a halom felszínén, ahol vi-

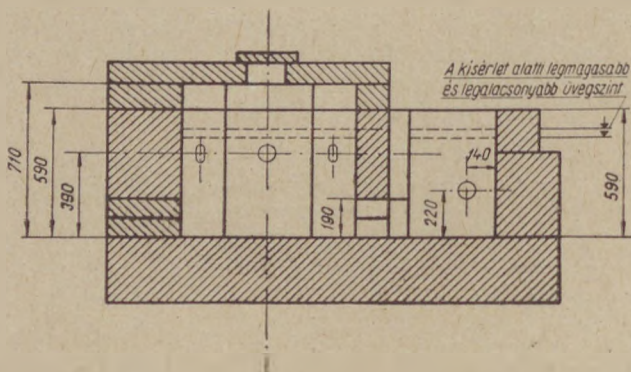
szont a rácsapó láng vékony felületi rétegben gyorsan olvadékrendszereket létesít, melyek a keverékhalom belsejét elsősorban a disszociációból származó gázok eltávozását megakadályozva elzárják. A keverékhalom belsejébe sem konvekcióval, sem sugárzással elegendő hőmennyiség nem képes behatolni. A keverékhalomnak az olvadékfelszín alatt elhelyezkedő részeiben is akadályokba ütközik a gázcsera és a gázok eltávozása helyi olvadási jelenségek következtében eltekintve attól, hogy kedvezőtlen a hőcsere a keverékhalom belseje és az olvadék között is. Az üvegtudomány intézetben általam közfallyal ellátott téglyolvasztással végzett kísérletek szerint, azonos hőmérsékleten izolált keverékrészeeskék tisztára olvasztása 12-szeres olvasztási sebességgel ment végbe, mint közönséges keveréké.

Közelfekvőnek látszik ezért második alapgondolatként olyan kemenceszerkezet vagy hőátvivő szerkezet kialakítása, amely nagy hőmennyiségeknek magas hőmérsékleteken a viszonylag finoman elosztott keverékhalomokra vagy vékony rétegre való behatását teszi lehetővé. Ilyen berendezésként megfelel az ellenállásfűtésű elektromos kemence. Az alábbiakban vázolt kísérleteket 13—14 évvel ezelőtt végeztem el a DETAG weideni üzemében levő kísérleti kemencén.

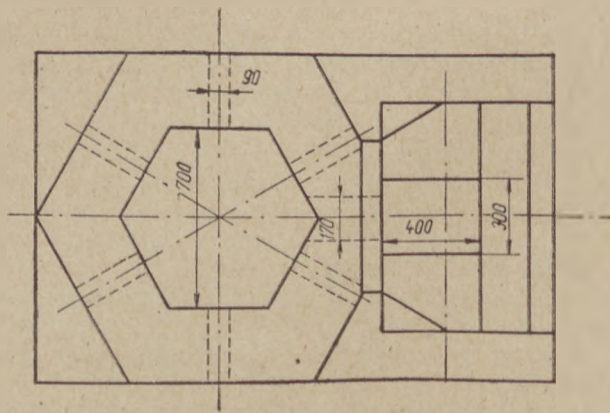
Belépésem alkalmával Weidenben az elektrotechnikai osztály a kemencére, elektródabevezetésre, amperterhelésekre és feszültségre vonatkozó kiviteli terveket elkészítette. Annak ismeretes volt már a Svédországban kifejlesztett Cornelius kemence, valamint egy egyfázisú, kétoldali elektródabevezetésű kádkemence, melynek hátrányos működését valószínűleg a fellépő egyenetlen fázisterhelés okozhatta. A Svájcban épített „Romont” kemence ugyancsak kádkemence.

Ezzel szemben Weidenben „aknás” kemence épült, melynél az adagolás fölülről történt, az elektromos fűtőzónában elhelyezett üveg pedig alul távozott. Az eredetileg vaselektrodákkal végzett kísérletek hiányossága az volt, hogy a vas oldódása elszínezte az üveget és a hőtartás sem volt kielégítő.

A következőkben ismertetem a végleges kísérleteknél alkalmazott kemencét (1. és 2. ábra).



1. ábra. Elektromos olvasztókemence (metszet)



2. ábra. Elektromos olvasztókemence (felülnézet)

I. Konstrukció

a) Olvasztótér

Az olvasztótér hatoldalú hasáb volt. A hasáb magassága 71 cm, a hatszögbe beírt kör átmérője pedig 70 cm volt. A felső falazat Nil-kövekből, az alsó 19 cm pedig suberlemezekből készült. Lefedésre samothhabarccsal szigetelt lapos kövek szolgáltak.

b) Elektrodaelrendezés

Az első kísérleteknél hat olvasztó elektródát alkalmaztunk a kövek középtengelyén átdugva, merőlegesen, azonos magasságban. A 90 mm vastag elektródák tengelye így módon a Nilkövek felső pereme alatt 20 cm-el helyezkedett el. A kiömlőnyílásnál és a kidolgozókádfenekén egy-egy segédelektrodát terveztünk, amelyeket csak teleolvasztás esetén kapcsoltunk be. A csatlakozó kidolgozókádban két segédelektrodát irányoztunk elő, melyeknek használatára ugyancsak a teleolvasztásnál került csak sor, mert a tulajdonképpeni üzem tartama alatt a kidolgozókádf magától is elég meleg maradt.

Üzem alatt kísérletképpen egy alkalommal felülről három elektródát vezettünk be az olvasztókádba, ennek ellensúlyozásaképpen három horizontális elektródát kikapcsoltunk, illetve kissé kihúztunk. Az elektródák az üvegszint feletti rétegben viszonylag erős elégetést mutattak, ezért ezeket 6 óra után eltávolítottuk.

c) Kidolgozás

Az üvegszintnek a kidolgozásnál való kellő ellenőrizhetősége céljából az olvasztótérrel a kidolgozókáddal átfolyó kötötte össze. Mivel a szabad felszín túlságosan nagy volt és ez lehűlést idézett elő, a kidolgozókádf fedelén ellenálláshuzalokból készült külön fűtést alkalmaztunk.

II. Áramforrás

Áramforrásként két lépcsős transzformátort alkalmaztunk. A szekunder tekercselés hét, illetőleg nyolc, egyenként 20 V-os tekercs-csoportra oszlott, melyek sorban vagy párhuzamosan kapcsolhatók voltak. A felvett árammennyiséget primer oldalon mértük. A transzformátorról az elektródákhoz való vezetésre alumíniumkábelek és rézrudak szolgáltak. Az elektródák befogásai kétrészes, pontosan megmunkált kovácsoltvas héjjazatokból készültek. Az érintkező felületek fajlagos terhelése 3 Amp/cm² volt.

III. Elektrodák

A grafitelektrodákat a Conradty cég szállította. Ezek 700 mm hosszú és 90 mm átmérőjű sima rudak voltak. A kísérleteknél az elektródák terhelése 6–7 Amp/cm² volt.

A kemence üzemének leírása

I. Teleolvasztás

A kemence teleolvasztására irányuló első kísérlet nem sikerült, mert az üveg az átfolyóban olyan nagymértékben lehűlt, hogy a kidolgozókádba nem volt képes átfolyani. A kemencében

levő üveget eltávolítva és két segédelektrodát elhelyezve a második teleolvasztási kísérlet sikerrel járt. A kidolgozókádban levő elektródák ellepéséig a kemence teleolvasztása a fűtőcsillag segítségével történt meg, ezt eltávolítva a hiányzó 150 kg-ot közvetlenül a kidolgozókádba adagoltuk. Ekkor az olvasztókádba 4 fűtőtekercs került a felszín melegen tartása céljából.

II. Átmenet teleolvasztásról közvetlen ellenállásfűtéssel való olvasztásra

Miután 660 kg cserép berakása után az elektródanyílások 5 cm-re ellepődtek, az elektródákat betoltuk és az áramot rákapcsoltuk. A bemelegítés első ízben 5 cm volt. Az átmeneti körülmények megteremtése céljából az elektródák először rövid ideig magasabb feszültséget kaptak, ez ezután 60 V-ra, majd 2 órai járatás után 40 V-ra csökkenthető volt.

III. Olvasztás

1. és 2. Olvasztó és tisztulótér

Egyike a legfontosabb megfigyeléseknek az, hogy minden egyéb olvasztási rendszerrel ellentétben az olvasztó és tisztulótér sem helyileg sem időben nem választható el.

A keverékhalom alatt felhalmozódó Joule-féle hő megolvastja a keveréket és az olvadt üveget nagymértékben buborékmentes állapotban néhány centiméteres zónán való áthaladás után engedi tovább. Megállapítható volt, hogy az olvasztási és tisztulási zóna 6 cm-nél kisebb magasságú teret vett igénybe.

Jelentős különbség mutatkozott az olvasztásnál a szulfátnak ekvivalens mennyiségű szódával való helyettesítése alkalmával.

Tiszta szódakeverék és SO₃-ban szegény cserép első berakása után 14 órával a színnek kékből zöldbe való átcsapása mutatkozott. Ugyanebben az időben a felvett elektromos teljesítmény olyan meredeken kezdett emelkedni, hogy a 10 kg cserép és 18 kg keverék berakást 14 kg cserép és 26 kg keverékberakásra kellett megnövelni.

A magasabb olvasztási teljesítmény nyilván azon alapszik, hogy az olvasztási zóna a keverékhalom által sugárzás ellen jobban védett és hogy a szódauveg kevésbé habzó reakciózónát alakít ki, az elektródák a jobb beburkolódás következtében pedig több áramot szolgáltatnak az üvegnek.

3. Pihentető zóna

A leírt kemencénél céltudatosan lemondottunk nagyobb méretű pihentető zóna kialakításáról, mert a kísérletek főfeladata az eddig mindenkor fellépő barna elszíneződés elkerülésének és az olvasztási körülményeknek tanulmányozása volt. Az átfolyó felső peremének a reakciózónától való távolsága mindössze 20 cm-t tett ki. Az üveg ennek ellenére kielégítő homogenitást ért el.

Az olvasztó és kidolgozókádf között végbe menő áramlások felderítése céljából egyik berakáshoz 19 g kóbaltoxidot adagoltunk. A kék elszíneződés a kidolgozásnál már másfél óra múlva észlel-

hető volt. Ez a megfigyelés arra enged következtetni, hogy a két kemencerész között élénk csereáramlások következnek be. A leeresztett kemence vizsgálata azonban azt mutatta, hogy az átfolyónyílást tartalmazó lemezen 10 cm magas és 1 cm széles repedés keletkezett, mely az üreget az olvasztótér magasabb szintjeiből is átengedhette a kidolgozótérbe.

4. Elszíneződés

Valamennyi elvégzett kísérlet hiányosságát jelentette az előbb vagy később megmutatkozó barna elszíneződés az üvegnél. Amíg a kísérletek vaselektrodák segítségével történtek, az elszíneződés az üvegnek vasoxidban való feldúsulásával kielégítően magyarázható volt. Grafitелеktrodák alkalmazásánál a barna színeződés okául analitikailag kimutatható szulfidképződés jelölhető meg. A túlredukálás meggátlása céljából ezért megfelelő SO_3 készlet segítségével az olvadékban oxigénnyomást kell fenntartani. Ebből a célból normális Fourcault keveréket antracitadalék nélkül olvasztottunk és megfelelő olvasztási sebesség fenntartása esetén az üveg elszíneződése nem következett be.

Annak biztonságos eldöntésére, hogy a barna elszíneződés egyedül szulfátadalóvalással elkerülhető-e, elvégeztük az előzőekben már leírt szódaolvasztási kísérletet. Az első zöldes színárnyalat 14 óra után lépett fel, a 38 óráig tartó kísérlet végéig az üveg sárga — barnászöld színűvé vált. Üvegtörmeléken pontosan megállapítható volt, hogy ez alkalommal nem a háromértékű vas által okozott tiszta zöld elszíneződésről van szó, hanem a kék FeO üveget barna szulfidhuzalok szennyeznek és a komplementer zöld szín ily módon keletkezik.

Szulfátkeverékre való visszatérés alkalmával először egy órán át 1 : 5 arányú szulfát — szóda keveréket, majd 2 órán át 2 : 3 arányú ugyanilyen keveréket adagoltunk. Három óra után a kékes színárnyalatba való visszacsapás határozottan megfigyelhető volt és 7 óra múlva minden sárga szín eltűnt, habár ebben a 7 órában mindössze 180 kg üveget emeltünk ki a kemencéből. A szulfát hozzáadása eszerint a szulfid reoxidációját idézte elő.

5. Keverék

A berakott keverék az alábbi összetételű volt:

	Szulfát keverék	Szóda keverék
Homok	208 kg	208 kg
Mész	31 kg	31 kg
Dolomit	31 kg	31 kg
Szóda	69 kg	75 kg
Szulfát	8 kg	—
Antracit	—	—

6. Feszültség és áramerősség

Az olvasztás megkezdésének kivételével 40 V. feszültséggel működött a kemence. Az áramerősség elektródánként 350—450 Amp. között változott.

7. Szabályozás

Igen jól bevált az üvegszint változtatásával történő szabályozás. Az üvegszint csökkentésénél a hideg keverék mélyebben hatol be az elektródák közé és ezáltal az áramfelvétel csökken. Az üvegszint növelésével az ellenkező helyzet áll elő. Ennél a kísérletnél a berakás változtatásával mód nyílt a finomszabályozásra is.

8. A kemence teljesítménye

A kemence 21 napig volt üzemben és ez időtartam alatt 10,5 t üveget termelt.

Az átlagos felvétel 50—55 kW-ot tett ki. A teljesítmény további fokozására a transzformátorok korlátozott teljesítőképessége következtében nem nyílt lehetőség. Az elektromos energiafogyasztás a következő képet mutatta:

Rosszul befedett kemencénél 2,33 kWó/1 kg üveg (2. ábra).

Jól befedett kemencénél 2,1 kWó 1 kg üveg.

Szódaolvasztásnál 1,6 kWó 1 kg üveg.

A napi, átlagos teljesítmény 500 kg kész üveg volt, azaz a kemence teljes térfogatának 75%-a került kidolgozásra. Szódaolvasztás alkalmával a kidolgozást 128%-ra lehetett megnövelni.

9. Az elektródák elhasználódása

Az elektródák az olvadékban kúpalakban koptak le és felső, a keverék irányába eső oldalukon lelapulást mutattak (8. ábra).

10. Hőmérsékletmérések

A hőmérsékletek magasságáról és eloszlásáról megközelítő képet kialakítandó, néhány helyen próbaképpen méréseket végeztünk, melyek a következőkben vázolhatók:

1. pont: Elektróda 1600 C°
2. pont: Két elektróda között 1405 C°
3. pont: Két elektróda között 1360 C°
4. pont: A keverékhalom alatt 1430 C°
5. pont: A kemence sarkában 1260 C°

A kísérletek legfontosabb eredményeként az a megállapítás tekinthető, hogy 1 kg üveghez csupán 1,6—2,3 kWó volt szükséges, amiből arra lehetne következtetni, hogy nagy kemencéknél az energiaszükséglet 1,0—1,5 kWó-nak adódna és hogy a szódaolvasztás valamint szulfátolvasztás között energiafogyasztás alapján határozott különbséget lehet tenni. Az olvasztási elektródák energiafelhasználása 20 kg/ó teljesítménynél csupán 20 kWó volt, tehát erre vonatkozólag csak 1,2 kWó/kg üveg fajlagos teljesítmény adódik. Annak idején ismeretessé vált előttem, hogy a St. Gobain üvegyárának pisai üzemében 1 kg üvegolvadék előállításához 1 kWó-t használtak fel.

A tulajdonképeni olvasztási folyamat figyelembevételénél ismételtén kihangsúlyozom, hogy a tisztulásra szolgáló külön zóna nem mutatkozott. Az elektródák alsó peremétől mindössze 15 cm mélységben levő átfolyón kilépő üveg az üzemi szakemberek szerint „meglehetősen jól tisztult” állapotban volt.

A kísérleti, 660 kg tartalmú kemence napi 500 kg-os teljesítménye ugyan nem túlságosan magas, de a fajlagos olvasztási teljesítmény 24 órára számítva mégis $1250 \text{ kg/m}^2\text{-t}$ tett ki, ami az akkoriban működő Fourcault kemencék teljesítményének 3–4-szeresét jelentette, illetőleg egyértelműen arra mutatott rá, hogy a kádkemencék mennyi holtteret tartalmazva dolgoznak.

Fel kell hívni a figyelmet a magas olvasztási teljesítményre, azaz arra, amit mi vegyészek eljárásainknál tér-idő-kihasználásnak nevezünk. Az olvasztás gyakorlatilag csak abban a térben játszódik le, melyet az elektródák határolnak. A kísérletek olyan változatánál, amikor két, egyenként három elektródát tartalmazó elektródasíkkal dolgoztunk, ez méginkább előtérbe lépett. Ez a jelenség közelfekvővé teszi valamely folyamatos eljárás gondolatának felvetését, melynél az adagolás és az üvegkivétel az olvasztási sebességgel teljesen összhangban van.

II.

Nyilvánvaló, hogy a Német Demokratikus Köztársaság jelenlegi áramhelyzetében ilyen kísérleteknek folytatása — azzal a céllal, hogy 1000 kkal/kg fajlagos energiafelhasználású termelő kemencét szerkesszünk — nem lehetséges, különösen akkor, ha figyelembe vesszük azt a tényt, hogy az üveggyártás összköltségeiből a tüzelőanyagra eső költséghányad átlagosan mintegy 15%-ra becsülhető. Az áramfelhasználás tisztasága, szabályozhatósága és építési koncentrációs lehetőségei azonban a kérdés állandóan napirenden való tartását teljes mértékben indokolják.

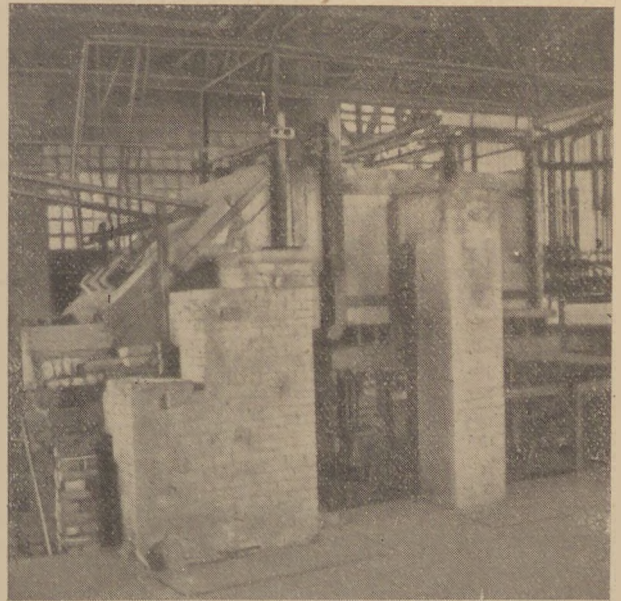
Ennek a helyzetnek a mérlegelésével az Alkalmazott Szilikátkutató Intézetben azt a kérdést tettük vizsgálat tárgyává, hogy nem lehetne-e az elektromos olvasztás technológiai elveinek egy részét gáztüzelésű kemencéknél is megvalósítani. Ezeket az elveket a következőkben lehet megjelölni:

a) Magas hőkoncentráció alkalmazása valamely kicsiny, sík térben elhelyezkedő anyagnak 1500°C -ra való gyors és intenzív felmelegítése céljából. „Vékonyrétegű olvasztás.”

b) A nyert olvadék rövid ideig tartó homogenizálása a reakcióból származó gázok eltávolítása, a tisztulási folyamat gyorsítása esetleg teljes kikerülése céljából.

Munkatársam J. Röder és saját tapasztalataim alapján, melyeket egy foszfátfeltárásnál és az elektromos olvasztás terén gyűjtöttünk, új típusú kemence szerkesztésére került sor (3. és 4. ábra). A kemence két részből áll: Az olvasztótér 1 m^2 felületű és 30 cm magas, a homlokfalon elhelyezett 3 égővel, oldalrészén elhelyezett keverékadagolóval és hűtött hiddal. A túlfolyó egy 4 lépcsőből álló kaszkádra nyílik, mely a kidolgozókádba vezet, amelyek mérete $80 \times 80 \text{ cm}$ és magassága 30 cm. Ebből az üveget készen lehet kiemelni.

A három homlokégő és 9 kaszkádégő számára kb. 3600 kkal/m^3 -es gázellátást terveztünk. Utóbbi égőkkel kívántuk elérni, hogy a kaszkádban esetleg magasabb hőmérséklet legyen, mint a tulajdonképpeni olvasztótérben.

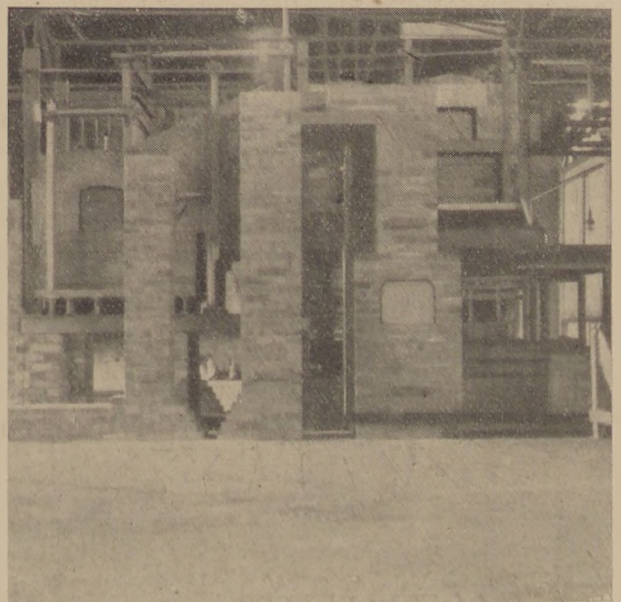


3. ábra. Gázfűtésű kaszkád-kemence

Első eredményként az mutatkozott, hogy sem a kaszkád, sem a később erre a helyre korundkövekből beépített lejtős csatorna nem szükséges a tisztuláshoz, mert ennél az olvasztási rendszerrel is az üveg az olvasztótérből kellőképpen tisztult állapotban lép már ki.

Széles sávban való berakás és vékony rétegben való kiterítés segítségével, az egész olvasztótérben uralkodó $1400\text{—}1420^\circ\text{C}$ hőmérsékletnél az olvasztási felületen 1550 kg/24 ó terhelés volt elérhető. Az 1 kg-ra vonatkozó 5600 kkal hőfogyasztás még igen magasnak tekinthető. A keverék a következő összetétellel rendelkezett:

100 kg	homok
36 kg	szóda
24 kg	mész.



4. ábra. Gázfűtésű kaszkád-kemence

A porzás elkerülése céljából a keveréket 11,5% vízzel nedvesítettük; a keverékhez az olvasztásból származó frittet 25%-ban kevertünk.

A megolvasztott üveg háztartási öblösüveggyártás céljaira kielégítő homogenitással rendelkezett. Különösen figyelemreméltó volt az üveg fokozott fénye. Az üveg az olvasztótérben 5 óra hosszat időzött. Az óránként berakott keverékadag mintegy 45 perc alatt olvadt meg.

Az eddigi eredmények a felvetett kérdés szempontjából való kritikai értékelése annak megállapítását tette lehetővé, hogy vékony rétegben való gyorsolvasztás az elektromos olvasztás analógiájára bizonyos mértékig elérhető volt, bár olyan hőfelhasználás árán, mely még igen magasnak tekinthető. Ugyanígy túlzottan hosszúnak kell megítélni a kemencében való tartózkodás időtartamát is. A kísérletekkel szemben azonban felmerülhet az a tény, hogy a hőmérsékletek valamivel alacsonyabbak voltak, mint az elektromos olvasztásnál, így azonos sebességet és egyszersmind azonos eredményeket nem is lehetett volna elérni.

Lényeges körülmény azonban az, hogy az elektromos olvasztásnál a hőképződés az adagolásban magában alakul ki, abban a térben pedig ahol keletkezik, előidézi a reakciókat és a kádkövek jobb szigetelést jelentenek a sugárzás meggátolására, mint a gáztüzelésű kádkemencénél; ez utóbbiaknál

a reakciókhoz szükséges hőmennyiség részben közvetlenül, részben közvetve sugárzik a keverékhalomra, de ez a hőmennyiség a lényegesen nagyobb kemencében eloszlik, a vasszerkezetet és a falazatot melegíti tehát sugárzás alakjában minden haszon nélkül elvész.

Eltekintettem attól, hogy azokról a nehézségekről és sikertelenségekről beszámoljak, melyek az eljárás kifejlesztésének ezidőszereint még nem tökéletesen kialakított technológiai megoldásaiból adódtak. Ezek esetről esetre kiküszöbölhetők voltak vagy pedig a tulajdonképpeni technológiai problémák nem is érintették.

Összefoglalásként megemlíteném, hogy az általunk tervezett kemence a korábbi kemencekonstrukciókkal szemben bizonyos hőtechnikai és reakciókinetikai előnyökkel rendelkezik, melyek a kísérletek folytatását kilátásossá teszik, de az elektromos üvegolvasztás szintje gáztüzeléssel még nem volt elérhető.

Ezen a helyen mondok hálás köszönetet J. Röder-nek, munkatársamnak, aki a Pírnában levő kísérleti üzemben gáztüzelésű kemencén a kísérleteket elvégezte.

IRODALOM

- (1) Kröger C.: Glastechnische Ber. 1953. S. 202—214.
- (2) Winnacker.: Chem. Technologie, II. Bd. S. 425. Art. v. L. Spunge.

Az aluminátcementek és azok kötésénél és szilárdulásánál lejátszódó fiziko-kémiai folyamatok

TALABÉR JÓZSEF

2. közlemény

Az aluminátcementek kémiai összetétele

A kémiai összetétel változatossága miatt célszerű azokat a határértéket megvizsgálni amelyek között a különböző aluminátcementek elhelyezkednek. E határértékek Kühl szerint: (25)

SiO ₂	5,0—15,0%
Al ₂ O ₃	30,0—50,0%
Fe ₂ O ₃	5,0—15,0%
TiO ₂	1,5—2,5%
CaO	35,0—45,0%
MgO	0,5—1,5%
SO ₃	0,0—1,2%
K ₂ O	0,0—0,4%
Na ₂ O	0,0—0,6%

$$H_M = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = 0,55 - 0,80$$

$$S_M = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = 0,08 - 0,35$$

$$A_M = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 2,00 - 9,00$$



20. ábra

Ha e határértékeket a Rankin diagrammban felrakjuk, a vonalkázott terület fogja az aluminátcementek területét ábrázolni (20. ábra). A teljesség kedvéért berajzoltuk a portlandcement, a savanyú és bázikus kohászati salakok, a trasz és az üveg területét is.

Az aluminátcementeket a portlandcementekkel összehasonlítva azonnal látjuk a szembetűnő különbséget; a CaO, Al₂O₃, SiO₂ mennyiségének és arányának a portlandcementtől teljesen eltérő értékeit. E lényeges különbség természetesen a cementkémia ismert moduluszaiban is jelentkezik.

Az aluminátcementek kémiai összetétele rendkívül fontos és az aluminátcementek értékelésének egyik leglényegesebb tényezője. Az 11. táblázatban összefoglaltam a különböző, általunk ismert és több, részben e tanulmány számára megvizsgált aluminátcement és aluminátsalak kémiai összetételét. A kémiai összetételre nézve ezekből az adatokból szeretnék pár fontos következtetést levonni.

Az aluminátcementek hidraulikus szilárdulásának bázisai a kalciumaluminátok, tehát az az aluminátcement lesz a hidraulikus képesség és energia szempontjából a legkedvezőbb, amely a legtöbb kalciumaluminátot tartalmazza.

A CaO—Al₂O₃—SiO₂ hármas rendszerben — egyensúlyi állapotot feltételezve — az aluminát-

cementek tartományában a következő kristályos vegyületek fordulnak elő:

1. $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 - 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
2. $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 - 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 - 2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$
3. $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 - 2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$

A gehlenit nem aktív anyag. A dicalcium-szilikát hidraulikus tulajdonságú klinkerásvány ugyan, de jelenléte az aluminátcementek szilárdulási mechanizmusa szempontjából nem előnyös. A hidraulikus szilárdulás szempontjából tehát a 2. alatti összetételű aluminátcement nem volna előnyös. Ezt figyelembevéve csoportosította Solacolu az aluminátcementeket két osztályba. Az első osztályba tartozó bauxitcementeknél a kalciumaluminátok a $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$, a második osztályba tartozóknál $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, illetve $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ kötődésben lehetnek. Egyensúlyi helyzetet feltételezve, az SiO_2 az első osztályban $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ kötődésbe, a második osztályban pedig $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ (gehlenit) kötődésbe megy át. (Solacolu a $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ helyett $3\text{CaO} \cdot 5\text{Al}_2\text{O}_3$ összetétellel számol.)

Nagyviszkozítású olvadékoknál azonban az egyensúlyi állapotot a legritkábban sikerül csak elérni, ezért a gyalorlatban előfordul minden timföldcementben jelentős mennyiségben találunk gehlenitet. Ez elsősorban a magyarázata annak, miért hátrányos a nagy SiO_2 tartalom. Az SiO_2 4,55-szeres mennyiségét kitevő gehlenit keletkezése közben 1,69-szeres mennyiségű Al_2O_3 használódik fel a hidraulikus szilárdulás szempontjából értéktelen kötődésre.

Ezért nem gazdaságos a magas SiO_2 tartalmú bauxitoknak aluminátcementté való feldolgozása sem. A II. táblázatból látható, hogy a legjobb aluminátcementek SiO_2 tartalma 3,5–8,0% között mozog. Kb. 15%-ra tehető az SiO_2 tartalom felső határa az aluminátcementekben. Ennél magasabb SiO_2 tartalmú termékeket önálló hidraulikus kötőanyagként használni nem igen lehet, ellenben kitűnően felhasználhatók magas Al_2O_3 tartalmú ipari hulladékok (salakok) értékesítése esetén, mint korrekciós adalékanyagok.

Az aluminátcementek igen fontos összetevői a vas különböző oxidjai (egyelőre mint vasoxid) 1–18% mennyiségben fordulnak elő az olvasztott vagy zsugorított termékekben.

A vasoxidok az aluminátcementek előállítási módjától függően többféle vegyület formájában kötődhetnek le. Alacsony vasoxid tartalmú nyersanyagoknál, vízköpenyes olvasztó kemencékben, szénporral, olajjal, koksszal redukáló atmoszférában dolgozó kemencékben, redukálva dolgozó elektrokemencékben a vasoxid jelentékeny része fémvassá redukálódik. A fémvas, — ha a lehűlés során van ideje — fajsúly szerint elkülönül s mint ilyen, törés során mágnesen szeparálható.

Magasabb vasoxid és kovasav tartalmú bauxitok elektrokemencékben való redukáló olvasztásánál a vasoxid és az SiO_2 is redukálódik. A folyamatot ez esetben úgy is vezethetjük, hogy a redukálódott fémvasat, esetleg a képződött ferroszili-ciumot külön elválasztjuk és értékesítjük.

A timföldcementek szokásos vastartalma (10–15% Fe_2O_3) mellett nem tűntethető el az említett módon az egész vasmennyiség. Az égetési viszonyoktól függően a két vasoxid (FeO és Fe_2O_3) egymás mellett fordul elő, sőt ezek részben magnetitté (Fe_3O_4) alakulnak s mint ilyen megy olvadékba, vagy a különféle klinkerásványokba.

Bármilyen formában is tartalmazzák a bauxit-cementek a vasvegyületeket, ezek valamilyen mészvegyület formájában jelentkeznek. Ahogyan az SiO_2 leköti az Al_2O_3 jelentékeny részét és emellett a gehlenit kötődésben sok CaO -t neutralizál, úgy használják el haszontalanul a vasvegyületek a mész jelentős részét, esetleg kisebb mennyiségű Al_2O_3 -al együtt. Ezért nem előnyös az aluminátcementek vasoxid tartalma, ezért kísérelték meg a vasoxid tartalom felső határát minél alacsonyabb szinten megszabni. Ez a felismerés vezetett olyan gyártási eljárások kialakításához is, amelyeknél a vastartalmat fémvas formájában kinyerik s a keletkezett aluminátcement vasban szegény lesz, gyakran vastól, illetve vasoxidtól majdnem mentes. Ettől a timföldcement gyártási eljárástól már csak egy lépés olyan ércek, illetve bauxitok kohósítása, melyek Al_2O_3 tartalma timföldgyártás szempontjából alacsony, vasgyártás szempontjából aránylag magas, vasoxidtartalma a kohósítás szempontjából viszonylag alacsony, de megfelelő korrekcióval a kohósítás céljára alkalmassá tehető. A kohósítás során nyert ún. aluminátsalak vasoxidban szegény (0,3–1,0% összvastartalommal) és a salakképző anyagok megfelelő beállítása esetén egészen jó hidraulikus sajátosságokkal. Az aluminátsalak a kohósítás során mint melléktermék szerepel. A főtermék kiváló minőségű nyersvas sok értékes tulajdonsággal.

A legismertebb aluminátsalak a „Rolands-hütte“ olvasztott timföldcement 0,4–1,0% FeO és 0,3% MnO tartalommal. Az alacsony vastartalom miatt a cement színe világosszürke, szemben a magas vasoxidtartalmú aluminátcementek oxidáló atmoszférában zsugorodásig égetett vörös, vagy elektrokemencében redukáltan égetett majdnem fekete színével.

A „Rolands-hütte“ olvasztott timföldcement-hez hasonló volt Dr. Nahoczky, Selmeczi, Visnyovszki péti kísérletei alapján Diósgyőrben épített kísérleti nagyolvasztóból nyert 0,5–0,8% FeO tartalmú, majdnem fehérszínű aluminátsalak, egészen jó hidraulikus sajátosságokkal. A főtermék nyersvas itt is kiváló minőségű volt.

Az aluminátcementek vasoxid tartalmának különös jelentősége van a zsugorítással történő gyártási eljárásnál. Ez teszi lehetővé az aránylag alacsony (1250–1350 °C) égetési hőmérsékletet. Egészen alacsony vasoxid tartalom (1–2%) csak az olvasztott aluminátcementeknél fordul elő, amelyeknél a folyamat lehetővé teszi a nagymérvű vastalanítást.

A vasoxidok adják meg az aluminátcementek jellemző színét. A vastartalmú bauxitokból, körkemencében zsugorodásig égetett aluminátcement színe barnászörös, téglavörös. Az olvasztott aluminátcementeknél a technológiai folyamat során olyan hőmérséklettartományba érünk, ahol az

A cement megnevezése, illetve származási helye	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	FeO
Citadur (magyar, átlagos összetétel)	3,68	42,05	37,21	12,97	
Alca olvasztott cement (német) .	10,37	45,35	38,95	4,48	
„Rolandshütte“ I. (német)	9,01	42,44	43,80	2,15	
„Rolandshütte“ II. (német)	7,15	48,02	40,00	1,42	
Ciment fondu Mantiers (Svájc) ..	8,40	39,29	43,80	9,44	
Ciment Electro Pate de France, Fondu	5,19	41,64	36,75	18,06	
Electro G Lafarge (francia)	8,41	40,86	40,68	9,38	
Ciment Fondu Lafarge I. (francia)	8,30	40,56	40,21	10,79	
Ciment Fondu Lafarge II. (francia)	3,76	39,79	37,92	18,54	
Francia aluminátcement	5,30	42,30	36,10	16,60	
Francia aluminátcement	6,60	45,00	38,30	7,00	
Lazicalca Corne	10,05	42,88	37,12	7,58	
„Ciskowitz“	4,58	40,06	35,93	18,26	
Szovjet olvasztott aluminátcement	5,30	41,20	36,80	5,10	8,90
Szovjet olvasztott aluminátcement	4,00	40,60	37,20	6,10	9,20
Szovjet aluminátcement	8,00	39,30	43,90	1,90	4,40
Szovjet aluminátcement	6,70	43,30	39,60	1,80	6,40
Szovjet aluminátcement	6,40	38,00	37,50	12,20	4,20
Szovjet aluminátcement	3,75	41,10	35,90	8,10	8,90
Bauximent (csehszlovák)	4,14	41,54	38,28	14,96	
Durapid olasz aluminátcement .	9,90	39,40	42,40	0,70	4,20
Olaszországi Lafarge	3,40	42,60	37,00	13,70	
Svéd aluminátcement	5,70	42,10	38,30	9,70	
Svéd aluminátcement	8,25	42,37	41,75	1,13	3,18
Angol olvasztott aluminátcement	6,10	42,00	39,50	8,40	2,20
Angol olvasztott aluminátcement	6,90	39,40	41,20	3,30	7,00
Angol aluminátcement	5,10	38,90	36,60	11,00	5,80
Diósgyőri aluminátsalak	14,82	38,52	34,56		8,58
Diósgyőri aluminátsalak	13,40	34,30	44,60	1,50	2,30
Amerikai aluminátcement	6,20	44,20	36,90	4,60	6,00
Amerikai aluminátcement	7,00	36,50	40,30	4,00	9,50
Atlas Lumnite Co (USA)	4,60	35,10	41,20	11,40	3,30
Indiai (Bhoura) aluminátsalak (1937)	18,20	37,11	36,19	2,10	
Celdur osztrák aluminátcement (26)	7,47	46,34	38,70	6,50	

TiO ₂	MgO	Na ₂ O ₃	K ₂ O	SO ₃	Megjegyzések
2,10	0,72 0,15 1,25 0,92			1,28 0,40 0,34	Körkemencében zsugorodásig égetve
	0,23 0,13				
	0,84 0,10 0,04 0,94 0,66			0,38	Elektrokemencében olvasztva Elektrokemencében olvasztva
1,50					Elektrokemencében olvasztva
2,00					Vizköpenyes olvasztókemencében
1,80					Vizköpenyes olvasztókemencében
2,00					Sugárzó kemencében olvasztva
1,50					Sugárzó kemencében olvasztva
1,90	0,32			0,31	Körkemencében zsugorodásig égetve
2,20	0,70			0,03	
1,77					
2,00	1,10			0,70	
2,28	0,67				
1,90	0,30		0,08	0,08	„Ciment Fondu“ and „Lighting“
1,70	0,20			0,03	
1,70	0,20	0,12	0,28	0,19	
0,59	0,89			0,44	
1,10					
2,20					
2,00					
2,40	1,20			0,32	Dr. Gedeon T. gyűjteményéből
2,90	egyéb	3,90			
1,10					

Fe_2O_3 termikus disszociáció során Fe_3O_4 -re és O_2 -re bomlik fel. Az olvasztott aluminátcementek sötét színét elsősorban az Fe_3O_4 adja.

Fehér aluminátcementekben a vasoxid teljesen hiányzik vagy csak minimális mennyiségben lehet jelen. Még az 1–2% FeO -t tartalmazó aluminátcementek színe is egész világos (Rolands-hütte II, Diósgyőri aluminátsalak).

A jóformán minden bauxitban előforduló TiO_2 teljes egészben átmegy az aluminátcementbe. Mennyisége ritkán haladja meg a 2–2,5%-ot.

Az ismerttetett fontos alkotórészekeken felül az alkáliák érdemelnének még különösebb említést. Az alkáliák — akárcsak a portlandcementnél — teljesen az üvegszerű olvadékba mennek. Hogy lassú lehűtés során ezek melyik kristályos vegyülethez és milyen kötődésben csatlakoznak, azt még nem ismerjük.

Az MgO , amelynek maximális mennyiségét a francia szabványok 2%-ban határozzák meg, részben az olvadékba megy, részben MgO tartalmú vegyületeket képez.

A kén — szulfát vagy szulfid formában — a francia előírások szerint 1%-ban engedhető meg az aluminátcement-klinkerekben.

A II. táblázatban megadott aluminátcement összetételek általában megfelelnek a Kühl-féle határértékeknek. Lényegesebb eltérés csak egyes aluminátcementek vasoxid tartalmában, kisebb eltérés az SiO_2 tartalmaknál van, de ez is csak nagyolvasztóban előállított aluminátcementeknél. A CaO -nak és ezzel kapcsolatban az Al_2O_3 -nak azonban már aránylag kis mennyiségi változása lényegesen megváltoztatja az aluminátcement-klinkerek ásványtani felépítését. Az aluminátcementek Solacolu-féle osztályozása is ezen az alapon történik. Ezek szerint megkülönböztetünk magas mésztartalmú — I. csoport — és alacsony mésztartalmú — II. csoport — aluminátcementeket. A két csoport közti különbség a Rankin diagramm alapján azonnal látható. Más az aluminátcementek ásványtani felépítése az I., más a II. csoportban. Az I. csoportba tartozó aluminátcementekben a CaO Al_2O_3 mellett a 12CaO $7\text{Al}_2\text{O}_3$ összetételű aluminát, a II. csoportban a CaO Al_2O_3 mellett a CaO $2\text{Al}_2\text{O}_3$ összetételű aluminát képződik, tekintettel a rendszer alacsonyabb mésztartalmára.

A kétféle aluminátcement a szilárdsági értékek kifejlődésében különbözik egymástól. Az I. csoportra jellemző a magas kezdőszilárdság. Az utószilárdulás azonban ezeknél a cementeknél nem jelentős. A II. csoportba tartozó aluminátcementek kezdőszilárdsága elmarad az I. csoporté mögött; a jelentős utószilárdulás miatt azonban ezen aluminátcementek magasabb szilárdsági értékeket érnek el. A kétféle aluminátcement között éles határvonalat húzni mindezek ellenére sem volna azonban szerencsés, és elég, ha itt újból a Rankin diagramra utalunk.

Az aluminátcementek ásványtani összetétele

Az aluminátcementek hidraulikus tulajdonságai szempontjából a kémiai összetétel — akárcsak

a portlandcement-klinkernél — nem teljesen jellemző és itt is szükséges az ásványtani összetétel megadása. Míg azonban a portlandcement-klinker ásványtani összetételének kiszámítására a gyakorlatban tűrhető pontosságú módszerek állnak rendelkezésre (Bogue, Lea-Parker, Dahl, mikroszkópi meghatározás, Magyarországon a NEVIKI (Grofcsik—Vágó) módszere,) addig az aluminátcementek ásványtani összetételének számszerű meghatározásával alig foglalkoztak.

Az alábbiakban megkísérlem a hazai aluminátcement ásványtani összetételének kiszámítását. Ennek során azt hiszem nem lesz felesleges néhány szilikátkémiai megjegyzést előrebecsíteni.

1. Akár hármas, akár négyes rendszerekben tanulmányozzuk a hidraulikus kötőanyagokat, az ásványtani összetétel kialakulásában döntő szerepe van annak, hogy a kérdéses rendszerek mennyire tudják megközelíteni az egyensúlyi állapotot. A gyártási eljárások adta szűk lehetőségek miatt (pl. hűtés sebessége) a hidraulikus kötőanyagok soha sincsenek egyensúlyban. A tiszta kristályosodás ezért nem képzelhető el. Többek között pl. ezért is jelentkezik gyakran a gehlenit a reá jellemző zónás szerkezettel.

A kristályosodás valóságos folyamatai során az olvadékképződéssel is számolnunk kell. Az égetés során keletkezett olvadéknak gyakran nincs ideje teljesen kikristályosodnia és a klinkerben mindig jelenlevő üvegszerű tömeg alakjában dermed meg. Az olvadék fekete tömege a mikroszkópi felvételeken mindig fellelhető. Ez utóbbi a gehlenitnek a melilitsorral való keverékkristályok képződésére való hajlandóságából származik, melynek során CaO -ból, Al_2O_3 -ból, Fe_2O_3 -ból, SiO_2 -ből, alkáliakból álló vegyületek is beléphetnek a gehlenit rácsába. Ezért változnak a gehlenit tulajdonságai, optikai adatai a primer kiválás hasábalakú kristálykától az eutektikus kristályosodás szemcsés lapocskái és zónás felépítése irányában.

2. Háromkomponensű rendszerekben — természetesen itt is egyensúlyi állapotot tételezünk fel — a megmerevedett olvadékban azoknak a komponenseknek jelen kell lenni, amelyek a kiindulási olvadékot magában foglaló fázisháromszög sarkaihoz tartoznak.

3. Négykomponensű rendszerekben a konjugációs vonalak konjugációs síkokká, a fázisháromszögek tetraéderré bővülnek.

4. A négyösszetevős rendszerek tanulmányozása igen nehéz. A tetraéder csúcsain helyet foglaló oxidok által meghatározott nagyobb egységen belül ki szokás választani egy kisebb tartományt, esetleg a négyösszetevős rendszert háromösszetevősre kell visszavezetni.

Ezek előrebecsítése után el kell dönteni azt a módszert, amelynek segítségével az aluminátcementek ásványtani összetétele legbiztosabban kiszámítható. Lényegében három módszer között lehet választani. Röntgenanalízis, mikroszkópi vizsgálatok és a végső egyensúlyi állapot feltételezésén alapuló számításos eljárás között.

A mikroszkópi vizsgálatokat elejtettem.

Igen sok eredményt vártam a röntgenvizsgálatoktól, annál is inkább, mert Solacolu röntgen-

vizsgálatok alapján (24) osztályozta az aluminátcementeket a már ismertetett módon.

A röntgenvizsgálatok sem hozták meg a várt eredményt. Az alábbiakban ezeket a röntgenvizsgálatokat ismertetem.

A 21. ábra egy 1954-ben gyártott bauxitcementklinker röntgenfelvételét mutatja.



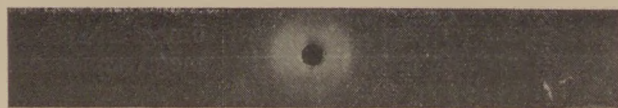
21. ábra

A klinker összetétele:

SiO ₂	4,53%	TiO ₂	2,18%
Al ₂ O ₃	41,05%	MgO	1,07%
CaO	37,02%	SO ₃	1,16%
Fe ₂ O ₃	12,86%		

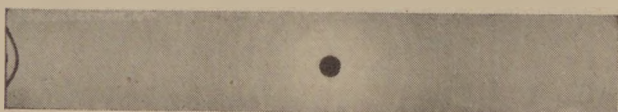
A klinker összetétele közel van a 11. táblázatban megadott átlagos cementösszetételhez. A klinker igen jól, közel az olvadásiig volt égetve.

A 22. ábra az előbbivel azonos összetételű, de igen gyengén égetett bauxitcementklinker röntgenfelvételét mutatja.



22. ábra

A 23. ábrán egy I. csoportba tartozó aluminátcement röntgenképét mutatom be. A preparátumot, melynek összetétele:



23. ábra

SiO ₂	5,35%	TiO ₂	1,61%
Al ₂ O ₃	40,20%	MgO	nyomokban
CaO	42,50%	SO ₃	nyomokban
Fe ₂ O ₃	10,10%		

elektrokemencében olvasztottuk és lassan hűtöttük.

A 24. ábrán a fenti összetételű, de gyorsan hűtött klinker röntgenfelvételét mutatom be.



24. ábra

II. csoportba tartozó aluminátcement röntgenfelvételét mutatom be a 25. és 26. ábrákon.



25. ábra



26. ábra

A klinker kémiai összetétele a következő:

SiO ₂	5,95%	TiO ₂	1,80%
Al ₂ O ₃	45,00%	MgO	nyomokban
CaO	36,30%	SO ₃	nyomokban
Fe ₂ O ₃	11,30%		

A 25. ábrán a lassan hűtött, a 26. ábra a gyorsan hűtött aluminátcementklinker röntgenfelvételét mutatja.

Az elvégzett elemzések röntgenvizsgálati adatait a 12. táblázat tartalmazza. Összehasonlítva ezeket az értékeket a korábbi röntgenvizsgálati adatokkal, a következő kristályos vegyületek jelenléte mutatható ki.

1. Monokalcium-aluminát (CaO—Al₂O₃). Jelenléte, melyet a 2,97 kx síkhálótávolságnak megfelelő interferenciavonal megjelenése igazol, minden mintában megtalálható. A 2,52, 2,42 és 1,93 kx körüli interferenciavonalak ugyancsak a CaO—Al₂O₃ jelenlétét mutatják.

2. A 12CaO 7Al₂O₃ jelenlétét az 1,720 és az 1,625 kx körüli vonalak igazolják.

3. A CaO 2Al₂O₃ a II. csoportba tartozó aluminátcementklinkerekben feltételezhető a 2,300 (2,307), 2,049 (2,044) és az 1,757 (1,759) kx vonalak alapján.

4. Tetraalcium-aluminát-ferrit (4CaO—Al₂O₃—Fe₂O₃). Jelenléte a 2,15, 2,04, 1,80, 1,52, 1,38 kx vonalak alapján valószínűsíthető.

A 12. táblázat adatai és a röntgenfelvételek meggyőzhetnek bennünket arról, hogy az aluminátcementklinkerek ásványtani összetételének pontos meghatározása jelenlegi röntgenberendezéseinkkel aligha lehetséges. Az egyes alkotórészek mennyiségének meghatározása a zsúfolt vonalrendszerek miatt és tiszta összehasonlító ásványok hiányában nem is lehetséges.

A röntgenvizsgálatok jelentősége inkább az egyes kristályos alkotórészek felismerésében van.

Ezért az aluminátcementek ásványi összetételét számítás útján közelítem meg. Egyszerűség kedvéért egyelőre csak a háromalkotós rendszerek vegyületeinek jelenlétét tételezzük fel a cementben.

A „Citadur“ védjegyű magyar bauxitcement átlagos kémiai összetétele a következő:

SiO ₂	3,68%	TiO ₂	2,10%
Al ₂ O ₃	42,05%	MgO	0,72%
CaO	37,21%	SO ₃	1,28%
Fe ₂ O ₃	12,97%		

12. táblázat

Jól kiégetett b. e. klinker	Gyengén égetett b. e. kl.	I. csop. b. e. kl. lassan hűtve	I. csop. b. e. kl. gyorsan hűtve	II. csop. b. e. kl. lassan hűtve	II. csop. b. e. kl. gyorsan hűtve
d_{hkl} kx					
—	4,670	4,651	4,697	4,466	—
4,109	4,133	4,023	4,142	—	4,118
—	—	—	—	3,888	—
3,729	3,748	3,665	3,729	3,706	—
—	3,497	3,474	—	3,504	3,523
—	3,276	3,244	3,276	—	—
—	3,127	3,129	3,153	3,153	3,129
3,057	—	3,062	—	3,068	—
2,964	2,974	2,962	2,970	2,976	—
2,860	2,841	2,834	2,864	2,859	2,861
2,785	—	—	—	—	—
—	—	—	2,707	2,704	2,714
2,671	2,663	2,674	—	—	—
—	—	—	—	2,599	2,596
2,535	2,521	2,519	2,525	2,536	2,542
2,427	2,416	2,391	2,412	2,423	2,399
—	2,292	2,280	2,308	2,300	2,307
—	—	—	—	—	—
2,156	2,165	2,148	2,152	2,163	2,154
2,030	2,047	2,038	2,050	2,049	2,044
1,932	1,935	1,922	1,927	1,921	1,924
—	1,870	1,856	—	1,867	—
1,802	1,804	1,808	1,823	1,809	1,811
1,758	1,757	1,755	1,765	1,757	1,759
—	—	1,720	—	—	—
—	—	1,674	1,684	1,669	—
1,623	1,625	1,624	—	1,629	1,625
1,578	1,582	1,579	1,580	1,576	—
1,555	—	1,553	1,553	—	1,553
—	—	—	—	—	—
1,518	1,524	1,521	1,522	1,517	1,517
—	1,493	1,478	—	—	—
—	—	1,462	1,460	—	—
1,435	—	1,434	—	1444	—
1,409	—	1,409	—	—	—
1,381	1,379	1,374	1,382	1,378	1,375
—	1,322	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
—	1,283	1,281	1,299	1,282	—
—	—	1,266	—	1,268	—
1,252	1,251	1,252	1,249	1,254	—

Függetlenül a Solacolu-féle osztályozástól, előzetes számításokat végeztem a rendelkezésre álló Al_2O_3 , illetve CaO felhasználására. Az előzetes számítások alapján kiderült, hogy a CaO mennyisége nem teszi lehetővé a mészben gazdagabb aluminátok képzését (pl. $C_{12}A_7$ képzését).

Ezen az alapon tehát aluminátcementünk a mészszegény aluminátcementek csoportjába tartozik. Ennek alapján jogos volt abból is kiindulni, hogy az összes kovásvá gehlenit kötődésbe megy át. Azt is feltételeztem, hogy az összes vas dikalciumferritet ($2 CaO Fe_2O_3$) alkot.

A 3,68% SiO_2 -ből 16,78% $2CaO Al_2O_3 SiO_2$ keletkezik.

A 12,97% Fe_2O_3 -ből 22,05% $2CaO Fe_2O_3$ keletkezik.

A TiO_2 perovszkit ($CaO TiO_2$) kötődésbe megy.

A 2,10% TiO_2 -ből 3,57% $CaO TiO_2$ keletkezik.

Az SO_3 $CaSO_4$ -et alkot. 1,28% SO_3 -ból 2,17% $CaSO_4$ képződik.

A rendszer uralkodó aluminátja a $CaO Al_2O_3$. Abból a feltevésből kiindulva, hogy az összes mara-

dék $CaO CaO Al_2O_3$ -ot ad, kiszámítható, hogy a klinkerben 51,18% $CaO Al_2O_3$ keletkezik.

Az Al_2O_3 legnagyobbára a gehlenitben és a $CaO Al_2O_3$ -ban kötődik le. A fennmaradó Al_2O_3 a $CaO Al_2O_3 + Al_2O_3 = CaO 2Al_2O_3$ séma alapján magasabb Al tartalmú vegyületté alakul át.

A klinker $CaO 2Al_2O_3$ tartalma ily módon 3,57% lesz.

Az MgO változatlanul megy át a klinkerbe. Értéke 0,72%. A bauxitcementklinker ásványtani összetétele mindezek után a következő lesz:

$2CaO Al_2O_3 SiO_2$	16,78%
$2CaO Fe_2O_3$	22,05%
$CaO TiO_2$	3,57%
$CaSO_4$	2,17%
$CaO Al_2O_3$	51,18%
$CaO 2Al_2O_3$	3,57%
MgO	0,72%
100,04%	

Fel kell vetni a kérdést, nincs-e ellentmondás a röntgenvizsgálatok kvalitatív eredményei és a fenti számítási eljárás között. A röntgenvizsgálatok ugyanis kimutatták a $4CaO Al_2O_3 Fe_2O_3$ jelenlétét, ezzel szemben e számítás során feltételeztük,

hogy az összes vas $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ vegyületbe megy. Korábban már elmondtuk, hogy a brownmillerit nem tekinthető pontosan definiált vegyületnek, hanem csak a különböző vastartalmú klinker-ásványok szilárd oldataiból álló sor egyik mester-séges tagjának. Az itt elkövetett hiba tehát a klinker felépítésének általános képét nem változtatja meg. Brownmillerit jelenléte esetén, figyelembe-véve ezen vegyület igen nagy mészszerűségét, az aluminátok a magasabb Al tartalmú vegyületek felé tolódnak el.

E számítással kapcsolatban még egyszer rá kell mutatni arra, hogy ez csak egyensúly esetén érvényes. Említettük már, hogy a kristályosodás során kisebb-nagyobb mértékben mindig fellép a reszorpció, mely a kristályosodás sima lefolyását megzavarja. Emiatt a primer kristályosodás világosan elkülöníthető kristálykái mellett mindenütt megtaláljuk a zónás felépítésű keverékkristályokat és az eutektikus kristályosodás jellemző ásványcsoportjait.

A kristályosodás kibontakozásában különösen érdekes, de a sok kutatás ellenére sem tisztázott a vasoxid szerepe, sőt mint a későbbiekben látni fogjuk, az MgO szerepe sem.

A közölt számítási mód tehát nem tekinthető pontosnak. Mégis képet nyújt arról, hogyan alakulhat a legfontosabb klinkerásványok mennyisége.

A sok bizonytalanság miatt nem lehet csodálkozni azon, hogy az aluminátcementklinkerek ásványtani összetételének pontos meghatározása még ma sem sikerült. Pedig kiváló tudósok dolgoztak ezen is, akárcsak a portlandcementklinkerek-nél (Sundius, Parker, Ryder).

Az eddigiek során a háromalkotós rendszerekben való, viszonylag egyszerű kristályosodás menetét tárgyaltuk. Összehasonlíthatatlanul bonyolultabb a négyes rendszerekben való kristályosodás.

A kristályosodási lehetőségek száma igen nagy. Ezek között a Parker-féle $6\text{CaO} \cdot 4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ [$4(\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3) \cdot 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{MgO}$] összetételű új ásvány megjelenése érdemel különös figyelmet. A $\text{C}_6\text{A}_1\text{MS}$ 1380° -on inkongruens módon CA-ra, MA-ra és olvadékra bomlik. 1400° -on MA és olvadék képződik, majd 1420° -on teljesen megolvad (17).

A $\text{C}_6\text{A}_1\text{MS}$ vegyület keletkezését Parker a $\text{CaO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ rendszerben ismerte fel és vizsgálta meg. Korábban már említettük, hogy az FeO bizonyos mértékben helyettesítheti az MgO -t. A felsorolt vegyületekben az FeO egészben, vagy részben átveszi tehát az MgO szerepét és határesetben teljesen helyettesíti azt. A $\text{CaO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ rendszer helyére ebben a szélső esetben már a $\text{CaO}-\text{FeO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ rendszer lép és ha feltételezzük, hogy az FeO Al_2O_3 helyettesítheti az MgO Al_2O_3 -t, akkor a lehetőségek száma még tovább szaporodik.

Átmeneti állapotban az MgO és FeO természetesen egymás mellett is előfordulnak.

A variánsok száma még szaporodik akkor, ha az FeO mellett az Fe_2O_3 -at vesszük számításba, ami hazai bauxitcementünk összetételében sokkal nagyobb mennyiségben van jelen, mint az FeO .

Az Fe_2O_3 -nak több, jól definiált vegyületét ismerjük. Mégsem tisztázott még, hogy az aluminátcementekben az Fe_2O_3 mily kötődésbe megy. Parker feltételezi (17), hogy azok az aluminátcementek, amelyekben az aluminát-komponens zöme instabil C_5A_3 és emellett C_{12}A_7 -et tartalmaznak, a ferritet $\text{C}_6\text{A}_2\text{F}$ vegyület formájában tartalmazzák. Azok az aluminátcementek, melyekben az instabil C_5A_3 mellett CA szerepel, a $\text{CaO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3$ rendszer $\text{C}_6\text{A}_2\text{F}$ és C_4AF pontjait összekötő egyenes ferritvegyületeivel vannak egyensúlyban és végül azok, melyek CA formájában tartalmazzák az aluminátok zömét, a C_4AF és a C_6AF_2 közötti szilárd oldattal vannak egyensúlyban.

A felsorolt vegyületeken túl az Fe_2O_3 -nak a C_{12}A_7 -ben, a CA-ban, sőt kisebb mértékben a C_2AS -ben alkotott szilárd oldata lehet a ferrit fázis megjelenésének egyik legfontosabb formája. A bizonytalanság tehát rendkívül nagy. Feltehető, hogy az FeO a $\text{C}_6\text{A}_4\text{F}''\text{S}$ kötődésbe megy, míg az Fe_2O_3 az egyensúlyi helyzet által meghatározott ferrit kötődésbe.

A fenti elképzeléseknek megfelelően vizsgáljuk meg a már tárgyalt összetételű aluminátcement ásványtani összetételét.

Sósavban oldhatatlan maradék 3,1%. A sósavban oldhatatlan rész összetétele:

SiO_2	=	4,1%
Al_2O_3	=	39,1%
CaO	=	2,1%
Fe_2O_3	=	5,1%
FeO	=	25,2%
TiO_2	=	1,9%
MgO	=	22,2%
SO_3	=	0,4%
		100,1%

Az oldható kötődésben, tehát a tulajdonképeni klinkerásványokban lekötött oxidok mennyiségét a cement globális kémiai összetétele és az oldhatatlan maradék kémiai összetétele közötti különbség adja meg.

Oldatba ment tehát:

SiO_2	=	3,55%
Al_2O_3	=	40,84%
CaO	=	37,15%
Fe_2O_3	=	11,09%
FeO	=	0,77%
TiO_2	=	2,04%
MgO	=	0,03%
SO_3	=	1,27%
		96,74%

Számításunk során induljunk ki abból, hogy a feltárt rész összes FeO tartalma a Parker-féle $6\text{CaO} \cdot 4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ vegyületbe, az összes MgO tartalma a $6\text{CaO} \cdot 4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ vegyületbe megy át.

A 0,77% FeO -ból képződik 9,36% $\text{C}_6\text{A}_4\text{F}''\text{S}$. Az MgO $\text{C}_6\text{A}_4\text{MS}$ vegyületet alkot.

A 0,03% MgO -ból képződik 0,63% $\text{C}_6\text{A}_4\text{MS}$.

Az Fe_2O_3 az aluminátcementeknél a C_4AF és C_6AF_2 összetételek közötti szilárd oldat sorral

jellemezhető. A továbbiak során a két szélső érték összetételével számolunk.

Első esetben az Fe_2O_3 C_4AF vegyületet képez.
11,09% Fe_2O_3 -ból képződik .. 33,7% C_4AF

A $\text{C}_6\text{A}_4\text{F}''\text{S}$ és a $\text{C}_6\text{A}_4\text{MS}$ képződése után fennmaradó
 SiO_2 13,1% C_2AS -t képez.

Az SO_3 -ból CaSO_4 képződik.
1,27% SO_3 -ból 2,16% CaSO_4 keletkezik.

A TiO_2 CaO TiO_2 kötődésbe megy.
2,04% TiO_2 -ből 3,46% CaOTiO_2 keletkezik.

Az oldható rész ásványtani összetételének egyik határesetete tehát :

$\text{C}_6\text{A}_4\text{F}''\text{S}$	9,36%
$\text{C}_6\text{A}_4\text{MS}$	0,63%
C_4AF	33,7 %
C_2AS	13,1 %
CaSO_4	2,16%
CaO TiO_2	3,46%
CA_2	13,9 %
CA	20,65%
	96,96%

A cement oldható része ásványtani összetételének másik határesetete, amelynél az Fe_2O_3 -t C_6AF_2 vegyületre számoljuk, a következő :

$\text{C}_6\text{A}_4\text{F}''\text{S}$	9,36%
$\text{C}_6\text{A}_4\text{MS}$	0,63%
C_6AF_2	26,26%
C_2AS	13,1 %
CaSO_4	2,16%
CaO TiO_2	3,46%
CA_2	5,58%
CA	36,42%
	96,97%

Az oldható rész tényleges ásványtani összetétele a két határérték között lesz.

A végső összetétel kialakításához az oldhatatlan maradékot is figyelembe kell vennünk.

Az SiO_2 nem érdemel különösebb említést. Valószínű kristályos kvarcsemcsékből áll, amely tehát SiO_2 alakban van jelen a cementben. Értéke az egész mennyiségre átszámítva :

SiO_2O , 13%

Az SO_3 az oldhatatlan részben is CaSO_4 -et képez, CaSO_4 ... 0,02%

A TiO_2 CaO TiO_2 -t alkot, CaO TiO_2 0,1%

Az oldhatatlan nagyobbik részét 2,85% spinellek gyűjtőnév alatt állíthatjuk be, miután az MgO Al_2O_3 , $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O}$ $(\text{Al}, \text{Fe}_2)\text{O}_3$.

FeO Al_2O_3 , FeO Fe_2O_3 spinellek különböző kombinációi lehetségesek, melyet számítani nem igen érdemes.

Aluminátcementünk teljes ásványtani összetételének határesetetei tehát a következők lesznek :

$\text{C}_6\text{A}_4\text{F}''\text{S}$	9,36%	9,36%
$\text{C}_6\text{A}_4\text{MS}$	0,63%	0,63%
C_4AF	33,7 %	—
C_6AF_2	—	26,26%
C_2AS	13,1 %	13,1 %
CaSO_4	2,18%	2,18%
CaO TiO_2	3,56%	3,56%
CA_2	13,9 %	5,58%
CA	20,65%	36,42%
SiO_2	0,13%	0,13%
spinellek	2,85%	2,85%
	100,06%	100,07%

A valóságos állapot természetesen még sok egyéb problémát vet fel, amelyet a számítás során elhanyagoltunk. Ezek között talán a legfontosabb, hogy a CA , a CA_2 , sőt a C_2AS jelentékeny mennyiségű Fe_2O_3 -t képes rácsába feloldani, ami az értékesebb aluminátösszetevők mennyiségének növekedését eredményezheti. El kellett hanyagolni a C_2S keletkezése lehetőségeinek a vizsgálatát is.

E helyen is rá szeretnék még mutatni arra, hogy az aluminátcementek elhelyezkedése a különböző négyes rendszerekben még sok tisztázandó kérdést vet fel és a még legkevésbé feldolgozott $\text{CaO—Al}_2\text{O}_3\text{—Fe}_2\text{O}_3\text{—FeO}$ rendszer további tanulmányozása az aluminátcementek ásványi összetételének pontosabb meghatározása szempontjából elengedhetetlen.

Az aluminátcementek összetételével párhuzamosan kell megemlékeznünk az aluminátsalakokról. Ezek az összetételben és tulajdonságokban az aluminátcementekhez igen közelálló kohászati salakoknak igen jelentős hidraulikus energiájuk van és kedvező körülmények között önmagukban is használhatók — cementként. A kalciumaluminátsalakok legcélszerűbben timföldgyártási célokra nem alkalmas, magas vasoxid és kovasav tartalmú bauxitoknak vasérc és mészkőadagolással való kohósítása során keletkeznek, amikor főtermékként igen jóminőségű nyersvas gyártható. A kalciumaluminátsalakkal gyártott nyersvas gázmentes, rendkívül alacsony (0,01%) S tartalommal, finom és egyenletes grafiteloszlással. Ezen értékes tulajdonságok a minőségi acélgyártásnál is számottevő előnyöket kölcsönöznek a nyersvasnak.

IV. Az aluminátcementek előállítás

A bauxitból és a mészkőből összeállított rendszernek egészen mások a hevítési, termikus, olvadási és ásványképződési feltételei, mint a portlandcement nyersanyagainak. Ez a portlandcementgyártástól egészen eltérő technológia kialakítását kívánta meg.

A képződési feltételekben fennálló legnagyobb különbség ott van, hogy az aluminátcementeknél a lágyulás kezdete és a teljes megolvadás között rendkívül kicsi a hőfokkülönbség. E szűk hőmér-

séketli intervallumhoz kellett igazítani a gyártási előírások legdöntőbb részét, az előkészítő műveleteket, elsősorban a szárítás és őrlés vonalán. Különösen pedig az égetési technológiát. Lényeges különbség van a hidraulikusan értékes komponensek képződési és stabilitási hőmérsékleteiben.

Az aluminátcementek előállításánál is természetesen a portlandcementgyártásnál jól bevált forgókemencével kísérleteztek először. A forgókemencés aluminátcementgyártás nem vált be. A lágyulási pont és az olvadás kezdete közötti hőmérsékletkülönbség oly kicsi, hogy forgókemencés üzemből elkerülhetetlenek voltak az állandó besülések, betapadások, melyek a kemence folytonos üzemét lehetetlenné tették. Még portlandcement jellegű, a szokásosnál valamivel több vasat tartalmazó klinkerégetésnél is igen súlyos problémákat okoz a gyors és nagymérvű olvadás, amely a bauxitcementklinker égetését forgókemencében majdnem lehetetlenné teszi. Hazai kísérletek ennek ellenére is történtek bauxitklinkernek forgókemencében való égetésére. A kísérlet elég nehézkes volt és a nagyüzemi kísérlet jellegén nem ment túl. A forgókemence könnyű, gyors és pontos szabályozása miatt a generátorgázzal és szénpor-tüzeléssel való kombinált tüzelési módot választották. A kemence gyors betapadását így el tudták kerülni és az üzemszerű állapotot meg tudták közelíteni, de a módszer, nehézkessége, a gyártott cement egyenlőtlensége miatt rövid kísérletezés után lekerült a napirendről.

Ugyanígy sikertelenek voltak a külföldi próbálkozások is, aluminátcementnek forgókemencében történő előállítására (pl. az amerikai „Lumnite” eljárás).

Meg kellett tehát keresni azt az égetési módszert, amely az adott lehetőségekhez legjobban igazodik. Két út látszott járhatónak. Minimális zsugorítással, részben a szilárd fázisban végbemenő reakciókat feltételezve, vagy a nyersanyag teljes megolvasztása útján.

A magyar bauxitcementgyártás az előbbi utat választotta és kidolgozta a körkemencében való bauxitcementégetést. Többéves fáradságos munka után 1928-ban sikerült kidolgozni azt a gyártási eljárást, amely a hazai bauxitok felhasználásával kb. 1250°-on való zsugorítással jó minőségű, egyenletes bauxitcementet tudott előállítani.

A francia cementipar már korábban a teljes megolvasztás útjára lépett és ezt átvette tőle jóformán minden ország, ahol aluminátcementet gyártanak.

Az olvasztásos eljárások legrégibb kivitele a vízkőpenyes kupolókemencében való olvasztás. A kúpoló adagolónyílásán koksszal együtt adagolják a bemért mészke és bauxit elegyet. Ha a termék egyenletes minőségére súlyt helyeznek, a nyersanyagot ugyanúgy készítik elő, mint a portlandcementnél. Előzetesen tehát finomra őrlik, pontosan beállítják, darabosítják (tégglává préselik). A lefelé haladó anyagárammal szemben forró levegőt fújatnak. A megömlesztés 1500–1600°-nál történik. A kupolókemence viszonyai

hasonlítanak a nagyolvasztóéhoz. A kokszt a bauxit vastartalmát redukálja. Fémvas keletkezik, amely megolvadva a kemence alján gyűlik össze, az aluminátcement pedig — fajsúlyánál fogva — e felett helyezkedik el. A kemencéből mindkét olvadék csapolással távolítható el. A formákba csapolt aluminátcementet kihűlés után őrlik.

A kemence, illetve az eljárás energiaigénye rendkívül nagy. A fajlagos hőszükséglet 3000 kal/kg aluminátcement körül mozog.

Továbbfejlesztése ennek az eljárásnak — bár azt rendkívül nehézkessé teszi — a most már csak előmelegítésre szolgáló akna kombinálása a tulajdonképpeni olvasztótérrel. Ez lényegében egy kád-kemence, szénpor, gáz vagy olajtüzeléssel.

Forgókemencét is próbálták felhasználni az aluminátcement olvasztásos úton való előállítására. Igen körülményes megoldásokat dolgoztak ki ennek érdekében. Így többek között külön égető és külön olvasztókamra megépítésével próbálkoztak. Természetes, hogy ezek az eljárások sem terjedtek el.

Legismertebb eljárás az aluminátcementnek elektrokemencében olvasztásos úton való előállítása, ma már mindenütt Söderberg elektródákkal. Elektrokemencében való olvasztáshoz az anyagot nem kell előzetesen őrlni; elegendő a durvább aprítás és a homogenizálás. A használatos kemencetípusoknál a mészkefelbontása az olvasztótér felett történik. Ellenkező esetben az olvasztótérben robbanásszerűen eltávozó CO₂ az üzemmenetet zavarja. Indulásnál a kemencét koksszal fűtik fel s amint elegendő megolvadt anyag képződik, a kemence mint ellenálláskemence dolgozik tovább. Ügyelni kell arra, hogy a gyártás során kalciumkarbid ne keletkezzék. Az üzemmenetet még tovább egyszerűsíthető azzal, hogy égetett meszet és kalcinált bauxitot adagolnak a kemencébe. Az elektrokemencében való olvasztás energiaszükséglete igen magas, 1000–1400 kW/t klinker, ami többszöröse a zsugorítással történő gyártás energiaszükségletének (27). Magas vasoxidtartalmú nyersanyagoknál gondot okoz a vasnak fémvassá történő redukálása. Az olvasztási folyamat irányításával elérhetjük azt is, hogy az SiO₂ fém-szilíciummá redukálódik. Ezáltal a vas és a Si ferroszilícium (FeSi) ötvözet formájában kinyerhető, bár a szokásos üzemi hőmérséklet (1600° körül) ennek sikerét nem mindig biztosítja. Az elektrokemencék teljesítménye a kemencék nagyságától függően 10–50 t/nap között mozog.

Az ismertetett eljárások és berendezések aránylag kis teljesítménye és rendkívül rossz energiazdálkodása vetette fel az aluminátcementeknek nagyolvasztóban történő előállítását, nyersvasgyártással egyidejűleg. Ezzel megoldhatónak látszott a bauxitok vastartalmának hasznosítása is. A nyersvasra való járattás természetesen az elegy vastartalmának emelését kívánta meg. Erre a célra, tekintettel az aluminátsalak minőségére, alacsony SiO₂ tartalmú vasércet használtak. A nyersvasgyártásnak és megfelelő hidraulikus tulajdonságú aluminátsalak előállításának egy-

idejű megoldása komoly gondot jelent. Különös gonddal kell eljárni az elegy összeállításánál, hogy a keletkezett aluminátsalak összetétele, olvadáspontja, viszkozitási viszonyai, a kéntelenítés stb. a kohósítás folyamatát ne zavarják meg.

Nagyolvasztónak aluminátsalakra való járatása már több évtizedre tekint vissza. A kezdeti, bátortalan kísérletek után 1925—1928-ban a németországi Lübeck nagyolvasztómű Weidenauban nagyüzemileg oldotta meg az aluminátsalak gyártását. A bauxitok felhasználásával aluminátsalakra járatott nagyolvasztóban előállított nyersvas jóminőségű volt, egészen alacsony kéntartalommal és hasonlított a széndús, faszenes svéd nyersvashoz.

A Rolandshütte nagyolvasztóban előállított aluminátsalak jóminőségű, ismert kötőanyaggá vált és bebizonyította, hogy a kérdés műszakilag teljesen megoldott és az eljárás gazdaságos.

A Rolandshüttei eljárást azóta továbbfejlesztették és ma már igen sok ország nagyolvasztóban állítja elő aluminátcementszükségletét.

Az olvasztott aluminátcementek hűtése okoz külön gondot. A nagyolvasztósalakokkal ellentétben a timföldcement hidraulikus energiája a gyors lehűlés során csökken, éppen ezért lehetőleg lassan kell lehűlni hagyni az olvadékot. Ez a gyártás folytonosságát, az anyagmozgatás egyenletességét veszélyezteti.

Aluminátsalakok előállításával Magyarországon is eredményesen foglalkoztak.

A bauxit vastartalmának kinyerésére kalciumaluminátsalak egyidejű képzésével 1938—1939-ben Pétfürdőn folytatták le az első hazai kísérleteket, Dr. Nahoczky A., Selmeczi B. és Visnyovszki L. vezetésével. A kísérleti kemence közel egy évig volt üzemben és ez a kísérlet is bebizonyította, hogy nagyolvasztóban kalciumaluminátsalak képzése mellett a nyersvasgyártásnak gyakorlati akadálya nincs.

A gyártott nyersvas és cement minősége mindenben megfelelt a várakozásnak (28).

A nyersvas összetétele :

C	4,56%
Si	1,06%
Mn	0,25%
P	0,47%
S	0,012%

Ez a nyersvas elsősorban mint öntészeti és hematit nyersvas jöhet tekintetbe. A nyersvas kiváló minőségű, ezért különleges célokra, pl. temperöntvények előállítására kitűnően használható. Igen jól feldolgozható Martin-kemencékben és elektroacélgyártásnál a faszenes svéd nyersvasat helyettesítheti (28).

Az aluminátsalak kéntelenítő hatása jobb, mint a szilikátsalaké, így a nyersvas kéntartalma

még magas S tartalmú elegyek esetén sem emelkedik a 0,02% fölé.

A salak örlése során előállított cement jó szilárdsági tulajdonságokkal rendelkezett. Kétnaponyomószilárdsága elérte, sőt felülmúlta a 400 kg/cm²-t, 28 napos nyomószilárdsága egyes esetekben a 800 kg/cm²-t is elérte, de átlagértékben is 500—600 kg/cm² között volt. Kémiai összetételét a 11. táblázat tartalmazza.

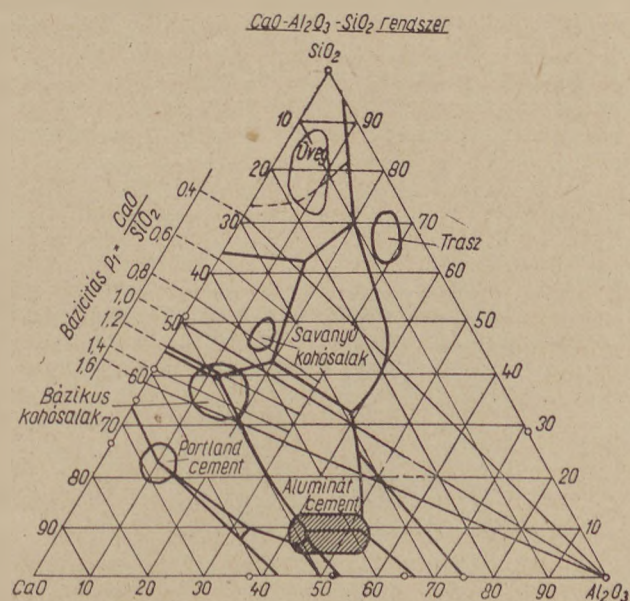
A pétfürdői kísérletek alapján évekkel később Diósgyőrben megépített kísérleti nagyolvasztó hasonló kedvező eredményeket hozott, bár a kísérletek elején az aluminátsalak összetétele kedvezőtlenül alakult. Az SiO₂ tartalom állandóan meghaladta a 10%-ot.

Diósgyőrben két — egymástól lényegesen különböző — aluminátsalakot állítottak elő. Az egyik a csapolást követő gyors hűtés során egész finom porrá omlott szét, a másik megmaradt darabos állapotban. A porlást nyilvánvalóan a C₂S β — γ átalakulása eredményezi.



27. ábra

Röntgenvizsgálatnak vettem alá egy Diósgyőrben 1950-ben előállított széteső aluminátsalakot. A röntgenfelvétel a 27. ábrán látható.



28. ábra

A két aluminátsalak röntgenvizsgálati adatait a 13. táblázat tartalmazza.

A CA jelenléte a 2,97 és 2,40 kx körüli interferenciavonalak mutatnak. A 2,72, 2,18 kx körüli vonalak a C₂S-et jelzik, míg a 4,07, 3,66 és 3,34 kx

13. táblázat

Diósgyőri széteső alumínátsalak (1950)	Indiai alumínátsalak (1937)
<i>d_{hm} kx</i>	
4,764	4,752
4,079	3,690
3,665	3,364
3,328	2,948
3,106	2,837
2,976	2,678
2,825	2,407
2,725	2,183
2,666	2,103
2,506	2,025
2,391	1,966
2,279	1,900
2,178	1,817
2,016	1,759
1,920	1,719
1,798	1,550
1,745	1,519
1,640	1,433
1,631	1,343
1,600	
1,511	
1,369	

körüli interferenciavonalak C_2AS -re engednek következtetni és egyúttal azt is jelzik, hogy a gyors hűtés miatt a kristályosodás igen zavarosan ment végbe.

Az alumínátsalakot Magyarországon csak kísérleti jellegű épületeken használták fel. A használhatóság kérdésére később még visszatérünk. Itt erről csak annyit, hogy az alumínátsalak viselkedését illetően teljesen azonos az egyéb úton előállított alumínátcementekkel. Az bizonyos, hogy a kalciumaluminát bázisú kötőanyagok előállításának ez a legegyszerűbb és legolcsóbb, a bauxitok vastartalma kinyerésének műszakilag megoldott módja, sőt a kohászati salakokban befagyasztott igen nagy mennyiségű Al_2O_3 hasznosításának egyik lehetősége. A hazai kísérleteket, egyéb eredményei mellett, elsősorban ilyen szemszögből kell értékelni.

Az alumínátcementek nyersanyagának előkészítése, a klinkernek cementté való őrlése lényegileg nem különbözik a portlandcementgyártásnál megismert folyamatoktól. Cementtechnológiaiilag a leglényegesebb különbség a kétféle cement között az, hogy a kötési idő szabályozására nincs szükség gipszre.

I. A bauxitcement meghatározása

A bauxitcement olyan hidraulikus kötőanyag, melyet finomra őrlött és tökéletesen összekevert mész- és bauxit nyersanyagokból, ezeknek zsugorodásáig történő égetésével és a zsugorodásig égetett anyag szabványfinomságra való őrlésével állítanak elő.

A bauxitcement átlagos összetétele a következő:

Izzítási veszteség	0,1— 0,5%
SiO_2	3,5— 6,0%
Al_2O_3	40,0—42,0%
CaO	36,0—38,0%
Fe_2O_3	12,0—14,0%
TiO_2	1,5— 2,5%
MgO	0,5— 2,0%
SO_3	1,0— 2,0%

A bauxitcement izzítási vesztesége a vizsgálatra beküldött állapotban nem lehet több 3%-nál.

Izzított állapotban a bauxitcement MgO tartalma legfeljebb 5%, kénsavanhidrid (SO_3) tartalma legfeljebb 2,5% lehet.

II. A bauxitcement minőségi feltételei

1. Őrlési finomság:

a „900“-as szitán áthullott anyag legalább 98%,

a „4900“-as szitán áthullott anyag legalább 80% legyen.

2. Kötés kezdete:

a víz hozzáadásától a kötés kezdetéig eltelt idő legalább 1 óra legyen.

3. A bauxitcement térfogatállandó legyen.

4. A bauxitcement szilárdsága legalább a következő legyen:

(a későbbiekben látni fogjuk, hogy a magyar bauxitcement ezeket a szabványelőírásokat messze túlhaladta):

A próbatest kora	Húzó- szilárdság	Nyomószilárdság kg/cm ²
1 napos	25	450
3 „	28	550
28 „	33	650

III. A bauxitcement megvizsgálása

A megvizsgálendő cementet összekeverjük. Az összekevert cementet 0,75 mm nyílású szitán átszítaljuk. A szitán fennmaradó kemény részeket, vagy összetapadt kemény csomókat lemérjük, súly%-ban megadjuk és a további vizsgálatoktól eltávolítjuk.

1. *Laza térsúly meghatározása:* Ugyanaz, mint a portlandcementgyártásnál.

2. *Őrlési finomság meghatározása:* szitalással történik, ugyanúgy, mint a portlandcementnél.

3. *A kötés folyamatának vizsgálata:* Vicat-tűvel ugyanúgy, mint portlandcementnél. Különbség csupán az, hogy bauxitcementnél a pép sűrűségének meghatározása után egy hőmérőt helyezünk a szabványsűrűségű pépbe, melyen a lekötési próba hőmérsékletének emelkedését figyeljük meg. A kötés során keletkező meleget kötési hőnek nevezzük. A kötési hő kezdetét a szabványpép készítésétől kell számítani és órákban, percekben megadni. Kezdetének azt az időpontot vesszük, mikor a pépbe helyezett hőmérő határozott hőemelkedést mutat. Meghatározása a szab-

ványszilárdsági próbák (húzó, nyomó, főző és lepénypróbák) kezeléséhez (locsolásához) szükséges.

4. Térfogatállandóság vizsgálata

A bauxitcement térfogatállandóságának vizsgálatára a lepénypróba és a főzőpróba szolgál, melyek közül — eltérő eredmény esetén — a lepénypróba a mértékadó ;

- a) lepénypróba,
- b) főzőpróba, ugyanaz, mint a portlandcementnél.

5. Szilárdsági vizsgálatok

Ugyanazok, mint a portlandcementnél.

IV. A bauxitcement szállítása

A bauxitcementet zsákokban kell szállítani. Minden zsákon rajta kell lenni a gyártó cégnek és feltűnő módon a **B A U X I T C E M E N T** megjelölésnek.

A bauxitcementet különleges színű zsákokban hozták forgalomba. Minden zsákon részletes utasítás van a felhasználók részére.

Nagyszilárdságú gipsz „GP“

PEREDARIJ, I. A.

A közönséges építészeti gipsz jelenlegi gyártási módszerei (a gipszkő égetése kemencékben vagy pedig a gipszkő „főzése“ katlanokban) inkább az évszázados gyakorlatban, mint a korszerű tudomány adatain alapulnak.

Az alkalmazott gyártási módszerek tökéletlensége következtében a közönséges gipsz minősége másodrendű. Ez megakadályozza, hogy a gipsz alkalmazási területét kiterjeszthessük az építészetben.

A legutóbbi 10 év folyamán a szovjet tudósok és szakemberek egy új módszert dolgoztak ki és vezettek be az iparba. E módszer szerint a gipszet úgy állítják elő, hogy a gipszkövet nyomás alatt gőzzel kezelik, majd kiszáritják és porrá őrlik. Az így előállított gipsz szilárdsága kétszeresen múlja felül a közönséges gipsz szilárdságát.

Így készítik a GP márkájú nagyszilárdságú gipszet.*

* A Szovjetunióban a szerző prioritása.

A kutatási eredmények alapján beigazoltnak vehetjük, hogy a közönséges gipsz alacsony szilárdságát az idézi elő, hogy a gipsz porózus, törmelék alakú kisméretű kristályokból és kristályhalmazokból áll.

Ez a szerkezet annak a következménye, hogy a hidrát-víz szabadon és gyorsan távozott el a gipszből, ennek nyitott (nem hermetikusan zárt) berendezésekben történő melegítésekor. A gipsz egyenetlen melegítése is, ilyen körülmények között, rontja a nyert termékek minőségét.

A „GP“ márkájú, nagyszilárdságú gipsz nagyméretű, hosszúkás, tűalakú kristályokból áll (1. ábra). A kristályok tömörebbek a közönséges gipsz kristályainál, ami nyilvánvalóan kitűnik a kétféle gipsz fajsúlyainak összehasonlításakor is (1. táblázat).

A „GP“ nagyszilárdságú gipsz kristályainak fokozott tömörsége a kétkristály vizes gipsz dehidratációjának és átkristályosodásának követ-



1. ábra. A kristályok mikrofényképei: a) közönséges (félkristályvizes) gipsz; b) nagyszilárdságú GP gipsz, 6900-szoros nagyítás

1. táblázat

A közönséges és a nagyszilárdságú GP gipsz főtulajdonságainak összehasonlító mutatói

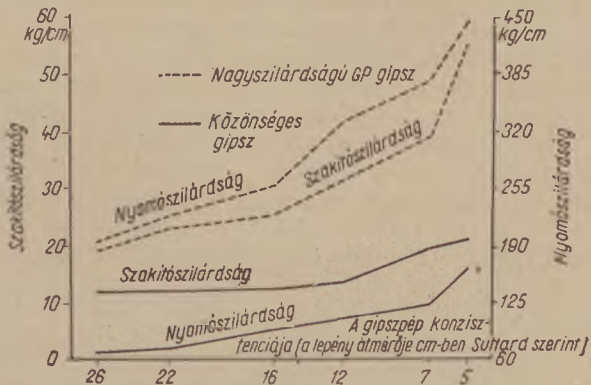
Sor-szám	M u t a t ó	Mérték	Közönséges gipsz	Nagyszilárdságú gipsz
1.	Fajsúly	—	2,32	2,76
2.	Térfogatsúly lazán beszórt állapotban	6/m ³	0,80	0,98
3.	Örlési finomság:			
	a) maradék 64 lyuk/cm ² szitán	‰	1,8	1,01
	b) maradék 900 lyuk/cm ² szitán	‰	18,7	3,2
	c) maradék 1600 lyuk/cm ² szitán	‰	38,0	15,0
4.	Normális sűrűség eléréséhez szükséges (Suttard szerint) víz 100 g gipszre	cm ³	62,0	40,0
5.	Hidrátvíz-tartalom	‰	6,1	5,4
6.	Kötési idő: a) kezdet	perc	5,0	8,0
	b) befejezés	perc	6—30	10—30
7.	Szakítószilárdság:			
	a) egy óra után	kg/cm ²	7,9	20,2
	b) légszáraz	kg/cm ²	18,0	47,3
8.	Nyomószilárdság:			
	a) egy óra után	kg/cm ²	46,0	123,0
	b) légszáraz	kg/cm ²	87,0	313,0
9.	A gipszből készült termékek vízfelvevőképessége	‰	27,6	13,8
10.	Lágyulási tényező	R víz	0,41	0,52
		R száraz		
11.	A termékek szilárdsága vízzel telített állapotban:			
	a) hajlítészilárdság	kg/cm ²	60,0	102,9
	b) nyomószilárdság	kg/cm ²	48,5	95,0
12.	A vízzel telített termékekben a deformációk fokozatosan megszűnnek ezen nyomóterheléseknél	kg/cm ²	6,0	23,8
13.	A vízzel telített próbatestek maximális deformációi a 12. p.-ben mutatott terheléskor	mm/m	25,7	1,17
14.	Vízleadás vagy a vízzel telített termékek szilárdságának helyreállítása levegőn történő tárolás esetében	nap	9,0	5,0

kezménye, ami a félkristály vizes gipsz kristályai intenzív növekedését biztosító körülmények között az atomok tömörülésével egyidejűleg történik (gőzölés, nyomás alatt és az utána következő szárítás).

A fizikai-mechanikai vizsgálatok eredményei szerint egyenlő mennyiségű „kötési“ víz esetében a GP nagyszilárdságú gipszből készült próbatestek szilárdsága jelentékeny mértékben magasabb, mint a közönséges gipszből készült próbatestek. Ezt szintén a gipszkristályok nagyságával, alakjával és tömörségével magyarázhatjuk (2. ábra, 2. táblázat).

A fentebbi megállapításokat igazolják még a nagyszilárdságú GP gipszből és a közönséges gipszből készült próbatestek petrografikus és elektronmikroszkópikus vizsgálatainak, valamint a közönséges nagyszilárdságú GP gipszből készült

szilárduló pépek elektronmikroszkopikus vizsgálatainak eredményei.

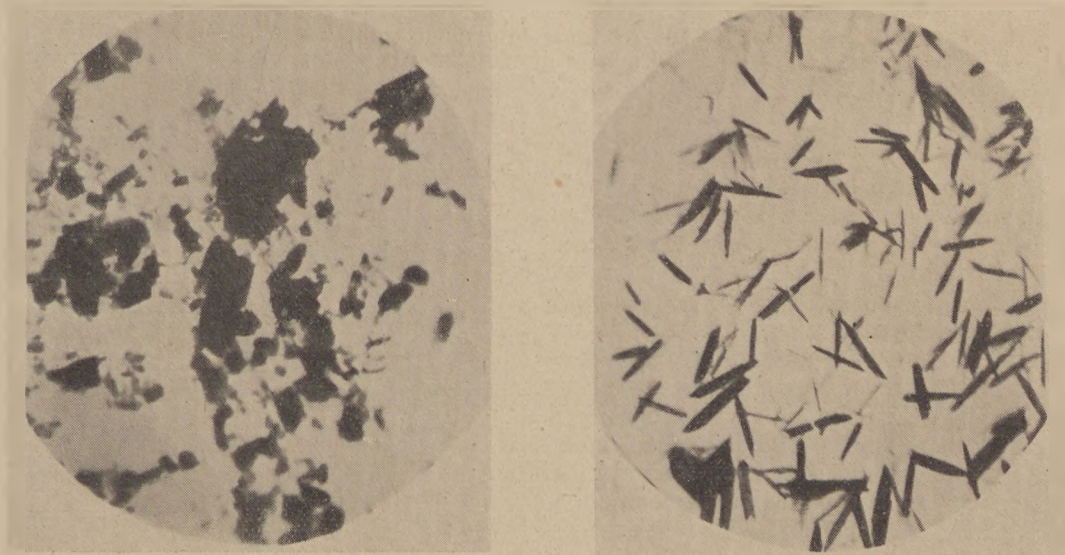


2. ábra. A nagyszilárdságú GP, a közönséges gipsz és a gipszpép konzisztenciája közötti összefüggés

2. táblázat

A nagyszilárdságú GP gipsz és a közönséges gipsz szilárdsága és a gipszpép konzisztenciája közötti összefüggés

Víz-gipsz-tényező	Nagyszilárdságú GP gipsz			Közönséges gipsz		
	Konzisztencia	Szilárdság kg/cm ²		Konzisztencia	Szilárdság kg/cm ²	
		szakító	nyomó		szakító	nyomó
0,30	Vibrobedolgozásra	54,5	436,0	Ha v/g 0,30	—	—
0,35	Földnedves	39,5	375,0	0,50 között van, pépet készíteni nem lehet	—	—
0,40	Normál	31,9	330,0			
0,50	Öntött	24,0	227,0	Vibrobedolg.	21,80	163,2
0,55	Tej	19,40	196,0	Földnedves	20,50	124,0
0,62	Tej	17,3	162,0	Normál	14,50	105,0
0,67	Tej	16,20	137,0	Öntött	13,80	94,0



3. ábra. A szilárduló gipszpép mikrostruktúrája : a) közönséges gipszből készült pép ;
b) nagyszilárdságú GP gipszből készült pép

Amint ezt a 3. ábrán láthatjuk, sem az első próbatest, sem pedig a második nem vett fel tömör monolit alakot, az első azonban annak a gipsznek pszeuromorf alakját képező szabálytalan alakú kristályaiból áll, melyből nyerték és amely nyilvánvalóan a próbatest felületén hidratálódott. A nagyszilárdságú szilárduló GP gipszből való pép szerkezetének alapja, a félkristály vizes gipsz jellegzetes kristályainak váza. A kristályok a különböző síkokban egymásba fonódnak.

A próbatestek szilárdsága egyenes arányban áll a gipszben lévő félkristály vizes gipsz nagyméretű kristályainak mennyiségével és a szilárdság annál nagyobb, minél magasabb a gipsz fajsúlya.

A nagyszilárdságú GP gipsz fentemlített természetéből — amint ezt az 1. táblázatból is láthatjuk — következnek a magas mutatók a gipsz egyéb fontos tulajdonságai tekintetében is : a kötési idő, vízállóképesség, lágyulás, plasztikus

deformációval szembeni ellenállás és nedvességleadás tekintetében.

A nagyszilárdságú GP gipszet — tekintettel ezekre a jellegzetes tulajdonságaira — sikeresen alkalmazhatjuk teherbíró szerkezetek készítésére.

Az elmondottak alapján a gyakorlat céljaira igen fontos alábbi következtetést vonhatjuk le :

A közönséges építészeti gipsz gyártását gyökeresen meg kell javítani és a közönséges gipsz gyártását célszerű nagyszilárdságú gipsz gyártásával helyettesíteni, mivel ez lehetővé teszi, hogy azonos költségek mellett lényegesen jobb anyagot nyerhessünk.

A nagyszilárdságú GP gipsz gyártási technológiájának részletes leírását, a gyártás szervezésére vonatkozó utasításokat, a vizsgálat és az építészetben való alkalmazás ismertetését a következő cikkeinkben közöljük.

A minőségvizsgálat statisztikai módszerei

REJTŐ GYÖRGY

2. közlemény

20. Ellenőrzés tömeggyártásnál

A nagy tömegben előállított termékeknel, automaták, gépek termékeinel általában azt tapasztalhatjuk, hogy mindaddig, amíg rendellenes hatás nem érvényesül a gyártás folyamán, az eltérések gyakorisági megoszlása az ún. normális vagy Gauss-féle megoszlás szerint alakul. Ez azt jelenti, hogy a termékek túlnyomó részét a beállításnak megfelelő méretben, illetve az előírt minőséggel készíti a munkagép és az eltérések a megengedett tűrésen belül a középérték körül tömörülnek. Ezeknek az eltéréseknek igen számos apró, véletlen és egyéb olyan oka van, amelyek állandóan hatnak, de különböző mértékben (pl. rezgések, kopások stb.).

A normális eloszlást jellemző Gauss-féle görbének alapvető tulajdonsága, hogy a vízszintes tengely két pontja közötti szakasz fölött és a görbe megfelelő része alatt lévő terület azoknak a gyártmánydaraboknak részarányát adja, amelyeknek mérete e két érték közé esik. Normális eloszlásnál az átlag és az átlagos négyzetes eltérés (szigma) pontosan vagy közelítően megállapítható. Az eloszlásgörbéből következtethetünk arra, hogy a megadott két érték közé eső méretet vagy minőséget az egész sokaságból milyen arányban várhatunk. A Gauss-görbe értékeit feltüntető táblázatokból kiolvasható, hogy a statisztikai sokaság tagjai a következőképpen oszlanak meg (a fentebb már ismertetett „t” értékeknek megfelelően):

$m - \mu$ és $m + \mu$ közé a sokaság 68,27%-a,

$m - 2\mu$ és $m + 2\mu$ közé a sokaság 95,45%-a,

$m - 3\mu$ és $m + 3\mu$ közé a sokaság 99,73%-a.

A sokaság kétharmad része tehát $m - \mu$ és $m + \mu$ határértékek közé fog esni, illetve csak 0,27%, tehát gyakorlatilag elhanyagolható mennyiség esik az $m - 3\mu$ és $m + 3\mu$ határokon kívül. Hasonló számításokkal igazolható, hogy a sokaságnak kereken 50%-a esik $m - r$ és $m + r$ határok közé, ahol az r érték 0,6745 σ -nek felel meg. (m -el a fentiekben a mintasokaság számtani átlagértékét jelöljük.)

A fenti szabályos eloszlástól elkülönítendőek az olyan eltérések, amelyeket meg nem engedhetők okok idéznek elő. Ilyenek a tűrési határokon kívül esnek.

Az ilyen eltérések lehetősége miatt szükséges, hogy a termelést állandó ellenőrzés alatt tartsuk. Ez a megállapítás a gyártásközi ellenőrzésre vonatkozik. Ellenőrzésünk akkor eredményes, ha a termékek bizonyos értékeinek — méreteinek, minőségi tulajdonságainak — eltérése a helyes középértéktől a lehető legkisebb és az értékek megszabott határokon belül maradnak. Mivel a tömeg- vagy sorozatgyártmányok tulajdonságai többnyire normális eloszlást mutatnak, gyártásközi ellenőrzési eljárás esetén a megfigyelt adatok

alakulásából, irányzatából a normálistól eltérő jelenségekre is sok esetben következtethetünk.

A gyártásközi ellenőrzésnek a legjobban bevált — bár nem egyetlen — módszere a kontrollkártyák révén történő ellenőrzés.

A végellenőrzés — a gyártmányellenőrzés — legjobb módszere pedig a reprezentatív mintavétel útján történő ellenőrzés.

21. Kontrollkártyás ellenőrzési módszer

A gyártásközi ellenőrzés lényege, hogy a termékek bizonyos értékeit megszabott határok között tartsuk. A megszabott határok az egyes darabok bizonyos értékeire vonatkozólag: a toleranciahatárok; ezektől megkülönböztetendőek az ellenőrzés során alkalmazandó kontrollhatárok, melyeket a mintában megvizsgált darabok alapján számított értékeknek nem szabad átlépniük.

Tulajdonképpen erre támaszkodik a futóellenőrzés is. A kontrollkártyás rendszernek előnye minden más módszerrel szemben az, hogy a mintából nemcsak a meglevő sokaságra következtet, hanem a gyártási folyamatot károsan befolyásoló okokat előre jelzi. A valószínűségszámítás elvei alapján az értékek irányzatából következtetni enged arra a lehetőségre, amikor a káros hatások miatt a selejt lehetősége felmerül. Idejében figyelmeztet tehát a beavatkozásra. A kontrollkártyás ellenőrzési módot nem jellemzi a másfajta módszereknek az a hibája, hogy csak a már előállt selejt alapján észleli a hibát. Általában a kontrollkártyák segítségével az értékek tendenciájából 1—2 órával előbb megállapítható az az időpont, amikor selejt keletkezhet. A gyártási folyamat tehát megjavítható, ezért ezt az ellenőrzési módszert joggal tekinthetjük és nevezhetjük aktív ellenőrzésnek.

A statisztikai minőségellenőrzés a kontrollkártyák három fő típusát alkalmazza:

1. Ellenőrző diagramok mérhető minőségi jellemzőkre. Ezeket $\bar{x}$ és R vagy $\bar{x}$ és σ kártyáknak is nevezzük.

A kártyákon a mintáknak mindig valamilyen mérhető és megmért tulajdonságát jegyezzük fel, megfelelő grafikus módszerrel.

A mintában mért értékek átlagából ($\bar{x}$), a legkisebb érték és a legnagyobb érték közötti különbségből (R), illetve a minta méreteinek szórását jellemző átlagos négyzetes eltérésből (σ) következtetünk a minőségre.

2. Kontrollkártyák a selejtszázalékra, más-kepp „p-kártyák”.

Ez esetben az egyes mintákban talált selejtszám és a minták számának hányadosa (p) alapján következtetünk a minőségre.

Itt tehát az ún. megfelelőségi ismérvek alapján számolunk, amelyek lehetnek igen egyszerűek is pl. törött vagy nem törött az üvegpohár.

3. Kontrollkártyák egységenkénti hibaszámra: ún. „c-kártyák”.

A kártyákon azt tüntetjük fel, hogy a gyártmány egy egységében (pl. 1000 db téglában) hány hibásat, selejtes darabot találtunk.

A kontrollkártyáknak ezek a formái mind megegyeznek abban, hogy egy kártyaszerű, rendszerint milliméter-beosztású grafikonlapra rajzolt koordináta-rendszer segítségével ábrázolják a megfigyelt jelenséget. Fontos tényezője a kártyának: a középértékvonal. Ettől lefelé és felfelé összesen négy határvonalat kell meghúzni, és pedig az alsó és felső toleranciahatárt és az ezeknél szigorúbb — vagyis csak kisebb eltérést toleráló, biztonsági — kontrollhatárokat.

Az ellenőrző diagram típusától függ, hogy a kártyára milyen értékhatárokat rajzolunk. Műszaki megítélés kérdése, hogy az előírt toleranciahatárokkal szemben milyen szigorúbb kontrollhatárokat veszünk fel a kártyára.

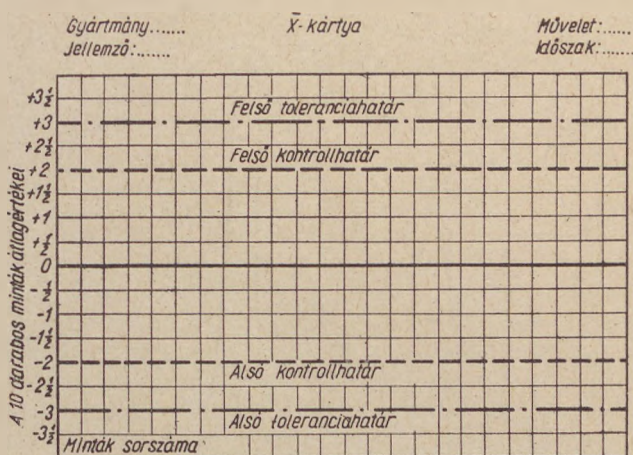
A kártyán függőleges irányban a vizsgálandó tulajdonságokat vesszük fel, vízszintesen pedig a vett minták sorszámát.

A kártyát könnyen hozzáférhetően helyezzük el annak a gépnek vagy berendezésnek a közelében, ahol a vizsgálandó műveletet végzik. Az ellenőr meghatározott időközökben megméri előre meghatározott számú gyártmánynak az ellenőrzendő jellemzőjét, ezt egy táblázatra feljegyzi és az így feljegyzett adatokból számított értékeket felvezeti a diagramra. Ha a kártya betelt, vagy az ellenőrzött gyártmány előállítására befejeződött, a kontrollkártyákat a MEO feljegyzései között megőrzik, mint a gyártási folyamat ellenőrzésére vonatkozó okmányt.

Amennyiben a gyártás szabályszerűen folyik, úgy egyetlen vizsgált értéknek sem szabad a kontrollhatárokon kívül esni. Normális megoszlás esetében az értékek így is alakulnak. Az esetben ha az értékek a határokon kívül esnek, úgy meg nem engedhető okokból a gép vagy berendezés a normálistól eltérően működik. Ha a gyártási folyamat ellenőrzés alatt áll, az ellenőrző diagram jelezni fogja azt is, hogy pl. a gép beállítása nem megfelelő, mert bár az értékek nem mutatnak nagy eltéréseket, de minden érték pl. az alsó határvonal körül helyezkedik el.

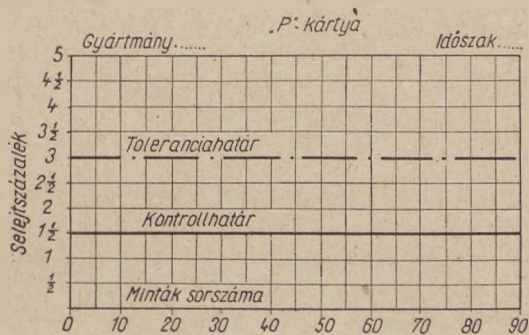
Az sem fordulhat elő, hogy az egyik műveletnél a jó minőségű gyártmány előállítását a megelőző művelet hiányos vagy rossz eredménye akadályozza meg. Minden műveletnél biztosítja ugyanis a kontrollkártya azt, hogy az elkészített gyártmányok bizonyos minőségi feltételnek — két adott határ között — megfeleljenek. Az eddiginél sokkal jobban elhatárolhatjuk tehát a selejt-okokat. A statisztikai ellenőrzés az eddigi ellenőrzési módszerekkel ellentétben szemmel látható módon, mindenki előtt hiteles formában képet ad a gyártás egész folyamatáról, a termékek minőségéről.

Olyan esetekben, amikor minőségi jellemzőként mind az alsó, mind a felső határokat előírjuk, mint pl. méret-toleranciák esetében, igen fontos, hogy mekkora a gyártási folyamat alap-ingadozása, vagyis egyáltalán milyen határok között tudunk gyártást folytatni a meglévő, adott berendezéseken.



8. ábra

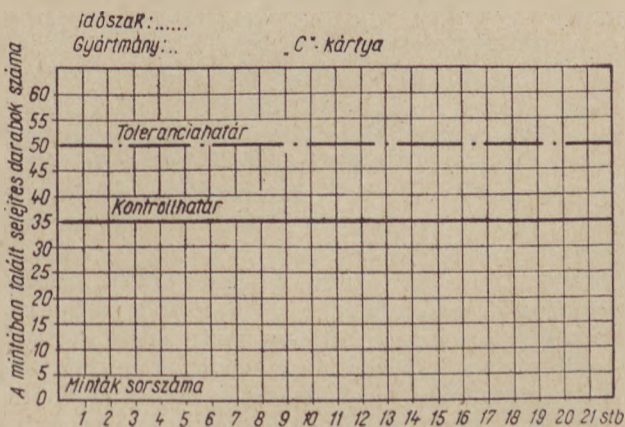
A kontrollkártya természete megkívánja, hogy az ellenőr pontosan a megállapított időpontokban, következetesen végrehajtsa az előírt méréseket. Huzamosabb ideig az ellenőr figyelmét nem kerülheti el semmiféle rendszertelenség vagy rendellenesség. Az ellenőrzés két fontos



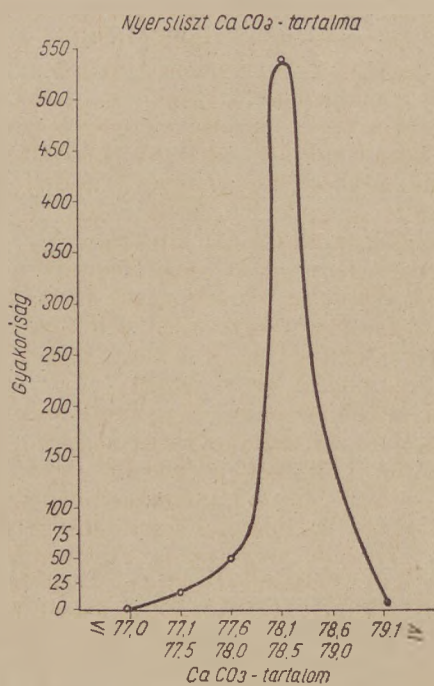
9. ábra

követelményét: a rendszerességet és a folyamatos-
ságot tehát kénytelen betartani, ami a közönséges futóellenőrzésnél sohasem biztosított.

Amennyiben az ellenőrzés bizonyítása szerint a gyártás kellő határok között folyt le, úgy a végellenőrzésnél is megtakarítás érhető el. Minél jobb minőségű ugyanis valamilyen tömeg — és minél inkább tudjuk ezt igazolni — annál



10. ábra



11. ábra

kisebb ellenőrzés szükséges. Az üzemek ezenfelül a kontrollkártyákat minőség-igazoló okmányként is — szükség esetén — felhasználhatják.

22. Végellenőrzés

A végellenőrzés szervezésénél a következő szempontokra kell figyelemmel lenni:

A statisztikai minőségellenőrzés sohasem a gyártott termékek mennyiségének százalékában állapítja meg a megvizsgálandó részmennyiségek arányát, hanem ezt a valószínűségszámítás alapján határozza meg. A vizsgálatnak kellő biztonságot kell nyújtania arra nézve, hogy selejtes darabok a megengedettnél nagyobb mennyiségben ne forduljanak elő. A vizsgálatnak ezenfelül gazdaságosnak is kell lennie.

Ez az utóbbi követelmény eleve lehetetlenné teszi, hogy teljeskörű vizsgálatot végezzünk. Következik ebből, hogy csak reprezentatív, részleges vizsgálatra szorítkozhatunk, függetlenül attól, hogy egyes vonatkozásokban — így az építőanyagok terén is — százszázalékos vizsgálat gyakorlatilag nem is lehetséges.

A végellenőrzésnél a két szerződő fél: a szállító és a megrendelő, illetve az átadó és az átvevő szempontjai elégitendők ki. Az eljárásnak tehát mindkét fél irányába kell biztonságot nyújtania. Az átvételi és vizsgálati eljárás úgy szervezendő meg, hogy az átvevőnek a legnagyobb biztonságot nyújtsa arra nézve, hogy a minták alapján nem minősítenek jónak olyan tételt, amely a megengedettnél több selejtet tartalmaz. Például: az átvevő 95%-os biztonságba egyezik bele — vagyis 5% a megengedett selejt határa, s akkor minden vizsgált 100 db közül csak legfeljebb öt lehet selejtes, de ugyanilyen megoszlást mutathat csak a teljes szállítmány is.

Az átadónak viszont az a fontos, hogy az átvétel során ne történjék visszautasítás olyan szállítmányra, amelyről teljeskörű vizsgálatnál kiderülne, hogy csak legfeljebb 5%-os selejtet tartalmazott.

A vizsgálat gazdaságossága előírja, hogy a vizsgálat minél kevesebb költség ráfordítással járjon. Általánosságban a költségek csaknem teljesen arányosak a vizsgált darabok számával, ezért igen lényeges, hogy a vizsgálandó darabok számát a legalacsonyabban állapítsuk meg, de mégis úgy, hogy azért mindkét félnek a legnagyobb biztonságot nyújtsa.

Mindezek figyelembevételével az átvételi eljárásnak is nevezett, végellenőrzési eljárás lényege a következő:

1. Vizsgálat alá vetjük az ellenőrzendő sországnak egy bizonyos részét, azaz meghatározott darabszámú mintát veszünk.

2. A minta minden darabját előírászerűen megvizsgáljuk és megállapítjuk a selejtes darabok számát. Az esetben ha a mintában levő selejtes darabok száma egy bizonyos számot nem halad túl, a tételt elfogadjuk.

3. Amennyiben a selejt aránya a megengedettnél magasabb, úgy az egész tétel átvizsgálandó, vagy — aszerint, hogy milyen mintavételi módszerrel írtak elő — más eljáráshoz, pl. újabb mintavételhez kell folyamodni.

23. A kontrollkártyákkal kapcsolatos gépi feldolgozási módszerek

Esetenként előfordul, különösen új eljárások bevezetése során, hogy az üzemben a gyártási folyamat több fázisában, tehát sok helyen ellenőrizzük a gyártást. Többféle keverési, égetési, gyártási módszerekkel próbálkozunk és a különféle lehetőségek közül igyekszünk megtalálni azt, amely az üzemnek, meglevő adottságainak a legjobban megfelel, de amellet az előírt minőségi és méretfeltételek betartását is biztosítja.

A kontrollkártyás ellenőrzés módszeréből következik, hogy rövid idő alatt a különféle variációkat illetően nagyszámú adat fog rendelkezésünkre állni. Ezek feldolgozása révén kívánjuk megállapítani a számunkra optimálisan legjobb eljárást, vagy keveréket.

A rendelkezésre álló adatok, variációk igen nagy száma ezek feldolgozását az ismert kézi módszerekkel rendkívül hosszadalmassá és esetleg költségessé tenné, sőt nem mindig állnak rendelkezésre olyan munkaerők, akikkel ezt lebonyolíthatnók.

Ilyenkor kerülhet sor az adatok gépi feldolgozására. A kérdés rendszerint azt jelenti, hogy a meglevő adatokat a legkülönbözőbb szempontok szerint szükséges csoportosítanunk. Minden csoportosítást egy-egy külön táblán kell leírunk, összefoglalunk, esetleg azon további számításokat végeznünk, amíg a kívánt célt, az optimális eljárást megállapítjuk.

A csoportosítások sokfélesége miatt fontos a feldolgozási terv gondos kidolgozása. Annak

megállapítása, hogy az adatoknak az egyes ismérvek szerinti szétvetése milyen sorrendben kövesse egymást.

Amennyiben az eljárást végig kézzel végezzük, úgy először is olyan lapokat kell szerkesztenünk, amelyek az adatokat bizonyos rendszer szerint magukban foglalják. Ezeket először nagyobb összevont csoportokba gyűjtik, majd szétvetik a keresett ismérv szerinti kisebb csoportokba és megszámozzák. Esetleg megállapítják azt is, hogy bizonyos, a lapokon szereplő érték mekkora. A kézi feldolgozás munkasebessége a személyzet begyakorlottságától, az osztályozandó lapok nagyságától, előkészítésétől és a csoportok számától is függ. Megfelelően szerkesztett és kitöltött lapokból nagy gyakorlatú munkaerő mintegy 800–1000 lapot vet szét egy óra alatt nem nagyszámú, legfeljebb 10 csoportba. A lapok számlálásának munkasebessége maximálisan 1200 lap/óra.

A gépi feldolgozásnál az egyes adatokat először lyukasztott kártyákra kell átvinni. Innen ered a gépi feldolgozásnak az elnevezése is: *lyukkártyarendszer*. A lyukasztott kártyákat osztályozza és számozza a gép, majd megállapításait, csoportosításait írásban rögzíti. A rendszerek közül a legismertebbek: a Hollerith és Powers amerikai, a Bull francia és az ezek továbbfejlesztésén felépülő szovjet feldolgozási rendszer. A gépi feldolgozás menete nagy vonásokban a következő:

A lyukkártya 83×137 mm méretű 80–90 számoszlopos kartonlap. Különleges célokra kisebb, 45–60 számoszlopos kártyákat is használnak. Minden számoszlopban 10 szám van egymás alatt (0–9) és ezenfelül további rendszerint két üres sor, bizonyos jelek elhelyezésére.

A lapokra kell a kérdőívek vagy kontrollkártyák adat-anyagát átvinni, ezért az egyes adateseteket előbb megszámozzuk. A csoportszámozás segítségével minden csoportot, minden adatot megjelölhetünk a kártyán úgy, hogy a csoportok számának megfelelően egy vagy több szomszédos számoszlopban a megfelelő számokat kilyukasztjuk.

Gyakorlatilag ez úgy történik, hogy a megfelelő számokat írógéphez hasonló kis gépen leütjük, a leütések után a gép a lapot automatikusan továbbítja és a végén billentyűnyomásra a kártyát a megfelelő beütött helyeken kilyukasztja. Az átvitel munkasebessége a lapok előkészítésétől és az anyagtól függ. Megfelelő előkészítés esetén 200–220 lap/óra sebesség érhető el. A lyukasztás helyességét a lyukasztógéphez hasonló tapogatógépen ellenőrzik. Az ellenőrzés sebessége a lyukasztásnál valamivel nagyobb.

A lyukasztott lapok feldolgozása elektromos úton történik. Az eljárás alapja, hogy a kártya papírosanyaga szigetelő. Amikor a lap tapogatók között fut át, ezek a lyukasztások helyén elektromos áramkört zárnak és relérendszert működtetnek. A relérendszer a rendezőgépbe futó kártyát a lyukasztástól függően megfelelő rekeszbe ejti. A gépre kártyaszámláló és más szempontból dolgozó mellékgépek is szerelhetők. Az osztályozás sebessége igen nagy, 20–24 000 lap/óra.

A lyukasztott és szétvetett kártyákon szereplő adatokat a táblázógép (tabulátor) leírja, összegyűjti, összegezi. Elhelyezhetők azonban a gépen különböző számológépek is, mely esetben különféle szorzási és más műveleteket is egy menetben elvégezhetünk. A teljesen automatikus gépet vezérlőmű működteti, amelyet minden munkamenet előtt megfelelően beállítanak. A táblázás munkasebessége kb. 7000 lap/óra.

A gépek lényegesen meggyorsították és gazdaságossá tették a feldolgozást. Ilymódon számos olyan munka elvégzése vált lehetővé, amelyre azelőtt kézi feldolgozás és a nagy költségigényesség miatt gondolni sem lehetett.

A kontrollkártyák vagy kérdőívek adatainak átvitele a kartonlapokra és maguk a kartonlapok külön költséget jelentenek ugyan, de ez bőven megtérül, ha a lapok száma elég nagy és az osztályozás, feldolgozás sokoldalú. A gépi feldolgozás azonban még így is, figyelembe véve a kartonok költségét és a feldolgozással járó minden kiadást, nagyobb adattömeg esetében kifizetődőbb, mint a kézi módszerek. Természetesen a mi vállalataink esetében nem lehet szó arról, hogy saját gépi feldolgozásra berendezkedjenek, mert a gépek beszerzési költsége nem térülne meg. Hazánkban is vannak már megfelelően felszerelt, jól begyakorolt vállalatok, amelyek a feldolgozás gépi részét bér munkadíjért elvégzik és ehhez csupán a kellőképp szerkesztett bizonylatok kitöltését kell a vállalatoknak szolgáltatniuk.

24. A statisztikai minőségellenőrzéssel elért eredmények

Habár az irodalomból viszonylag kevés szám ismeretes az elért eredményekről, mégis érdekes lesz ezek közül néhány közzétett adat ismertetése.

Statisztikai minőségellenőrző módszerek révén az utolsó évtized alatt igen nagy eredményeket értek el a selejt és az ellenőrzésre fordított munkaidő csökkentése terén a szovjet iparban.

A moszkvai „Sztálin” autógyárban a statisztikai ellenőrzésnek forgattyúntengelyek préselésénél való alkalmazásával a selejtszázalékot az 1943. évi 6,9 százalékról 1948-ra 1,1 százalékra csökkentették. Egyidejűleg a régebbi 100 százalékos, tehát teljeskörű ellenőrzéssel szemben a gyártmányoknak csupán 1,5 százaléka kerül ellenőrzésre.

A moszkvai „Frézer” gyárban kerek tárcsák gyártásánál a statisztikai ellenőrzés bevezetése után a selejt 14,2%-ról 1,3%-ra csökkent.

Jelentős eredmények vannak az utóbbi néhány év során a cseh és lengyel iparban is ebben a vonatkozásban.

Komoly eredménnyel alkalmazzák elég széles körben a statisztikai minőségellenőrzés módszereit a tőkés államok iparában.

Hazánkban a felszabadulás előtt a statisztikai minőségellenőrzésnek nyomait is alig találjuk. Az utóbbi években nálunk is alkalmazzák a minőségellenőrzésnek ezt a külföldön olyan jó eredménnyel bevált módszerét. Például: a Csepel Autógyárban, a Telefongyárban, az Egyesült

Izzólámpa- és Villamossági Gyárban találkozunk a módszer bevezetésének kezdeti lépéseivel.

A Telefongyárban például a gyár műszaki vezetősége az Alkalmazott Matematikai Intézet közreműködésével vezette be a minőségellenőrzés statisztikai módszerét. Első eredményes példának felhozhatjuk, hogy a fazon- és csavar-automatákon a selejtszázalék 1952-ben még 1,5% volt és ez a szám a statisztikai minőségellenőrzés bevezetése után 0,51%-ra csökkent.

Az előbbi számok eléggé igazolják, hogy az elmondott módszerek, minden egyéb előnyük mellett, valóban komoly eszközei az operatív gyártásirányításnak is.

*

Az elméleti alapok és az eredmények ismertetése után most már konkrét számadatokkal mutatunk be néhány példát a statisztikai minőségellenőrzésre, az építőanyagipar területéről.

Ezekkel egyrészt a reprezentatív vizsgálatok módszerét, menetét és számításait kívánjuk gyakorlatilag ábrázolni, másrészt a kontrollkártyás felvételekre adunk példákat. A felsorolt példák természetesen csak kiragadottak. A reprezentatív vizsgálat és a kontrollkártyás módszer alkalmazási területe ugyanis annyira szerteágazó és sokoldalú, még az építőanyagipar szűkebb területén is, hogy az alkalmazási lehetőségek felsorolása szinte lehetetlenség.

CaCO ₃ a tartalom %-ban	77,0-ig	77,1—77,5	77,6—78,0	78,1—78,5	78,6—79,0	79,1
Vizsgálati eredmények (n)	0	15	38	541	153	7

A vizsgálatoknál bennünket elsősorban a középérték érdekel, de ezenfelül legalább olyan mértékben az is, hogy az egyes mintavételek CaCO₃-tartalma milyen szóródást mutat a középérték körül.

Csoport száma	CaCO ₃ -tartalom %	x	n	xn	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	$n(x - \bar{x})^2$
1	—77,0	76,8	—	—	—	—	—
2	77,1—77,5	77,3	15	1159,5	—1,0	1,0	15,0
3	77,6—78,0	77,8	38	2956,4	—0,5	0,25	9,50
4	78,1—78,5	78,3	541	42360,3	—	—	—
5	78,6—79,0	78,8	153	12056,4	+0,5	0,25	38,25
6	79,0	79,3	7	555,1	+1,0	1,0	7,0
			754	59,087,7			69,75

Ebből következnek az alábbi számításaink :
(Jelölések : x = számtani átlag, n = tagok száma).

$$\bar{x} = \frac{59\,087,7}{754} = 78\,366$$

Átlagos négyzetes eltérés :

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N} = \frac{69,75}{754} = 0,092$$

Ebből a szigma

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{0,092} = 0,304 \approx 0,3$$

Építőanyagipari példák a reprezentatív megfigyelésre és kontrollkártyás minőségellenőrzésre

A következő példákat soroljuk fel :

I. A cementipar tárgyköréből :

- a nyersliszt CaCO₃ tartalmának megfigyelése.
- a klinker litersúlyának ellenőrzése.

II. A téglaiipar tárgyköréből : méretek és zsugorodás ellenőrzése.

III. A finomkerámiaipar tárgyköréből :

- a keveréksúly és
- a száraz törési modulus ellenőrzése.

1a) A nyersliszt CaCO₃ tartalmának megfigyelése

A klinkergyártáshoz felhasznált nyersliszt (nyersmassza) kalciumkarbonát-tartalmának rendszeres megfigyelése igen fontos feladata a cementipar gyártásközi ellenőrzésének.

A megfigyelések havi értékelését úgy is elvégezhetjük, hogy pl. a százalékos CaCO₃-tartalmat 0,1% pontossáig meghatározzuk az egyes vizsgálatok alkalmával, majd a kapott eredményeket fél százalékonként emelkedő csoportokba foglaljuk.

Az így csoportosított adatokat gyakorisági sorba állítjuk, amikor is a hó folyamán végzett 754 titrálási vizsgálat a következő megoszlást mutatja :

Az átlagszámítások és az ebből folyó további matematikai lépések érdekében számításainkat az alábbi táblába foglalhatjuk :

Az átlagos véletlen hiba

$$\mu = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,3}{\sqrt{754}} = \frac{0,3}{27,5} = 0,01$$

A kerekítésekből eredő hibák elkerülése érdekében a szükségesnél, a megszokottnál több tizedesjeggyel számoltunk, csak a végeredményekben kerekítettünk egy tizedesjegyre.

A középérték, a sokaság számtani átlaga tehát

$$\bar{x} = 78,366 \approx 78,4\%$$

A megfigyelés átlagos véletlen hibáját jelentő μ értéke 0,01%.

Mivel

$$\bar{x} - 3\mu = 78,366 - 0,03 = 78,336, \text{ illetve}$$

$$\bar{x} + 3\mu = 78,366 + 0,03 = 78,396$$

kellő biztonságot nyújt, és ismerjük, hogy a 3μ 99,73% biztonságot jelent, tehát 0,27% bizonytalanság mellett mondhatjuk, hogy a CaCO_3 -tartalom 78,4% lesz. Ez már azt jelenti, hogy nem csak a vizsgált mintasokaság, hanem a teljes sokaság átlagát 78,4% értékűnek vehetjük fel.

Ha még az $r = 0,6745\sigma$ valószínűséget is tekintetbe vesszük, úgy ez az érték 0,2%-nak fog megfelelni, ami azt jelenti, hogy a teljes sokaság fele a teljes sokaság átlagát jelentő mértékkel szemben az $m - r = 78,2\%$, illetve $m + r = 78,6\%$ közé fog esni.

A nyerslisztmennyiségnek 68%-a $m - \sigma$ és $m + \sigma$ vagyis $78,4 - 0,3 = 78,1$ és $78,4 + 0,3 = 78,7\%$ közé fog esni.

Tudjuk továbbá, hogy $m - 2\sigma$ és $m + 2\sigma$ vagyis $78,4 - 0,6 = 77,8$, illetve $78,4 + 0,6 = 79,0\%$ közé fog esni a sokaság 95%-a.

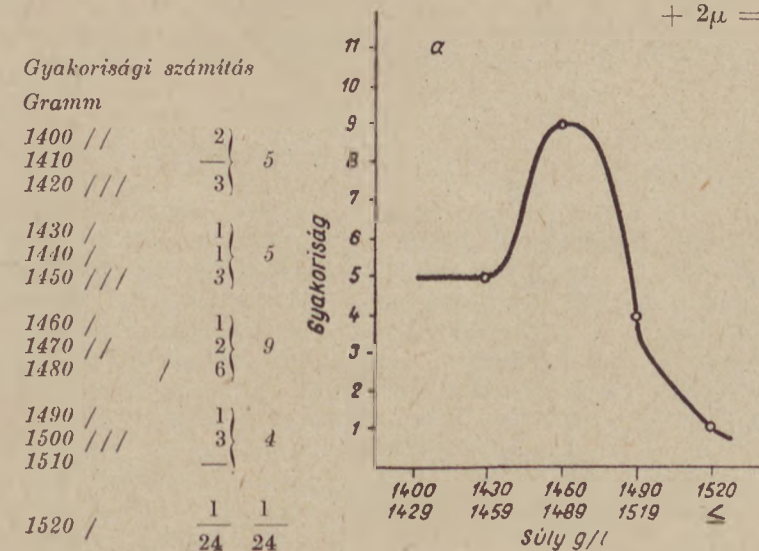
A $m - 3\sigma$ és $m + 3\sigma$ vagyis $78,4 - 0,9 = 77,5$, illetve $78,4 + 0,9 = 79,3\%$ közé esik gyakorlatilag a teljes vizsgált mennyiség, illetve 0,27% esik ezen kívül, ami már elhanyagolható értéket jelent.

Foglaljuk össze mindezeket áttekinthető táblázatban:

CaCO_3 -tartalom értékhatárai (%)	A vizsgálati mennyiség részarányai (%)
78,2—78,6	50,00
78,1—78,7	68,00
77,8—79,0	95,00
77,5—79,3	99,73

I/b A klinker lütersúlyának ellenőrzése

Adott üzemnapon át, óránként végrehajtott analízisek eredményét az alábbi tábla tünteti fel.



(A megadott számok gramm/liter értékek). Ezen a táblán rögtön a számítás egyszerűsítése érdekében 1450 g-nak felvett középértéktől való eltérést és a négyzetes eltérést is kiszámítjuk.

Mintavétel órāja	x	$x - x_1$ ($x_1 = 1450$)	$(x - x_1)^2$
6	1480	30	900
7	1500	50	2500
8	1480	30	900
9	1480	30	900
10	1450	—	—
11	1480	30	900
12	1460	10	100
13	1470	20	400
14	1430	— 20	400
15	1490	40	1600
16	1450	—	—
17	1470	20	400
18	1400	— 50	2500
19	1480	30	900
20	1500	50	2500
21	1420	— 30	900
22	1420	— 30	900
23	1440	— 10	100
24	1520	70	4900
1	1480	30	900
2	1450	—	—
3	1400	— 50	2500
4	1420	— 30	900
5	1500	50	2500
24		+270	28500

Ennek megfelelően

$$\bar{x} = 1450 + \frac{270}{24} = 1461,25 \text{ g}$$

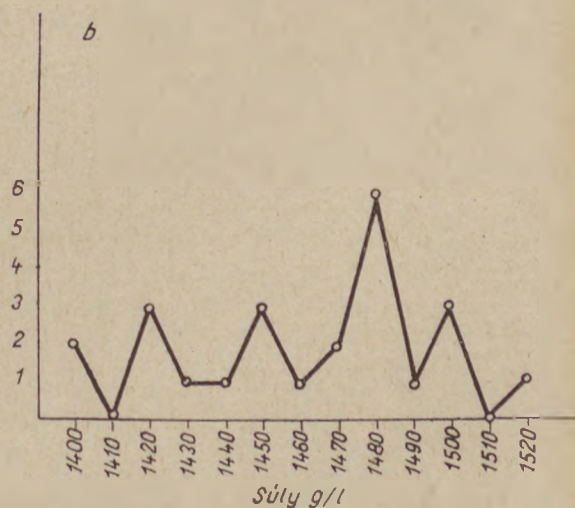
$$\sigma^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n} = \frac{28\,500}{24} = 1187,5$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{1187,5} = 34,46$$

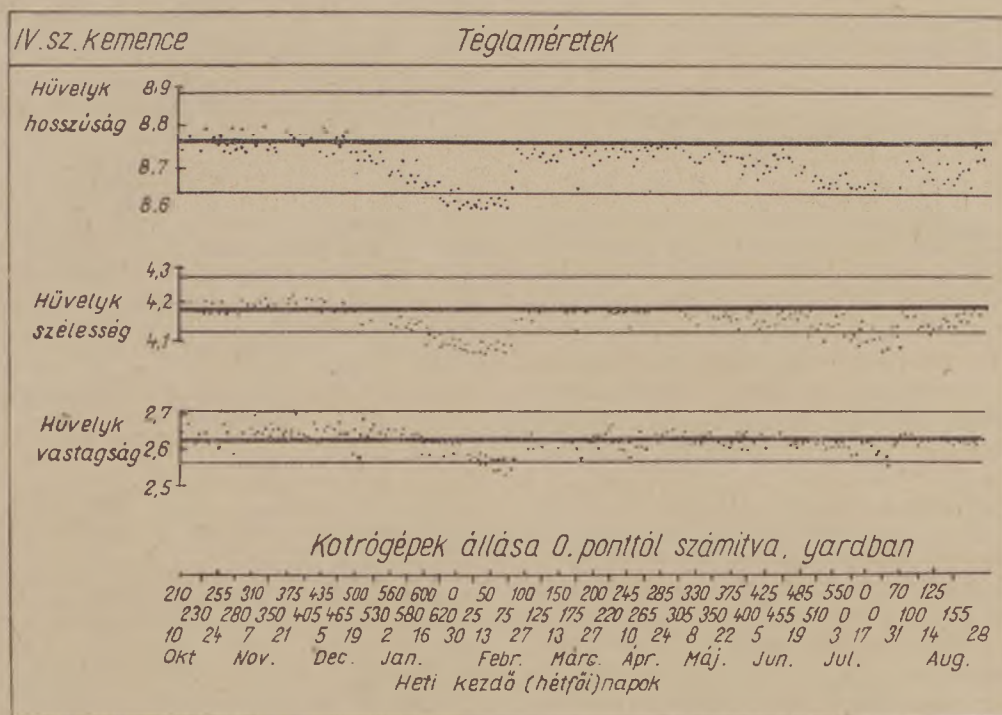
A megfigyelés átlagos véletlen hibája:

$$\mu = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{34,46}{\sqrt{24}} = 6,83 \approx 6,8$$

95%-os biztonsággal állíthatjuk, hogy az egész klinkermennyiség az $\bar{x} - 2\mu = 1448$ g és $\bar{x} + 2\mu = 1475$ g közé fog esni. Az átlagos véletlen



12. ábra



13. ábra

hibát tehát kb. 27 g-al jellemezhetjük. Ez a minták viszonylag kevés számából adódik, mert különben a hibaérték sokkal kisebb volna. Ennek ellenére felállíthatjuk azonban a sokaságból vett minták gyakorisági görbáját, amely a normálistól némileg eltérő kezdőalakot mutat.

Mivel azonban 1400 g alatti érték az üzemben — más napokon is végzett vizsgálatok eredményeinek tanúsága szerint — előfordulni nem szokott, itt is kimondhatjuk a következőket:

A vizsgálati mennyiség 68%-a, tehát kerekén kétharmada $m - \sigma$ és $m + \sigma$ határok közé esik, ami jelen esetben $1461 - 34 = 1427$ g és $1461 + 34 = 1495$ g határokat jelent. A mennyiség 95%-a esik $m - 2\sigma$ és $m + 2\sigma$ határok közé, ami $1461 - 68 = 1393$ g, illetve $1461 + 68 = 1529$ g.

Gyakorlatilag —, illetve 0,27%-tól eltekintve — a teljes mennyiség az $m - 3\sigma$ és $m + 3\sigma$ határok közé esik, vagyis $1461 - 102 = 1359$, illetve $1461 + 102 = 1563$ g közé.

Ha az átlagos véletlen hiba nem is hanyagolható el, tehát ebben az esetben, mégis megnyugtató biztonságot nyújthatnak ezek a számok az üzem mérnöknek.

II. Téglaméretek és zsugorodás ellenőrzése

A kontrollkártyás ellenőrzés, illetve üzemi vezetés módszerére kívánom ezt a szakirodalomból vett példát ismertetni.

A példát angol szaklapban tették közzé. Tárnya: Az egyik igen nagy angol téglagyárban egy éven keresztül folytatott kontrollkártyás megfigyelés. A gyárban az az üzemi nehézség állt elő, hogy bizonyos időszakonként — amelyet korábban a gyár pontosabban meghatározni nem tudott — a téglaméretei annyira megváltoztak,

hogy a szabványméreteket a téglaméret nem ültette meg. Ennek oka, feltehetően a zsugorodás változásaiiban keresendő, azonban ennek törvényszerű okait csak a kontrollkártyás megfigyelés mutatta ki.

Mindez a felvett kontrollkártyáról világosan látható. Az esetben ha a bányagépek elérték a null ponttól számított 560 yardot, az ezeken a napokon gyártott téglák mérete az alsó toleranciahatárt sem ért el. A diagram szerint ez fordult elő a január 2. — február 27. közötti időszakban, továbbá ismét június 19-től augusztus 14-ig.

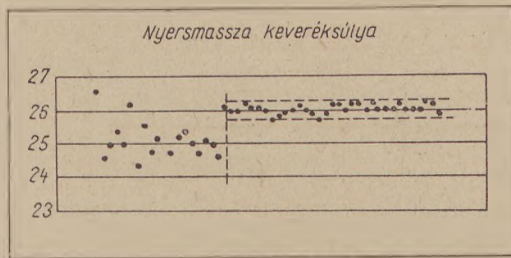
A kontrollkártya mindenki előtt világosan igazolja, hogy az agyag minőségében keresendő a hiba. A gyár vezetőségének, tehát most már szinte bizonylatszerű alátámasztással módjában áll intézkednie olyan irányban, hogy az agyag elkerülhetetlen tulajdonságaiból folyó fokozott zsugorodást megfelelő módszerekkel ellensúlyozhassa.

III/a Keveréksúly

Finomkerámiai üzemekben különböző szempontokból fontos, hogy a nyersmassza keveréksúlya lehetőleg szűk határok között mozogjon, nagy kilengéseket ne mutasson.

A keveréksúly állandó színvonalon való tartása érdekében egy külföldi finomkerámiai gyárban folytatott gyakorlatot rögzíti az alábbi hű másolatban bemutatott kontrollkártya.

Az „A”-val jelzett időpontig a feltüntetett értékek csupán a tényleges mindenkori állapot regisztrálására szorítkoztak. „A” időpontban a keveréket előállító műhely vezetőjének elnagyrázták a kontrollkártyás ellenőrzés célját, lénye-



14. ábra

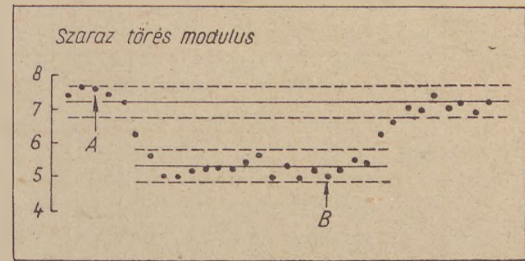
gét és egyben tudatosították, hogy munkájának minőségét a kontrollkártya fogja visszatükrözni. Az ellenőrzés hatását az „A” jel utáni mérések eredményei gyakorlatilag is mutatják.

III/b Száraz törési modulus

Az egyik finomkerámiai üzemben olyan helyzet állt elő, hogy a szilárdsági követelmények terhére is a képlékenységet fokozni kellett. Ez bizonyos műszaki intézkedéseket követelt, amelyek a keverési arányokat befolyásolták. A gyár vezetősége a kísérleteket igen szigorú kontroll alatt végeztette. A régi, bevált, és ismert keverési arányok megváltoztatása „A” pontnál kezdődött. Ettől kezdődően a szilárdságot kifejező törési modulusnak erős csökkenése látható a kártyán, amely azonban bizonyos alsó határnál megállt és ott szinte állandósult.

Előzetes kísérletezések után olymódon változtatták meg az arányokat, hogy a képlékenység elért fokozott mértéke mellett növeljék a szilárdságot és azt lehetőség szerint a régi színvonalra emeljék. Az erre vonatkozó üzemi kísérletek „B” időpontban kezdődtek. Ettől kezdve folyamatos emelkedés tapasztalható egészen addig, amíg a szilárdság a régi mértéket megközelítette, sőt elérte.

A példa is azt bizonyítja, hogy miként ad a kontrollkártyás ellenőrzés még új eljárások, kísérletek esetén is fokozott biztonságot.



15. ábra

IRODALOM

- Reprezentatív módszer. Moszkvai Gazdaságstatisztikai Főiskola. Tudományos Közlemények. 4. kötet.
A mintavétel főbb fajtái. Moszkvai Gazdaságstatisztikai Főiskola. Tudományos Közlemények. 4. kötet.
Posztnyikov: Munkás-, alkalmazott és kolhozparaszt-családok kiválasztásának módszere a háztartás-statisztikai megfigyelés céljára. Statisztikai Szemle 1953. október.
Kuznecova—Rjabuskin—Sulgin: Gyakorlati feladatok és elméleti vezérfonal az általános statisztikai szemináriumok számára. Budapest: 1953.
Péter György: Általános statisztika. Budapest, 1955.
Garam—Szabó—Zala: Kereskedelmi Statisztika. Budapest, 1954.
A statisztika elmélete. Goszsztatizdat. Moszkva, 1953.
Párniczky Gábor: A reprezentatív statisztikai megfigyelés módszere és alkalmazásának egyes kérdései. Statisztikai Szemle, 1954. április.
Fontányi Ágota: A matematikai statisztika a minőség-ellenőrzésben. Magyar Technika, 1951. január.
Vincze István: Az ipari minőségellenőrzés statisztikai módszerei. Természet és Technika, 1953. április.
A. Linder: Statistische Methoden, Basel, 1945.
Cyril H. Goulden: Methods of Statistical Analysis. New-York, 1952.
C. G. Paradine—B. H. Rivett: Statistics for Technologists. London, 1953.
Statistical Method in Industrial Production. Royal Statistical Society. London, 1950.
Hansen—Hurwitz—Madow: Sample Survey. Methods and Theory I—II. New-York, 1953.
Labour Force Statistics. Sample Survey Methods, O. E. E. C. Technical Assistance Mission, No. 105.
Berechnung von Mittelwert und Streuung in der Betriebsüberwachung.
F. Weishammer—P. Weber: TIZ—Zbl. 76/1952. H. 17—18.

Infravörös szárítás a kerámiaiparban

MATTYASOVSKY ZSOLNAY LÁSZLÓ

Az infravörös hőkezelés problémái a kerámikust, mint a hőszugárzók kerámiai alkatrészének előállítóját és mint fogyasztót is érdeklik. A kerámikus feladatai különösen a gázüzemű diafragma-sugárzók soklyukú szegmenseinek gyártásakor nagyok. Takács Péter Pál cikke ismerteti a követelményeket; a kerámiaipar feladata, hogy azokat minél jobban kielégítse.

Az infravörös hőközlés alkalmazása számos iparágban terjed el, a szaklapok és hetilapok, híradó-mozi, a Vörösmarty cukrászda fűtése stb. annyira népszerűsítik, hogy igen divatos fogalomná vált. Ez a divat magyarázza meg azt, hogy a fogalmat az infravörös sugárzókról mindefféle hőszugárzóra kiterjesztik.

A kerámiai kemencék fűtések a hővezetés és hőáramlás mellett igen nagy — gyakran túlnyomó — szerepe van a hőszugárzásnak. Ha tehát a kerámikus elfogadná az infravörös technológia fogalmának ma divatos kiterjesztését, akkor minden muffolás kemencét, minden szilitrudas vagy ellenálláshuzalokkal fűtött kemencét infravörös berendezésnek tekinthetnénk. A fogalomnak ilyen tágítása nem célszerű, ezért csak azokat a berendezéseket tekintjük infravörös berendezéseknek, amelyekben a melegített tárgy nem melegszik vörösizzóvá. A kerámiaiparban tehát a szárítás-kor van szerepe az infravörös technológiának.

A régi kerámiai üzemekben szárítóállványokon, szabad levegőn, vagy a kemence hulladék-

melegével, ritkábban mesterséges fűtéssel szárítják a nyers készítményeket. A szárítóállványzatok helyigényesek és emiatt az anyagmozgatás útját is meghosszabbítják. Automata formálógépek, alagútkemencék előnyeit műszárítók nélkül alig használhatjuk ki. A szakaszos üzemű kemencéknél gazdaságosabban működő alagútkemencék hulladékmelege egyébként sem elegendő nagy mennyiségű nyersgyártmánynak nyitott állványzaton való megszáritására. A kerámiai üzemek ezért egyre nagyobb mértékben alkalmaznak műszárítókat.

A kerámiaipar műszárítói túlnyomórészt konvekciós rendszerűek, mert ezekben túlhevülés veszélye nélkül, egyenletesen melegíthető a rakomány, és mert a keringő levegő páratartalmának szabályozásával a száradás sebességét fékezhetjük.

A kerámiaiparban az infravörös szárítás alkalmazásának határt szab, hogy nehezebben szabályozható, és az, hogy a hőszugárzás különösen a bonyolult alakú vagy üreges tárgyakat nem éri egyenletesen. A hőszugárzás általában testek belsejébe behatol és hőhatását a test belsejében fejti ki. A hosszú, infravörös hullámok egy részére behatolható lehet olyan test is, amelyik a rövidebb hullámhosszú, látható sugarak részére áthatolhatatlan; mégis a nyers kerámiai termékeken az infravörös hőszugárzás alig hatol keresztül és az elnyelt sugárzóenergia a tárgy felületének közelében alakul hővé.

Előnye azonban az infravörös szárítóknak, hogy bennük a hevítés egyenletessége, vagy a szárítás sebessége iránt kevésbé érzékeny tárgyak sokkal gyorsabban száríthatók mint a konvekciós rendszerű szárítóknál. A száradás sebességének fokozásával helymegtakarítás jár, és ezért különösen automatikus berendezésekkel kapcsolatosan előnyös az infravörös szárítás. Ezeket a lehetőségeket eddig még nem használtuk ki: a magyar finomkerámiai üzemekben még egyetlen infravörös szárítóberendezés sem működik, illetve

eddig még csak két berendezést létesítettünk, amelyeket ez évben fogunk üzembehelyezni.

A Pécsi Porcelángyár kályhagyárában a kályhacsempéöntést automatizáljuk. Az öntésre használt gipszformákat minden öntés után infravörös sugárzó fogja szárítani. A samottos masszából öntött kályhacsempéket — konvekciós előszárítás után — ugyancsak infravörös sugárzó fogja megszáritani. A berendezés előreláthatólag 1956 végén lesz üzemképes. Az infravörös sugárzótest 2 mm vastag vaslemezről készült, 300 mm átmérőjű csövekből áll, amelyek négyes sorokban, lazán egymás mellett 1500 mm szélességben és 20 méter hosszban sugároznak. A sugárzó fűtésére a kályhacsempégető alagútkemence 400 °C hőmérsékletű füstgázait — tehát hulladékmeleget — használjuk.

A Budapesti Porcelángyár berendezkedik arra, hogy a már egyszer égetett falburkolócsempék szélét mázolás előtt pontos méretűvé csiszolja. Csiszolás előtt vízzel itatják a csempéket, hogy ne csorbuljanak, a csiszolás után meg kell azokat szárítani. A szárítást először Tungsram „Infrasec” lámpákkal akartuk megoldani, de ez a nagy áramfogyasztás miatt nem látszott gazdaságosnak. Végülis az Iparterv tervezett generátorgázfűtésű infravörös szárítót, amelyet előreláthatólag 1956. év végén fognak üzembehelyezni.

Az, hogy a villamos hőszugárzók aránylag nagy mennyiségű nedvesség elpárologtatására nem gazdaságosak, nem zárja ki, hogy kis mennyiségű nedvesség gyors elpárologtatására gazdaságosak lehetnek, különösen ha az általuk elérhető nagy sebesség valamely munkafolyamat automatizálását teszi lehetővé.

A fentiek alapján különösen a finomkerámiaipar gépesítési problémáival kapcsolatban kívánjuk a figyelmet az infravörös szárításra és Takács Péter Pál cikkére felhívni.

Az infravörös hőközlésről

TAKÁCS PÉTER PÁL

Az infravörös hőkezelésről szóló dolgozatomban* röviden említést tettem az ipari felhasználásra szolgáló sugárzókról.

Ebben a közleményben részletesebben ismertetem e sugárzótipusokat. Ezt különösen a tervállamokban indult kutatások eredménye teszi időszerűvé: sikerült jó hatásfokkal működő gázüzemű infravörös sugárzókat szerkeszteni, bár ezek ipari felhasználásával kapcsolatban néhány szempont még komoly megfontolást kíván.

Az infravörös eljárás a gyakorlatban általában akkor mondható jó hatásfokúnak, ha a sugárzó testet úgy választhatjuk meg, hogy annak emiszió

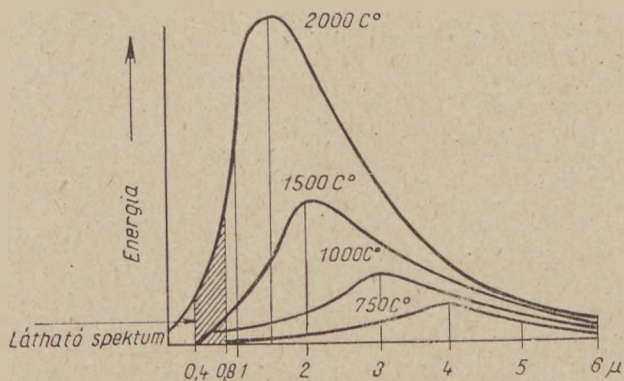
siós maximuma egybe essék a kezelt anyag abszorpciós maximumával. Ez az az elmélet, amelyet igyekeznünk megközelíteni. A gyakorlatban azonban az adottságok döntik el a kérdést, egyrészt a rendelkezésre álló sugárzást tápláló energia, másrészt a rendelkezésre álló sugárzó testek. A hőkezelendő anyagok abszorpciós tulajdonságát kémiai összetételük és fizikai tulajdonságaik határozzák meg és ha ezt apró fogásokkal kisebb-nagyobb mértékben néha tudjuk is befolyásolni, nagyjában adottnak tekinthető. A kérdésről ebben a formában azért kell beszélünk, mert egyes anyagok az infravörös sugárzással szemben — bár inkább csak a rövidebb hullámhossztartományban — szelektivitást mutatnak.

A sugárzótesteket az általuk kibocsátott su-

* Felhívjuk olvasóink figyelmét szerzőnek lapunk 1953. évi 5. számában „Az infravörös hőkezelésről” címen megjelent cikkére.

gárhozó energia spektrális megoszlása szerint két csoportra osztjuk. Megkülönböztetünk világos, ún. szubinfravörös- és sötétsugárzókat. Szubinfravörös (világos) sugárzók a láthatatlan infravörös sugárzás mellett számottevő fényt is adnak. Sötétsugárzók nem adnak számottevő fényt vagy egyáltalában nem adnak fényt.

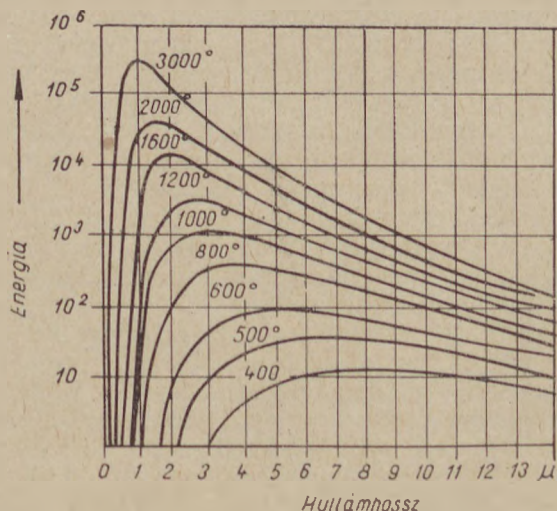
A sugárzás nem egy meghatározott hullámhosszon történik, hanem egész hullámsávot ölel fel. A sugárzás energiamaximuma és spektrális energiamegoszlása a sugárzó test hőmérsékletétől függ,



1. ábra. Közép és magas hőmérsékleten izzó test viszonylagos energiamegoszlása

ezt szemléltetően mutatják 1. ábránk görbéi. Az ábra görbéinek megtekintésekor legyünk figyelemmel, hogy a sugárzás infravörös tartománya 0,8 μ -nál ott kezdődik, ahol látható színek végződik és gondoljunk a világítási célra szolgáló normál izzólámpa wolframszájának 2500 $^{\circ}\text{C}$ körüli hőmérsékletére, ezzel az egyes sugárzó típusok közötti különbséget jól fogjuk érzékelni.

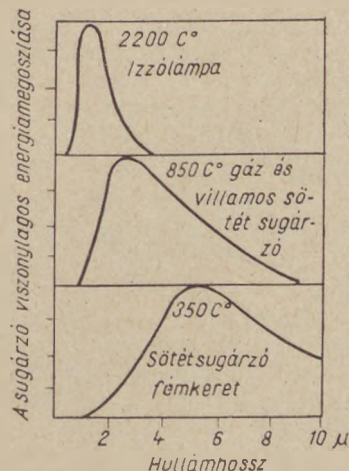
Figyelemre méltó, hogy 1500 $^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletnél a sugárzás felöleli az egész látható hullámsávot, és 2000 $^{\circ}\text{C}$ -nál már ultraibolya sugarakat is tartalmaz. Már az 1. ábra görbéiből levonhatjuk azt a következtetést, hogy a sugárzó test hőmérsékletének az emelésével nő a kisugárzott energia



2. ábra. Izzó test sugárzó energiájának — hőmérsékletének megfelelő — eltolódása a hullámhossz függvényében

intenzitása (Planck-törvény), 2. ábránk görbéiből pedig szemléltetően láthatjuk, hogy ezzel a sugárzás energiacsúcsa mint tolódik a rövidebb hullámok felé (Wien-törvény).

A szubinfravörös sugárzók aránylag keskeny hullámsávban sugároznak, sugárzásuk intenzitása azonban magas hőmérsékletük (1927 $^{\circ}\text{C}$) következtében nagyon erős. A sötétsugárzótestek sugárzásának erőssége, alacsonyabb izzási hőmérsékletüknek (300—1500 $^{\circ}\text{C}$) megfelelően lényegesen kisebb, viszont széles hullámsávot ölelnek fel. A két sugárzó típus közötti lényeges különbség abban van, hogy a szubinfravörös sugárzók sugárzásának energiacsúcsa a rövidebb, a sötétsugárzóké pedig a hosszabb hullámhossztartományban van. Ennek megfelelően az előbbiek behatolási képessége általában nagyobb, míg a sötétsugárzók sugarai a besugárzott anyagnak már a felső rétegeiben abszorbeálódnak. A gyakorlat — az anyagoknak az előljáróban említett szelektivitásánál fogva — állíthat bennünket olyan fel-



3. ábra. Különböző hőmérsékletű sugárzótestek viszonylagos energiamegoszlása a hullámhossz függvényében

adatok megoldása elé, amelynek a rövidhullámú sugárzás határfoka éppen a nagyobb behatolási képességénél fogva kedvezőtlen, mert a besugárzott anyagban, ha az vékony rétegvastagságú, csak kis mértékben abszorbeálódik, nagyobb részben áthalad¹. Az ilyen esetekben gyorsabban és gazdaságosabban érünk cél hosszabb hullámokkal, ha azok egyúttal elég intenzívek a besugárzott anyag teljes rétegvastagságának az átjárására. 3. ábránk görbéi a hőmérséklet és a maximális energiájú sugárzás hullámhossza közötti összefüggésen kívül egyúttal világosan mutatják, miképpen válik az energia szórása a hőmérséklet csökkenésével szélesebbé.

A test izzása kb. 500 $^{\circ}\text{C}$ -on túl kezd láthatóvá lenni, ekkor még csak sötétvörös izzás látható. A hőmérséklet emelkedésével, úgy, amint a sugárzás, mind többet ölel fel a látható színekéből, lesz világosabbá, erősebbé a fény. Joggal merülhet

¹ Az anyagok a rövidebb hullámhossztartományban nemesak ilyen értelemben mutatnak szelektivitást, hanem általában nagyobb reflexióképességűek is.

fel a kérdés az eddigiek után: hol van a határ a sötét- és világossugárzók között? A határ elmosódik, miután a hőmérséklet emelkedésével a sötétsugárzás lassú átmenettel megy át „számottevő fényt adó” sugárzássá. A határt ott vonjuk meg, ahol a magas hőfokon izzó sugárzótestet a gyors oxidáció ellen légmentesen zárt, közömbös gázzal töltött üvegburába kell helyezni. Minden más sugárzó testet „sötétsugárzónak” nevezünk. Ez a határ kb. 1500°C -nál van. E határérték alatt megkülönböztetünk magas ($1000\text{--}1500^{\circ}\text{C}$), közép ($600\text{--}1000^{\circ}\text{C}$) és alacsony ($300\text{--}600^{\circ}\text{C}$) hőfokon izzó sötétsugárzó testeket. A szubinfravörös sugárzók fenti meghatározásából értelem-szerűen következik, hogy azok tápláló energiája mindig villamosenergia, míg a sötétsugárzóké vil-lamos- vagy gázenergia, ritkábban gőz.

Hazánkban mindeddig csak szubinfravörös sugárzók készülnek villamosenergiára, sötétsugárzók csak gázüzemű berendezéssel üzemeltethetők. Ha a két különböző energiával működő sugárzóbe-rendezések sajátosságait számba vesszük, úgy magyarázatot fogunk találni arra, hogy az esetek túlnyomó részében miért alkalmazzák a drágább energiával működő szubinfravörös sugárzókat még ott is, ahol a kezelt anyag abszorpciós tulajdon-sága a sötétsugárzás alkalmazását indokolná.

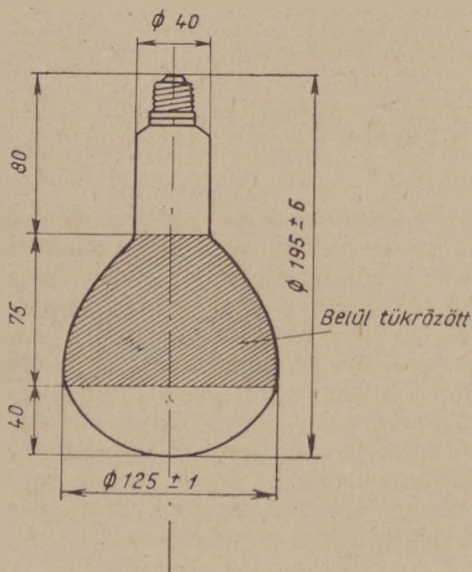
A szubinfravörös sugárzó kialakult típusa a villamosüzemű sugárzó testeknek. Többnyire for-gásparaboloid alakban készül, ritkábban csőalak-ban, utóbbiak kisebb terjedelmüknel fogva na-gyobb energiasűrűség beépítését teszik lehetővé. 125, 250, 375, 500 és 1000 W -os szubinfravörös su-gárzókat ismerünk. A sugárzás irányítása egyes típusoknál belső, más típusoknál külsőleg alkal-mazott reflektorral történik. Az utóbbi megoldást sugárzóegységként vagy sugárzócsoportonként alkalmazzák. A külső reflektorok az oxidáció és a szennyeződés ellen fokozott karbantartást ígé-nyelnek. A szubinfravörös sugárzók külső meg-jelenésükben és szerkezeti felépítésükben a vilá-

gítási célra szolgáló izzólámpához hasonlítanak. Szerkezeti felépítésüket a hazai gyártású Tungs-ram *Infrasec* sugárzó leírása révén ismertetjük.

A hazai szubinfravörös sugárzó 250 W telje-sítményre készül. Átlátszó burába szerelve min-den irányban sugároz, ha a sugárzás szögét terelni kívánjuk, a fej felőli részen tükröbevonattal kell ellátni, alakját pedig úgy kell kiképezni, hogy a bura parabolikus tükrő módjára működjék. A Tungsram *Infrasec* sugárzó (4. ábra) ilyen, ún. *reflektor-bura*. Tükrözött — az ábrán árnyékolt része — forgásparaboloid. Ehhez csatlakozik egyik oldalán a gömbsüveg alakú buratető, a fej felőli oldalon pedig a bura nyakrésze. A bura ólom-üvegből vagy keményüvegből készül. A kemény üvegbura a külső mechanikai behatásokkal szem-ben ellenállóbb és a $2,5\mu$ feletti sugarakat jobban átengedi.

A tükröző réteg jó visszaverőképességű alu-mínium, melyet a bura belső felületére vákuum alatt párologtatnak fel. A tükröző felület jósága nagyon fontos a sugárzó minősége szempontjából. Rossz a tükröző felület, ha porózus és túlságosan vékony, mert ez esetben a reá eső sugarak egy részét áteresztí és ezzel rontja a sugárzó ha-tásfokát. A jó tükröző felület homogén, szilárd és megfelelő rétegvastagságú; minőségére az legyen jellemző, hogy a sugárzó tartós üzemel-tetése folyamán kezdeti jótulajdonságait mi-nél tovább megtartja. A sugárzó élettartamának a végefelé megfigyelhető ui. a tükröbevonat izzószálhoz közeleső részének elpárolgása. Eze-ken a helyeken a tükrő áttetszővé, később át-látszóvá válik, a sugarak egy részét áteresztí és kevesebbet reflektál a megkívánt irányba. A sugárzó hatásfoka ezzel leromlik. Megfontolandó, vajon nem célszerű-e a sugárzót ilyenkor újjal ki-cserélni, ahelyett, hogy bevárnánk az izzószál ki-égését. A sugárzó élettartama $5000\text{--}7000$ üzem-óra.

A paraboloid tükrő optikai tengelye me-gyeznek a sugárzó szimmetria tengelyével. Ebben a tengelyben, a tükrő fókuszának a közelében nyer elhelyezést a zezgugos szerelésű izzószál. Ezt az elektródákon kívül 220 V -os sugárzónál 11 db, 110 V -os sugárzónál 9 db hengeralakú kerámiába ágyazott tartó rögzíti. A bura nyakrészében nikke-lezett vaslemezről készült fémlapocska foglal helyet kettős rendeltetéssel: megvédi a sugárzó fejét a túlzott felmelegedéstől és a tükröző felület kiegészítésével javítja a sugárzó hatásfokát. A fémlapocska közepén hosszúkas nyílás van, ezen halad át a két elektróda és a kerámiát tartó fémpálca. A nyílás kinyomásakor a kieső részt nem vágják teljesen körül, hanem kihajlítják egyik vége felé és a kihajlított részt az egyik elektródához hegesztik. Ily módon rögzítik a fémlapot, miután pedig a rögzítés következtében az egyik elektródával féme-sen érintkezik, a másiktól el kell szigetelni. E célból egy kis üveg- vagy kerámiaecsöcskét húznak rá a másik elektróda kivezető részére és azon rögzítik. A sugárzóban levő izzószál két végét a lámpa-fej megfelelő részével az elektródák (bevezetők) kötik össze. Ezek egyike, arra az esetre, ha a su-



4. ábra. Tungsram gyártmányú *Infrasec* szubinfravörös sugárzó

gárgzó valamilyen okból a megengedettnél nagyobb áramerősséget venne fel, mint oxidáló biztosíték működik, megakadályozza az áramerősség többszörösére való növekedésénél a sugárzó robbanását. Ezt a megoldást 1952 óta alkalmazzák.

Az izzószál üzemi hőmérséklete kb. $2200\text{ K}^\circ =$

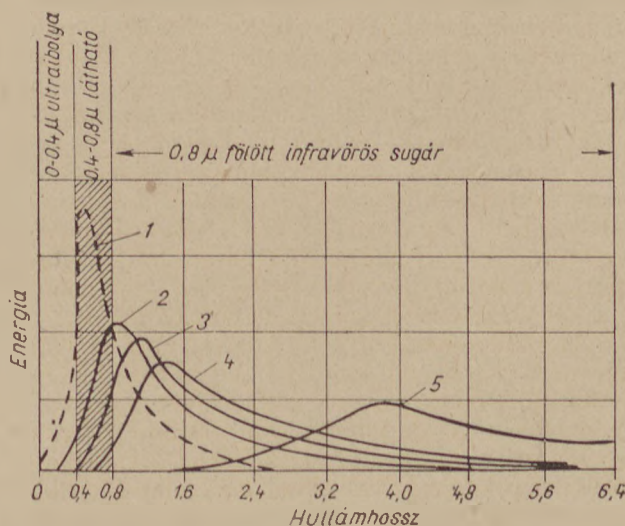
$= 1927\text{ C}^\circ$. A sugárzó által kibocsátott sugárzás-energia maximuma $1,3\text{ }\mu$. A sugárzás spektrális energiamegoszlása 5. ábránkon látható más testek sugárzási görbéjével való összehasonlításban. A sugárzás %-os színképi megoszlását tünteti fel a következő táblázat:

Különböző sugárzótestek sugárzásának hullámhosszak szerinti százalékos megoszlása

Mikron	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—
Villamos sötétsugárzó 500 K°	—	—	—	7	10	83
Gázüzemű sötétsugárzó test 1000 K°	2	5	21	19	15	38
Wolframszál	1600 K°	4	20	28	18	19
	2000 K°	7	41	25	13	6
	3000 K°	28	46	15	6	2

A sugárnyaláb keskeny kúp alakú. Ha a sugarakat a lefelé irányított sugárzó hossztengelelyére merőleges síkban, a bura alsó csúcsától 10 cm távolságban fekete lemezen mérjük, megkapjuk a hőmérsékleteloszlás 6. ábrán feltüntetett görbéjét. A görbe mutatja, hogy a legmagasabb hőmérsékletet a sugárzó hossztengelelyének közelében mérjük és a hőmérséklet a sugárzó szélei felé fokozatosan csökken. Ezért több sugárzó együttes alkalmazásánál a besugárzás egyenletességének biztosítása céljából erre mindig figyelemmel kell lenni. A besugárzási távolsághoz képest a fent-közölték tekintetbevételével kell megállapítani a sugárzók egymástól való távolságát. A sugárzó teljesítménysűrűségére és energiamérlegére vonatkozó néhány adat:

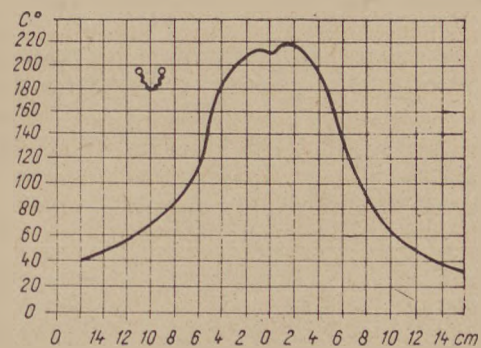
- a kezdeti sugárzó energia.... 75—80%
- a sugárzó élettartama végén 65—70%
- átlagosan 70—75%



5. ábra. Különböző testek sugárzásának spektrális energia-megoszlása. 1. Nap $6,000\text{ K}$, 2. Wolframszál-as fotolámpa $3,100\text{ K}$, 3. Wolframszál-as normál lámpa $2,850\text{ K}$, 4. Szubinfravörös sugárzó $2,200\text{ K}$, 5. Sötétsugárzó 773 K

a sugárzó által felvett teljes energiát 100%-nak véve. Háromszögalakban, egymástól 14 cm tengelytávolságban elhelyezett 3 db sugárzó teljesítménye 20 cm távolságban:

- a sugárzó tengelyében mérve $1,02\text{ W/cm}^2$
- két sugárzó között középen $1,00\text{ W/cm}^2$
- a háromszög középpontjában $0,75\text{ W/cm}^2$



6. ábra. Tungstam Infrasec sugárzó sugárzásának melegeloszlása a távolság függvényében

Ily módon érhető el a besugárzás egyenletességének (77%) az optimauma. Ezzel az elrendezéssel 1 m^2 -nyi területre maximálisan 56 db sugárzó építhető be 14 kW összteljesítménnyel. Ez a besugárzás 70%-os termikus hatásfoka mellett a sugárzók csúcsára fektetett síkon $0,98\text{ W/cm}^2$ teljesítményt eredményez. Négyzetes elrendezésnél a sugárzók azonos tengelytávolsága mellett 49 db sugárzó építhető be 1 m^2 -nyi területre $12,3\text{ kW}$ összteljesítménnyel. Az egyenletesség ez esetben 47%, a sugárzók csúcsára fektetett síkon $0,86\text{ W/cm}^2$ teljesítményt eredményez.

A besugárzási távolság növelésével a teljesítmény a sugárzó hossztengelelyében a következő értékek szerint csökken:

10 cm távolságban lefektetett merőleges síkra kereken	1,00 W/cm ²
20 cm távolságban lefektetett merőleges síkra kereken	0,5 W/cm ²
30 cm távolságban lefektetett merőleges síkra kereken	0,25 W/cm ²
40 cm távolságban lefektetett merőleges síkra kereken	0,15 W/cm ²

A sugárzó wolframszálának felülete 6,2 cm², a felvett villamosenergia 90—92,2%-át adja le sugárzás alakjában. Teljesítménysűrűsége 38 W/cm².

Ha egy konkrét feladathoz a szubinfravörös sugárzók által kibocsátott sugárzásnál hosszabb hullámokra van szükség, akkor a Wien-féle eltolódási törvény alapján jogosan merülhetne fel az a javaslat, hogy menjünk le a sugárzót tápláló energia feszültségével, amikor is csökken a wolframszál izzási hőmérséklete, az általa kibocsátott sugárzás ennek következtében eltolódik a hosszabb hullámok felé. A kérdésnek inkább csak elméleti jelentősége van, mert gyakorlatilag két gátló körülménnyel kell számolni: a feszültség csökkenésével rohamosan esik a sugárzó teljesítménye és az üveg a 2,5 μ -on túli sugarakat általában jobban abszorbeálja, bár ez utóbbi akadály megfelelő üveg használatával elhárítható. Itt említjük meg, hogy az üvegbura a szubinfravörös sugárzó sugárzásának csak 10%-át abszorbeálja, a többit átengedi, ezért van az, hogy maga csak mintegy 150 C°-ra melegszik fel. 4 μ -on túli sugárzásnál az arány fordított.

Következő táblázatunkban tájékoztatásul felüntetjük a 220 V feszültségre szerkesztett sugárzó teljesítményének a feszültség csökkenésével járó változását, valamint a kisugárzott energia csúcsának a hosszabb hullámok felé való eltolódását.

A teljesítmény csökkenése és a sugárzás hullámhosszúságának eltolódása a feszültségeséssel:

Feszültség V-ban	A sugárzás energia csúcsa μ -ban	Teljesítmény W-ban
210	1,4	224
200	1,45	215
180	1,55	185
160	1,7	156
127	2,1	110
110	2,3	90
50	3,9	50

A táblázat értékei azt mutatják, hogy a tápláló feszültségnek már 10%-os esése erősen befolyásolja a sugárzók teljesítményét. Ezért mind kísérleteknél, mind pedig üzemi használatnál mindenkor vegyük figyelembe a használat helyén fennálló tényleges feszültséget.

A szubinfravörös sugárzók gyártása az izzó lámpával azonos módon történik. Az előzőekben említett szerkezeti felépítés után a burát evakuálják, argongázzal töltik, leforrasztják és fejelik. A hazai sugárzók 110 és 220 V feszültségre készülnek világos és homályos üvegburával, E 27 fejjel. Még megemlítjük, hogy a világos bura koncentráltabb sugárnyalábot ad, a homályos bura jobban szórja a sugárzást.

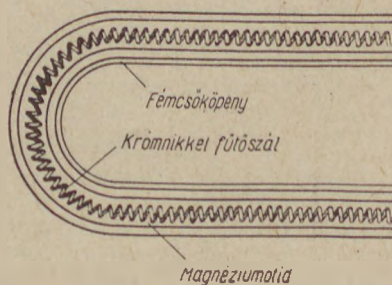
Ismerkedjünk meg az itthon nem gyártott villamosüzemű sötétsugárzókkal.

Elsősorban a kvarccsősugárzók említendők meg, izzószáluk 1300—1400 K° izzási hőmérsékletével átmenetet képeznek a szubinfravörös sugárzóktól a sötétsugárzókhoz. Az izzószál kvarc-üvegrúdra van tekercselve. A csövek fűtőelemei cserélhetők. A burkolat az egyik típusnál rotosilból² készül, a másik típusnál az ún. kettős csősugárzónál az egyik hengerfél rotosil, a másik kvarcüveg. A rotosil maga is felmelegszik 1100 K° hőmérsékletre és ennek megfelelően sugárzást ad le. Miután mind a fűtőszál, mind pedig a burkolat sugárzást bocsát ki, két maximum lép fel, az egyik 2,2 μ -nál, a másik valamivel 4 μ fölött. A kvarci üvegen át a sugárzás akadálytalanul lép ki. Alumíniumlemezről készült, 130 mm-es nyílású, félhenger alakú tükörrel irányítják a sugárzást.

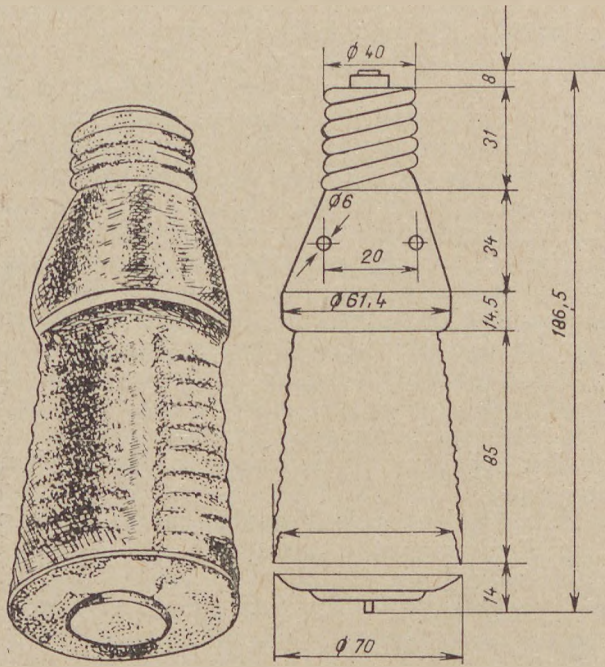
Ugyancsak magas hőfokon izzó sötétsugárzótestek a szilíciumkarbid-pálcák vagy röviden szilít-pálcák. Ezekkel, csakúgy, mint a kvarccsősugárzókkal kis térfogatuknál és viszonylag nagy teljesítményüknél fogva nagyobb energiasűrűség érhető el, mint egyéb villamosüzemű sugárzókkal. Míg a magas hőfokon izzó wolframszálát a gyors oxidáció ellen védeni kell, addig a szilíciumkarbid még 1750 K°-nál nem kíván oxidáció elleni védelmet. Természetes atmoszférában is magas élettartamot ér meg, miután égési folyamata ($\text{SiC} + 2\text{O}_2 = \text{SiO}_2 + \text{CO}_2$) rendkívül lassan megy végbe. Az elérhető legmagasabb teljesítménynek a szilítpálca és a reflektorok termikus terhelhetősége szab határt. A léghűtéses reflektort úgy kell kialakítani, hogy elkerüljük a reflektor felől a szilítpálca felületére ható szekundersugárzást és ennek következményét a sugárzástorlódást. A SiC lassú oxidációja a villamosellenállás növekedését eredményezi, ezért önműködő vezérlésű feszültségváltók alkalmazásával gondoskodni kell állandó értéken maradó energiafelvételtől.

Középmagas hőmérsékleten izzó sötétsugárzó a Backer-rendszerű csősugárzó. A fűtőtekercs krómnikkelből vagy más hasonló anyagból készül. Ezt 1,5—2 m hosszúságú, 1—2 mm falvastagságú, felületileg különlegesen kezelt fémcsőköpenyben

² Kvarckészítmény



7. ábra. Backer csősugárzó keresztmetszete



8. ábra. Keramikus sötétsugárzó

9. ábra. 100—700 és 1000 W teljesítményű kerámia sötétsugárzó

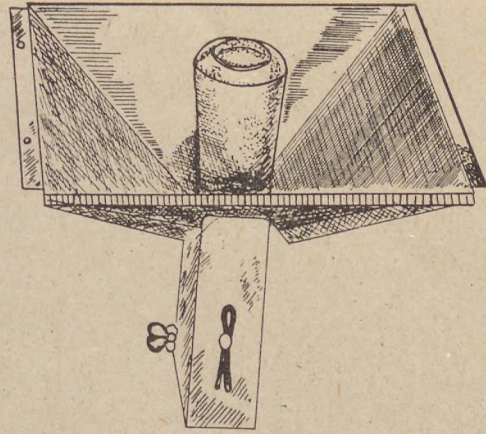
magnéziumoxidba ágyazzák. Ez a tömítő keramikus porréteg pórusmentesen veszi körül a fűtőszálát, jó hővezető és villamosszigetelőképességű. A fémcsőköpeny felületi hőmérséklete kb. 1000 K°. A 7. ábrán keresztmetszetben látható sugárzótest a szükségletnek megfelelő hosszúságban készül és az igényeknek megfelelően hajlíthatók.

Középmagas és alacsony hőmérsékleten izzó sötétsugárzó kerámiatest látható 8. és 9. ábrán. A kerámiatestbe ágyazott fűtőszál izzási hőmérséklete és ezzel a sugárzás hullámhossza a feszültség szabályozásával változtatható³. E sugárzókat, melyek 400—700 és 1000 W teljesítményre készülnek egyenként vagy csoportonként külső reflektorban helyezik el. A négyszögletes formájú 1 db sugárzóra alkalmazott, 10. ábrán látható külső reflektor kiképzésével biztosítja a sugárzás egyenletességét.

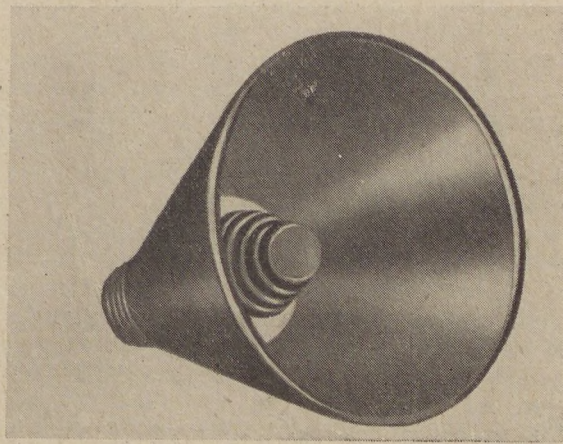
Külsőleg a szubinfravörös sugárzóhoz hasonló formájú, alacsony hőmérsékleten izzó sötétsugárzó látható 11. és 12. ábrán. A sugárzó teljesítménye 150 W. A sugárzó, az ábrán látható mélysugárzó-reflektorral van egybeépítve. E 27 foglalatban minden további nélkül alkalmazható.

Mint a sötétsugárzók itt ismertetett típusainál láttuk, szabadon levő, vagy valamely anyagba

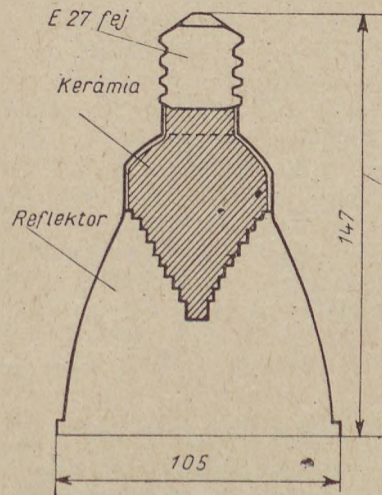
³ A sugárzás hullámhosszának itt a feszültség változtatásával történő szabályozása ellentmondani látszik a szubinfravörös sugárzónál közöltnek. Magyarázatul szolgáljon, hogy míg a szubinfravörös sugárzónál a feszültség esésével előálló teljesítménycsökkenés nem kompenzálható újabb sugárzóegységek beépítésével (mert a sugárzó 125 mm-es átmérője az ilyen esetekre nézve szűk határt szab a beépíthető maximális energiasűrűségnek), addig ezek a lényegesen kisebb átmérőjű (70 mm) és sokkal nagyobb teljesítményű sugárzók oly közel építhetők be egymáshoz, amilyen maximális sűrűségre a gyakorlatban még az ilyen esetekben sincs szükség.



10. ábra. Reflektorba szerelt 700 W-os sötétsugárzó



11. ábra. Reflektorral egybeépített kerámiatestű sötétsugárzó



12. ábra. A 11. ábrán látható 150 W-os sugárzó szerkezeti felépítése

— többnyire kerámiába — épített ellenálláshuzal képezi a fűtőszálát. Előbbieknél a fűtőszál adja le közvetlenül a sugárzást környezetének. Utóbbiaknál a fűtőszál konduktíve izzítja az őt körülvevő anyagot és ez az anyag adja le sugárzását környezetének. Az 1953. május hó 29-én megtartott országos infra-ankét rámutatott arra, hogy egyes szárítási munkafolyamatok gazdaságos elvégzésé-

hez hosszúhullámú sugárzásra van szükség és javaslatot tett ilyen villamosüzemű sugárzótestek gyártásának megindítására. Erre ez idő szerint még nem került sor.

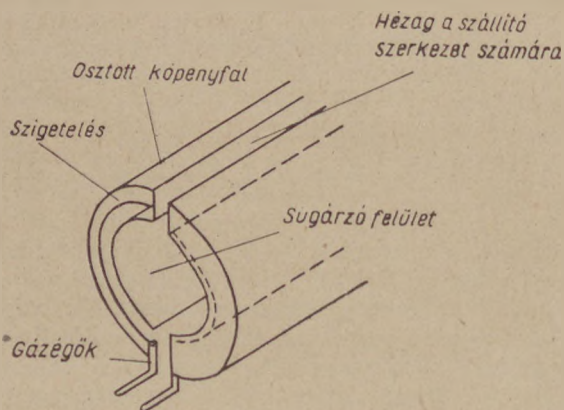
Infravörös sötétsugárzás hazánkban a gyakorlatban gázüzemű berendezéssel oldható meg, általában alacsony vagy közép magas hőmérsékleten. A gázüzemű berendezésekben feketére oxidált vaslapok — panelek — a sugárzó testek. Ezeket, ún. lepkeégők hevítik. Az égők a gázvezeték vízszintesen futó csőhálózatában ülnek. A panelek egyenletes felmelegítése céljából, ezek az égők lángjával nem érintkeznek közvetlenül, hanem a füstgázok melegét kapják. A gázlángsört belülről a sugárzófelület, kívülről a szigetelőréteg határolja. A füstgázok elvezetése kéményen át történik. A panelek különböző szerkezeti felépítésűek lehetnek, de valamennyien az ismertetett elvek szerint működnek. Méreteik változóak (900 mm × 450 mm, 600 mm × 300 mm, 530 mm × 250 mm stb.). Hőszigetelés céljára megfelelőek a szivacsos szerkezetű samott-kövek, vagy kettős rétegben alkalmazott magnézitlapok. A kívánt hőmérsékletet önműködő hőfokszabályozóval, a gáznyomás szabályozásával állítják be. A szabályozás másik módja szerint a panelek külön-külön kapcsolhatók a gázvezetékre. A lepkeégők lángjának a nagysága széles határok között mechanikusan is szabályozható. Körkeresztmetszelyű kemencék nem állanak itt az ismertetett független panelekből, ilyen esetekben a sugárzófelület vas-henger, amint az 13. ábránkon látható. Megelégszünk az eddig használt gázüzemű sötétsugárzó berendezések működésének elvi ismertetésével és nem térünk ki az egyes paneltípusok részletes és konkrét leírására.

Az infravörös eljárás eddigi fejlődése során hazánkban a gázüzemű berendezések nem tudtak maguknak olyan helyet biztosítani, mint amilyent üzemük olcsósága folytán föltétlenül megérdemelnének. Ha a gáz köbméterét azonos áron számítjuk, mint 1 kWó villamosenergiát, ami népgazdasági szinten reálisnak mondható, akkor a gázberendezés hatásfokát nem vehetjük oly alacsonyan számításba, hogy üzemeltetése magas kalóriaértékénél fogva ne lenne még mindig gazdaságosabb, mint a villamosüzemű berendezése. Ha tekintetbe vesszük is, hogy gáz nem áll az ország

minden részén rendelkezésre, palackokban való szállítása nehézkes és költséges, akkor is meg kell állapítani, hogy azokon a helyeken, ahol van vezetékes gáz, érdemtelenül elhanyagolták. Ennek az okát, amint erre előljáróban már céloztam, a két különböző energiával működő sugárzóberendezések sajátosságaiban fogjuk megtalálni. Ezek szám-bavételénél kétségtelenül fogunk találni a gázüzemű berendezések terhére olyan körülményeket, amelyeknek a villamosüzemű berendezés híjával van, ezek azonban nem döntőek, inkább kényelmi szempontok és előítéletek. A gázüzemű berendezések javára is kimutathatók előnyök, amelyekkel a villamosüzemű berendezés nem rendelkezik. Ügylátszik azonban, hogy még olcsó üzemeltetésükkel sem tudták az eddigi gázüzemű berendezések leküzdeni az irányukban megnyilvánuló ellen-szenvet.

Az újabb kutatások azonban most olyan gázüzemű sugárzótesteket eredményeztek, amelyek ugrásszerűen megnövekedett hatásfokkal működnek, ezekkel, mint a szubinfravörös sugárzók komoly versenytársával kell számolni. Részletes ismertetésük előtt vegyük sorra a két különböző energiával működő berendezések jellemző sajátosságait.

A villamosüzemű berendezésekre jellemző a sugárzás irányának pontos beállíthatósága. Ezzel nagyobb tárgyak *részleges* szárítása is megoldható, más, melegíteni nem kívánt vagy tilos részek hőkezelése nélkül. A berendezések felesleges melegítése nélkül is állandó üzemkés állapotban vannak, miután egyetlen kapcsolásra azonnal teljes intenzitással megindul a sugárzás. Nincs szükség tehát felfűtési időre, az üresjárat is egyetlen kapcsolással elkerülhető. A befektetett energia gyakorlatilag elhanyagolható minimális hővesztéssel teljes egészében sugárzó energiává alakul át. A levegő a berendezéstől közvetlenül nem melegszik fel, csak a besugárzott anyag konvektív és a sugárzófejek konduktív hővesztése következtében csekély mértékben, ezért a berendezések hőszigetelésére nincs feltétlenül szükség. A szárítóterség levegőjének és a sugárzó burájának mérsékelt felmelegedése, valamint nyílt láng hiánya csökkentett robbanásveszélyt jelent. A szárítóberendezés felépítése roppant egyszerű, kevés anyagot igényel, ezért kis beruházási költséggel jár, kis helyet foglal el és kicsi a súlya. A berendezés könnyen beilleszthető a folyamatos gyártás technológiai menetébe. A sugárzók hőhatásának megfelelő átfedésével a sugárzás intenzitása könnyen fokozható közép-magas hőmérséklet elérésére kb. 300 C°-ig. A szükséges hőmérséklet könnyen szabályozható a bekapcsolt sugárzók számának, egymástól és a hőkezelt anyagtól való távolságának, valamint a hőkezelés időtartamának a változtatásával. A berendezés kivételesen alkalmazkodóképes a megoldandó feladatokhoz, az anyag minősége, terjedelme, alakja és felületi tulajdonságai szerint. A hőkezelt anyag könnyen megfigyelhető üzem közben a sugárzók fényénél. A berendezés könnyen javítható, mert a hibás sugárzók azonnal felismerhetők és könnyen cserélhetők. Az üzemeltetés tiszta, az egyes részek könnyen hozzáférhetők.



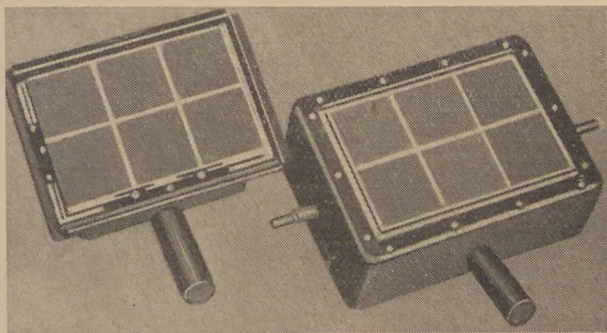
13. ábra. Gázüzemű alagút kemence

A legérzékenyebb rész, a tükör a sugárzó burájában teljesen védett minden szennyeződés ellen. A berendezést beépíteni nem kell, ezért könnyen áttelepíthető.

A gázüzemű berendezések mellett szól a megszakítás nélküli folyamatos sugárzófelület, ezáltal minden távolságban egyenletes sugárzás biztosítható. A gázüzemű sugárzótestek által kibocsátott sugárzás hullámhossztartományában a legtöbb anyag kisebb szelektivitást mutat. Beépített csőhálózatával a gázüzemű berendezés nehezebben telepíthető át. Számolni kell a gázüzemű sugárzótestek termikus tehetetlenségével — ez különben bizonyos mértékig a villamosüzemű sötétsugárzókra is fennáll — begyújtás után kb. $\frac{1}{2}$ órával érik el a sugárzótestek üzemi hőmérsékletüket, lekapcsolás után kb. $\frac{1}{2}$ órával hűlnek le. Ha a továbbító-szerkezet üzemzavar folytán leáll, az éppen a kemencében levő munkadarabokat ernaózni kell a túlmelegedés, megpörkölés, eléégés ellen. A füstgáz aránylag meleg hőmérsékleten távozik, ezzel erősen rontja a hevítés hatásfokát. A gázüzemű berendezésnek nagyobb a beruházási költsége, mint a villamosüzemű berendezésé. Ez a többlet azonban bőven megtérül, ha tekintetbe vesszük, hogy a szubinfravörös sugárzók élettartama erősen korlátozott, 5000—6000 üzemóra, a gázüzemű berendezések megfelelő karbantartás mellett pedig ennek az időtartamnak a többszöröse alatt sem igényelnek még felújítást.

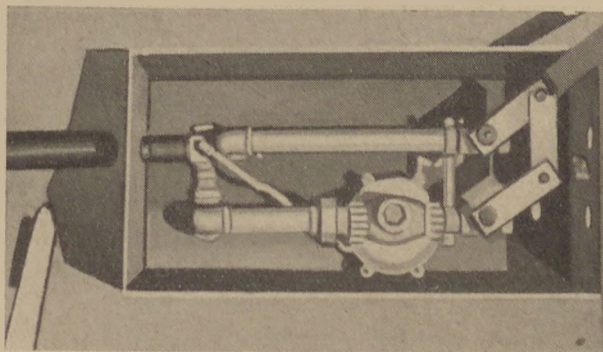
A tervállamokban indult kutatás olyan sugárzótestek szerkesztésére irányult, amelyek alkalmasak a gáz magas kalóriaértékének *maradék-talan* hasznosítására és nem rendelkeznek az említett egyéb hátrányokkal. Így jutottak el 1948-ban a Szovjetunióban az infravörös diaphragma sugárzókhöz, amelyek alkalmasak a gáz lángnélküli elégetésére. Elmarad a füstgáz, ez ugrásszerűen növeli a hatásfokot és mert nincs mindig szükség az égéstermékek elvezetésére, csökkennek a beruházás költségei. A gáz elégetésére olyan megoldást találtak, amely mellett a sugárzó test csak a felületén izzik, ezért szerelése sem okoz nehézséget. Megszűnik a termikus tehetetlenség, mert a felület másodpercek alatt történő felizzása után teljes intenzitással megindul a sugárzás. Előnyként megmarad az egy síkban fekvő sugárzó felület, mellyel az egész sugárzás primérsugárzásként hasznosítható.

A diaphragmasugárzók speciális oxidokkal kezelt kerámiaanyagból készült szegmensek, a gáz ennek számtalan kis pórusán át diffundál. A kerámialapok katalizációs hatásúak és biztosítják a pórusokon kilépő gázláng nélküli felületi izzását. Az égés hatására 800 °C-ig terjedő hőmérséklet alakulhat ki. Lényeges, hogy a sugárzólap anyaga megfelelően tűzálló legyen. Az izzás ui. a szegmens felületén megy végbe, anyaga csak kis rétegben melegszik fel, a 40 mm falvastagságú kerámialap hátoldala hűvös marad. Ez megkönnyíti szerelését, az aránylag kis rétegen belül mutatkozó nagy hőfokkülönbség azonban erős belső feszültséget idéz elő. Az anyag ezért gondosan megválasztandó, nehogy a lapocska a feszültség hatására deformálódjék és az is fontos, hogy a melegedés mélysége



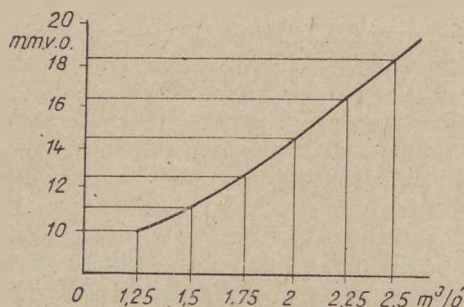
14. ábra. Gázüzemű diaphragma infravörös sugárzótest

állandó legyen. A megkívánt mechanikai szilárdságon kívül a lapoknak megfelelő mértékű, egyforma gázátbocsátóképességgel kell rendelkezniük. Eme követelményeknek megfelelő anyagból készült egyforma tulajdonságú lapok felhasználásával különbözőképpen alakíthatók ki a sugárzóegységek, melyek egyik típusát 14. ábránkon láthatjuk. Ezt a sugárzót a Csehszlovák Népköztársaságban többek között a Prága—Běchovice-i gázintézet kísérleti termében helyiségfűtésre alkalmazták. Természetesen az ipari szárítás céljaira kevesebb vagy több, kisebb vagy nagyobb sugárzólapból az igényeknek megfelelő alakban szerkeszthetők sugárzóegységek, ezek azonban mind ugyan-ezen elv szerint működnek. Az ábrán látható sugárzóegységek 6 db, a fentiekben már ismertett tulajdonságú és jó emisszióképességű $100 \times 100 \times 40$ mm-es méretű kerámialapokból állanak közös vasbádoglemez szekrényben. A kerámialapok párosával csatlakoznak egy-egy, összesen tehát három gázvezetőtörökhöz, ezen kapják egy keverőkészüléken át a tápláló energiát, a gáz és a levegő keverékét. Ábránkon a baloldali sugárzón hiányzik a keret, amely a részlapokat egy közös egységgé fogja össze és így jól láthatók a gázvezetőtörök rései. Egy keverőkészülék és egy ventilátor tetszés szerinti mennyiségű sugárzót ellát gázzal és az elégetéshez szükséges levegővel. A csővezeték elágazásánál biztonsági szelep véd a robbanásveszélytől. A keverőkészülék mellett a 15. ábrán látható injektor működik. A levegő ezen keresztül áramlik és e hatásával egy szabályozószelepet vezérel, így biztosítja a gáz és a levegő helyes arányát a mindenkor terhelésnek megfelelően. A sugárzók kb. 25 mm v. o. nyomás mellett működnek, ez



15. ábra. Levegőszabályzó injektor

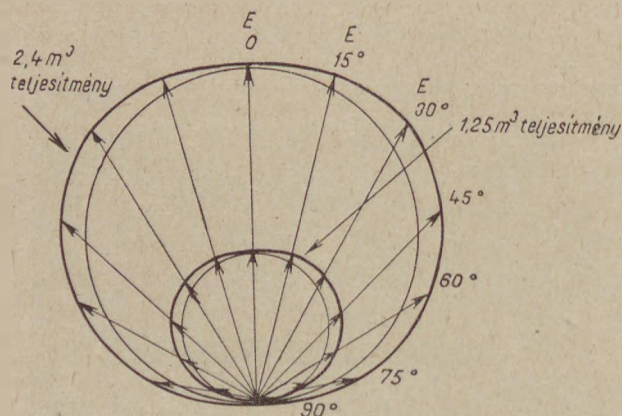
együttal tökéletes védelmet nyújt a visszagyújtás ellen. Az említett részlapok párosával külön-külön is üzemeltethetők. A sugárzó a szekrény oldalán levő csapokon billenthető, az alján kivezető csövön csatlakozik a gázvezetékhez. A szekrényben gyújtógyertya van, ezt olyan biztosítékkal kell ellátni, hogy a gyújtás kihagyása ne okozhasson gázömlést. A kerámialapokat az oldalukon levő rovátkába illeszkedő rácsozat rögzíti a szekrénybe a jobboldali sugárzón látható keret alá. A sugárzólapok üzem közben mintegy 5 mm rétegvastagságban melegszenek, hűvös hátoldalukkal megkönnyítik a szerelést és a légmentes tömitést.



16. ábra. Gázfogyasztás a nyomás függvényében

E sugárzóegységek óránkénti maximális gázfogyasztása $2,4 \text{ m}^3$, 20°C és 760 mm Hg nyomás mellett, ekkor a felület izzási hőmérséklete $700\text{--}800^\circ\text{C}$; legkisebb a fogyasztás, $1,25 \text{ m}^3$, a sötét-sugárzás tartományában. A gázfogyasztás és a túlnyomás közötti összefüggést 16. ábránkról leolvashatjuk. A diaphragmasugárzók szekunderlevegőt nem fogyasztanak, zárt helyiségben, fűtés céljára szabadon való üzemeltetésnél CO_2 képződés miatt mégis figyelemmel kell lenni, hogy a helyiség köb-tartalma a sugárzók maximális teljesítményéhez óránként szükséges gázmennyiségnek legalább ötvenszerese legyen. A tűzbiztonságot szolgálja az a berendezés, amely áramzavar esetére megszünteti a gázszolgáltatást. Az itt ismertetett sugárzóegységek térbeli sugárzásának a karakterisztikája 17. ábránkon látható.

A diaphragmasugárzók ipari alkalmazásánál a CO_2 képződés és a szárítótértségben jelenlevő nyitott izzó felület meggondolásra késztet. Előbbi



17. ábra. A diaphragma sugárzó térbeli sugárzásának karakterisztikája

annyiban, vajon nincsen-e vegyileg ártalmára az éppen szárítandó anyag minőségének. Utóbbit lakkszáritásnál tartom aggályosnak, amidőn a a száradás a levegővel meghatározott hőmérséklet és térfogatkonzentráció mellett robbanó elegyet képező hígító- és oldószerek elpárologtatása útján megy végbe.

A szubinfravörös sugárzók javára írtuk a csökkentett robbanásveszélyt, miután az izzószál légmentesen zárt burában van. Ez így is van normális üzem mellett. Mi történik azonban, ha üzem közben eltörik egy üvegbura? Pedig az 1927°C -on izzó szál teljes elégéséig másodperceken át még izzásban marad. Vajon ilyenkor nem fokozódik-e a robbanásveszély, ha a térfogatkonzentráció felső küszöbét normális viszonyok mellett 300°C szerint határoztuk meg? Még tisztázatlan kérdés. A szubinfravörös sugárzókat mégis használjuk. Erre való hivatkozással természetesen nem azt akarom mondani, hogy altassuk el éberségünket a diaphragmasugárzók alkalmazásánál. Ellenkezőleg: sürgősen folytassunk kritériumvizsgálatokat az említett első esetben és indítsunk kutatást a diaphragmasugárzók ipari alkalmazhatóságára.

M. V. Likov, a moszkvai Hőtechnikai Intézet igazgatója a közelmúltban folytatott beszélgetésünk alkalmával említette, hogy ipari szárítás céljaira szubinfravörös sugárzókkal és esetleg konvekcióval is kombinálva jó eredménnyel alkalmazták a diaphragmasugárzókat és gazdaságos szárítást értek el vele. Sajnos, műszaki szempontból laikus tolmácsunk révén csak elenyésző keveset tudhattam meg. Más külföldi dokumentáció ismereti a diaphragmasugárzók alkalmazásával kombinált komló- és dohány szárítást, melynél a feladat vízpárologtatás.

Szabadtéri- és helyiségfűtés céljára való alkalmazására vannak kidolgozott technológiák. Az infravörös eljárásnak az *Építőanyag* 1953. évi 5. számában ismertetett építőipari alkalmazása is minden további nélkül gazdaságosabban oldható meg diaphragma sugárzókkal.

Hazánkban is folynak előrehaladt kísérletek biztató eredménnyel a diaphragmasugárzók gyártására és alkalmazására.

*

Végezzünk rövid számítást a gázenergia gazdaságosságára és a diaphragmasugárzók energia-sűrűségére vonatkozóan.

Vegyük kiindulási alapul az előzőekben ismertetett diaphragmasugárzók üzemeltetéséhez maximuman szükséges $2,4 \text{ m}^3$ gázszükségletet, árát számítsuk Ft —,35/ m^3 -rel, kalóriaértékét 3500 kcal/m^3 -rel. Az óránként nyert mennyiség teljes határfokkal 8400 kcal , ára Ft —,84. Ha ugyanennyi melegmennyiséget kívánunk villamos-energiával sugárzás útján elérni, akkor teljes határfokra számítva $\frac{8,400}{864} = 9,71 \text{ kWó}$ mennyiségre van szükség, ez azonos árszinten Ft —,30/kWó számolva Ft 2,91 összeget, tehát a gázüzemű berendezés üzemköltségének a 3,5-szeresét eredményezi. Ebből együttal azt is megállapíthatjuk,

hogy 9,71 kWó villamosenergiamennyiséghez 40 db. 250 W-os szubinfravörös sugárzóra van szükség. Ez ad óránként annyi meleget, mint az ismeretett diaphragmasugárzó, amiből utóbbinak az energiasűrűségére következtethetünk. Érdekes annak a megállapítása, hogy a diaphragmasugárzó a 8400 kcal melegmennyiséget alig valamivel több, mint 600 cm² sugárzófelületen adja, a szubinfravörös sugárzóknak ehhez kereken 8000 cm²-nyi területre van szükségük. A diaphragmasugárzó felületének megfelelő 600 cm²-nyi területen szubinfravörös sugárzókkal 648 kcal/ó meleget kapunk.

Lonkai Ferenc okl. gépészmérnök által kidolgozott képlet segítségével számítsuk ki, mennyibe kerülhet a gáz Ft —,35/m³ ára mellett a villamosenergia, hogy a gázzal versenyképes legyen:

a gáz kalóriaértéke K/cal
egységára f_t fillér
a gázberend. hatásfoka η_t
a villamosberend. hatásfoka. η
a villamosenergia ára $f_{kWó}$ fillér

1 m³ gáz elégetésekor $K \cdot \eta_t$ kcal melegmennyiség fejlődik, ennek x kWó felel meg, tehát:

$$K \cdot \eta_t = 864 \cdot x \cdot \eta$$

$$x = \frac{K \cdot \eta_t}{864 \cdot \eta} \cdot kWó$$

$$x \cdot f_{kWó} = f_t$$

$$f_{kWó} = \frac{f_t}{x} \cdot \frac{864}{K \cdot \eta_t}$$

a mi esetünkben:

$$\frac{864 \cdot 35 \cdot 1}{3,500 \cdot 1} = \frac{30,240}{3,500} = 8,64 \text{ fillérbe.}$$

*

A további kutatások fogják eldönteni, hogy a gázenergia nagyfokú gazdaságosságát és az ily módon elérhető energiasűrűséget a diaphragmasugárzók alkalmazásával az ipari szárítás céljaira mely területeken és mily mértékben fogjuk kihasználni.

Szárazórló golyósmalmok szellőzése

VASADI FERENC

A malomszellőzés jelentősége és az optimális levegőmennyiség megválasztása. Jelenlegi malmaink szerkezeti hiányosságai a malomszellőzés követelményeivel szemben. A kerületi kiömlésű és a csap kihordású golyósmalmok alkalmazási területei. Javaslat a többkamrás finomórló golyósmalmok szellőzőrendszerének felülvizsgálatára és helyes kialakítására. Fokozott szellőzésű többkamrás golyósmalmok.

Golyósmalmaink munkájának megjavítása több szempontból is szükséges, legsürgősebb teendő azonban az őrlőtér belső szellőzésének biztosítása. Malomszerkezeteink kisebb részénél szellőzési lehetőség egyáltalán nincs, a többinél pedig csak jelentékeny átalakítások után tudjuk majd a kívánatos levegőmennyiséget átszívni.

A szellőzés — mint ismeretes — többféle ok miatt szükséges:

a) az elszívóberendezés az őrlőteret depresszió alá helyezi, így anyagkiporzás nincsen.

b) az őrlőtéren áthaladó levegő az őrlőtesteket és pánccsát portalanítja, ezzel állandóan biztosítja a hatásos őrlést,

c) az őrlés közben keletkező hő jelentős részét a levegő elvonja, hűtve ezzel az őrléményt és a fémrészeket.

d) az őrlőtér hűtése csökkenti a finomórlést nagymértékben zavaró elektrosztatikus tapadási jelenségeket.

Fontos szempont az is, hogy szellőzéssel a malmok teljesítménye bizonyos mértékig fokozható.

Rövid malmoknál és általában durvaórlásnál a kiporzás meggátolása és a belső portalanítás a legfontosabb, az őrlés közben keletkező hő ebben az esetben jelentéktelen. Ha nagy fajlagos felületek előállítására a célunk, ami főképpen többkamrás

(cementórló) golyósmalmok esetében áll fenn, a belső őrlőtér kilépő oldalának erős felmelegedése miatt már mindnégy követelmény egyidejű ki-elégítésére törekednünk kell.

A szellőzés szempontjából tehát különbséget kell tennünk rövid egy-, ill. kétkamrás golyósmalmok (L/D viszony 3—3,5-ig) és három, ill. többkamrás finomórló golyósmalmok között, melyeknél az L/D viszony 6-ig terjed. Elsősorban ez utóbbival foglalkozunk, igyekezve alapot találni a malmon átszívandó legkedvezőbb levegőmennyiség meghatározására. Az általános megállapítások azonban érvényesek rövid durvaórló golyósmalmokra is.

Az őrlés közben keletkező hő nagyságára nézve tájékoztató adatot találunk Anselm ismert energiámérlegében, mely 2200 mm átmérőjű, 13 m hosszú, háromkamrás cementórló golyósmalomra vonatkozik [1].

Ha az összes bevezetett elektromos energia 466 kW = 100%, úgy:

1. az elméleti őrlőmunka energiaszükséglete	0,6%
2. csapágysúrlódás és meghajtó elemek energiafogyasztása	12,3%
3. az őrlémény felmelegítésére fordítódik	47,6%
4. a malmon átvitt hűtőlevegő által felvett hő	31,0%
5. a dob hőátadása a környező tér felé	6,4%
6. egyéb jelenségekre marad	2,1%
	100,0%

A példában 16 500 kg/óra cementőrlémény ($R_{70} = 7,5\%$) 13 200 m³/óra őrlőtéren átszívott

levegőmennyiség, 22 °C belépő és 52 °C kilépő levegőhőfok, valamint 26 °C belépő és 87 °C kilépő anyaghőmérséklet volt feltételezve. *Anselm* itt tehát 0,8 m³ levegő/kg cementörlemény fajlagos értékkel számolt, a hőmennyiség, ill. az energia-hányad ennek megfelelően lett megállapítva.

Az előbbi energiámérleget vizsgálva megállapíthatjuk, hogy éppen a legnagyobb értékeket mutató 2., 3. és 4. tételek egyszerű eszközökkel mérhetők, ill. ellenőrizhetők, így első pillanatra elfogadhatónak látszanak, míg a sok bizonytalanságot jelentő 1., 5., 6. pont alattiak csak viszonylag kis számértékkel szerepelnek.

A malomszellőzés jelentősége a melegeedés szempontjából már az eddigiek alapján is nyilvánvaló. Tételezzük fel, hogy a

$$466 \cdot 0,31 \cdot 860 = 124\,200 \text{ kcal/óra}$$

hőmennyiségnek levegővel történő elszállítása megszűnik, úgy ezt legnagyobbbrészt a cementnek kell felvennie, egy kisebb része pedig a fémrészeknek adódik át. Ha utóbbit 24 200 kcal/óra értékre becsüljük, úgy változatlan anyagteljesítmény mellett a 100 000 kcal/óra hőmennyiség csak a cement hő-tartalmát, ill. hőfokát fogja emelni. Szellőzetlen malomnál tehát az előbbi 87 °C kilépő anyaghőfok helyett

$$16500 \cdot 0,183 (t_2 - 26) = 190\,000 + 100\,000 \text{ kcal}$$

$$t_2 = 122 \text{ °C}$$

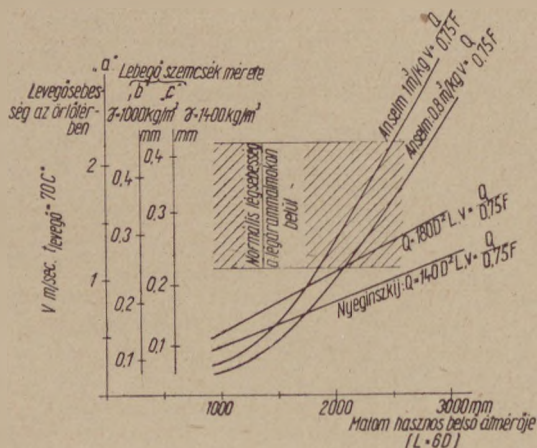
cementhőmérséklet várható.

Az irodalomban két helyen találunk határozott utalást a szellőző levegő mennyiségének megválasztására nézve. Az egyik *Anselm* megállapítása, aki 0,8—1 m³ levegő átszívását javasolja 1 kg kész örleményre számítva. *Nyeginszkij* szerint viszont a hatásos őrlés a belső őrlőtér percenként háromszori átszellőzését kívánja, azaz

$$V = 3 \cdot 60 \frac{D^2 \pi}{4} L = 140 D^2 L \text{ m}^3/\text{óra}$$

levegőmennyiséget kell figyelembe venni [3].

Ha kiszámítjuk 1200 és 2500 mm átmérőhatárok közötti háromkamrás csőmalmok ($L/D = 6$) belső őrlőtérben a kétféle javaslat szerinti levegősebségeket, úgy az 1. ábrán feltüntetett görbékét nyerjük.



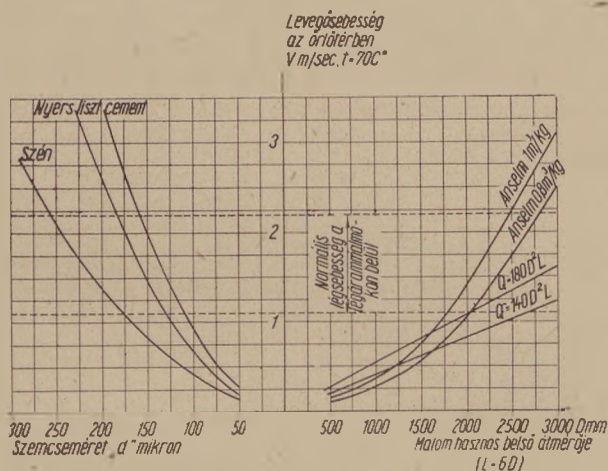
1. ábra. Levegősebségek összehasonlítása

Az „a”-jelű skálán az őrlőtér utolsó szakaszán mérhető levegősebségek olvashatók le 70 °C hőmérsékletet feltételezve. A „b”-jelű skála az „a”-skálán leolvasott sebességekhez megadja a $\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$ (pl. szén) térfogatsúlyú lebegtetett szemcsék méreteit 70 °C hőfokú és 760 mm h. o. nyomású levegőben. A „c”-jelű skála a $\gamma = 1400 \text{ kg/m}^3$ (pl. mészkő) térfogatsúlyra vonatkozik.

Az utóbbi két skála *Rammler* kísérleti eredményei alapján készült [2].

Mint ahogy a többkamrás finomórló golyósmalmok túlnyomó többségét a cementipar használja, szén, nyersliszt és klinker őrlésére, célszerű volt számításal is meghatározni mindhárom anyagra a lebegtetett szemcsék méreteit a malmon belüli légsebesség függvényében.

Az eredmények az 1/a diagramon láthatók. A számítás során feltételezés volt az $L = 6 D$ viszonyszámán kívül a 30 kg/kWó fajlagos malomteljesítmény és 25% őrlőtest töltési fok.



1/a ábra. Levegő szemcsék méretei különféle anyagoknál

Pl. a 2200 mm $\varnothing \times 13\,000$ mm főméretű malmon kb. 10 000 m³/óra levegőmennyiség viendő keresztül, ami az őrlőtérben 1,1 m/sec sebességet jelent. Klinker őrlése esetén ez kb. 120 mikron lebegtetett szemcseméretnek felel meg. Figyelembe veendő, hogy a szemcsemérethez tartozó lebegési sebesség még nem elegendő a kérdéses méretű szemcsének a malomtérből történő kiszállítására.

Szükséges hangsúlyozni azt is, hogy a malmon belüli tényleges anyag- és levegőáramlás pontosabb számítása a diagramtól eltérő eredményeket is szolgáltathat, mint ahogy itt még figyelembe kell venni, hogy a levegővel mozgó anyagszemcsék egymással, az őrlőtestekkel, a pánccsal és válaszfalakkal ütköznek. E két diagram kidolgozásának inkább csak az volt a célja, hogy a malomszellőzéssel kapcsolatos eddigi feltevéseket szemléltetően összehasonlíthassuk.

Az eredményeket vizsgálva a következő megállapításokat tehetjük.

1. Az *Anselm*-féle — a termelt kész anyagra vonatkoztatott — fajlagos levegőszükségleti értékek különösen a 2000 mm fölötti malomátmérőkhöz

nél rohamosan növekednek olyannyira, hogy a 2500 mm átmérőjű malomnál a légsebesség már a légáramrendszerű malmokon belüli normális gázsebességet eléri. A lebegésben tartott szemcsék mérete itt már vízszintes áramlás esetén is meghaladja a 0,2 mm-t.

2. A Nyeginszkij-féle képletből nyert levegőszükségleti érték 1800 mm malomátmérőig eléggé jól egyezik Anselm javaslatával, nagyobb átmérőjű malmoknál azonban az így számított levegőcsere a keletkező nagy hőmennyiség elvitelére valószínűleg nem lenne elegendő.

3. A nagyobb malmoknál a harmadik kamrában keletkező hő fokozott szellőzést kíván, ennek azonban határt szab az őrlőtéren belül megengedhető levegősebesség, ami a kihordott szemcsék nagyságával áll összefüggésben. A malom utáni porleválasztóból nyert port általában mindenütt (pl. cementörlés esetében is) a kész örleményhez keverik; túlságosan felfokozott szellőzés esetén előfordulhat, hogy a megengedettnél nagyobb méretű szemcsék is a késztermékbe kerülnek és megváltoztatják az elérni kívánt szemszerkezetet.

Az bizonyos, hogy meglevő malmaink szellőzését a jelenlegihez képest lényegesen fokozni kell, de nagy körütekintés szükséges a felső határérték megállapításánál.

Számításba kell venni, hogy növekvő légmennyiség esetén nő a ventilációs munka, a porleválasztó készülék mérete, az őrlőtérből kihordott szemcsék mérete és mennyiség, vele a porvesztés is és csak kismértékben nő a malomteljesítmény, csökken viszont az anyag és levegő hőmérséklete, valamint a durvább kihordott szemek miatt a késztermék fajlagos felülete.

Ha a 2500 mm $\varnothing \times 14\,000$ mm főméretű malomnál megvizsgáljuk a porvesztés és ventilációs energiaszükséglet alakulását két egymáshoz közel eső pl. 0,8 m³ és 0,6 m³ levegő/kg késztermék fajlagos levegőszükséglet figyelembevételével, úgy a következő értékek adódnak:

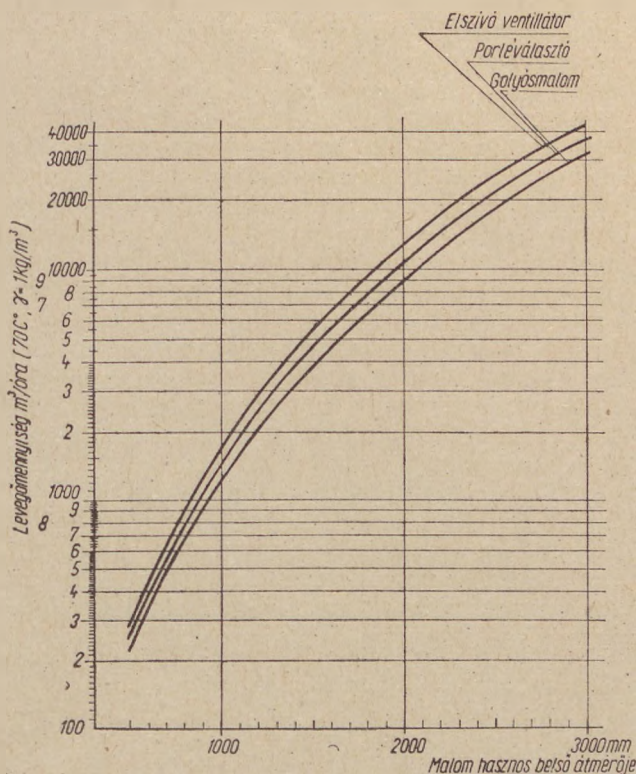
	0,6 m ³ /kg	0,8 m ³ /kg
Légmennyiség ...	15 000 m ³	20 000 m ³
Becsült porkoncentráció a porleválasztó előtti csővezetékben .	80 g/m ³	120 g/m ³
Porvesztés*	60 kg/óra	120 kg/óra

* Textil szövettömölös szűrő 95% optimális határfokával számolva.

Ventillátor energiaszükséglet	18,5 LE	18,6 LE
-------------------------------	---------	---------

A légmennyiség növelésével tehát nem arányos a porvesztés és ventilátor erőszükségletének növekedése.

Rámutatva a malomszellőzéssel kapcsolatos általános szempontokra, felmerül a kérdés, hogyan választható meg szárazörrlő golyósmalmoknál az optimális levegőmennyiség. Már előbbiekből is nyilvánvaló, hogy merev képletekhez minden esetben nem ragaszkodhatunk. Ha a levegőmennyiséget a malommérettel vagy a teljesítménnyel össze-



2. ábra. Szellőzőlevegő mennyiségének megválasztása többkamrás finomörllő golyósmalmoknál. $L = 6D$

függésbe is hozzuk, úgy különösen 2 m fölötti átmérőknél a választott értéket porkihordás és energiaszükséglet szempontjából felülvizsgálni szükséges. Végleges légmennyiség beállítás csakis normális üzemmenet alkalmával hajtható végre.

Ahhoz, hogy új malmoknál vagy meglevők korszerűsítésénél a portalanító készüléket, ventilátort és csővezetékét előzetesen megtervezni lehessen, általánosságban a belső őrlőtér percnként kb. négyszeri átszellőzése javasolható, azaz a malmon

$$V = 4 \cdot 60 \frac{D^2 \pi}{4} L \approx 180 D^2 L \text{ m}^3/\text{óra}$$

levegőmennyiség átszívása szükséges. Ennek az őrlőtéren való áthaladása azonban feltétlenül biztosítandó. A vezetékek és porleválasztó készülékek méretezésénél a hamislevegő beszívás kompenzálására a légmennyiséget 14–20% többlettel vegyük figyelembe és még 15% tartalékot célszerű biztosítani a ventilátor szállítási teljesítményének megállapításánál. Az előbbi képletből számított levegőmennyiségnek megfelelő görbéket a 2. ábrán felrajzoltuk.*

A szellőzés méretezésére vonatkozó ezen elv felállítása éppen olyan önkényesen történt, mint az előbb taglalt Anselm és Nyeginszkij-féle, de a malomban vizsgált levegősebességek egyelőre ezt mutatják elfogadhatónak. Ha malomszerkezeteinknek a szellőző levegő átbecsátása szempontjából

* A légmennyiségek többkamrás finomörllő golyósmalmokra vonatkoznak, $L/D = 6$ viszonyszám esetén. Rövidebb egy- és kétkamrás malmoknál az L/D viszony arányában a diagram szerinti légmennyiségek csökkenthetők.

történő rendbehozása már megtörtént, a légsebességekre és kihordott por szemszerkezetére vonatkozó gondos üzemi mérések után erre a kérdésre még részletesebben szükséges lesz visszatérni.

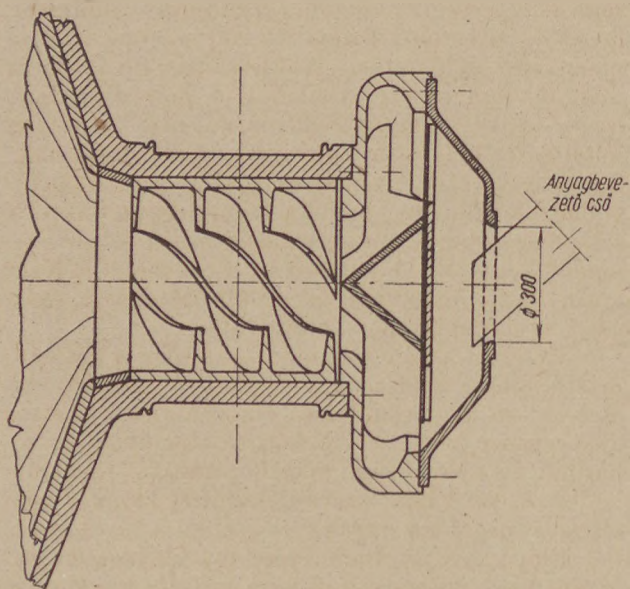
Az Anselm-féle javaslat ugyan túlzott légmennyiségeket ír elő, de meg kell állapítani, hogy az ismertebb malomszerkezeteknél ezt a levegőmennyiséget úgy sem lehetett volna az őrlőtérrel átszívni. A golyósmalmokat előállító gépgyárak a konstrukciónál figyelembe veszik a szellőzés szükségességét, de rendszerint csak a kilépő oldalon. Itt megtaláljuk a megfelelően méretezett porgyűjtőházat és ezen az elszívócsonkot, azonban a kívánt légmennyiségnek a beömlőoldalon történő bebocsátására a legtöbb malomnál nincs elegendő keresztmetszet.

Ha megvizsgáljuk a nálunk eddig beépítésre került bel- és külföldi eredetű cementörllő golyósmalomtípusokat ebből a szempontból és kiszámítjuk a levegő bevezetésére rendelkezésre álló szabad keresztmetszeteket, úgy pl. az Anselm-féle $0,8 \text{ m}^3$ levegő/kg kész cement fajlagos légmennyiséget figyelembevéve már olyan nagy belépő levegősebességeket kapunk, melynek előállításához szükséges ventilátornyomás egyik berendezésünkönél sem biztosítható.

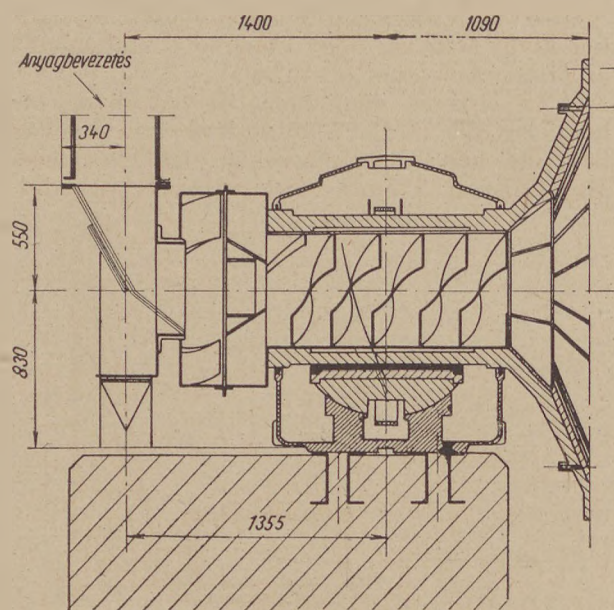
A 3. ábrán a legelterjedtebb $2000 \text{ mm } \varnothing \times 12000 \text{ mm}$ főméretű háromkamrás golyósmalmunk beömlőoldala látható, a levegő bevezetésére rendelkezésre álló szabad keresztmetszetben a levegő sebessége kb. 55 m/sec volna.

A Polysius-cég nálunk beépített $2200 \text{ mm } \varnothing \times 13000 \text{ mm}$ főméretű malmainak behordószerkezetét a 4. ábra mutatja. Abban az esetben, ha a malomhoz nyitott tányéros adagolóval csatlakozunk, tehát a levegőbevezetést legalább az anyagbefolyócsövön keresztül lehetővé tesszük, úgy kb. $38\text{--}40 \text{ m/sec}$ levegősebességet kapunk.

Hasonlóan rossz a helyzet a Krupp Grusonwerk 5. ábrán látható $2550 \text{ mm } \varnothing \times 13000 \text{ mm}$ főméretű négykamrás malmánál, ahol kb. 45--



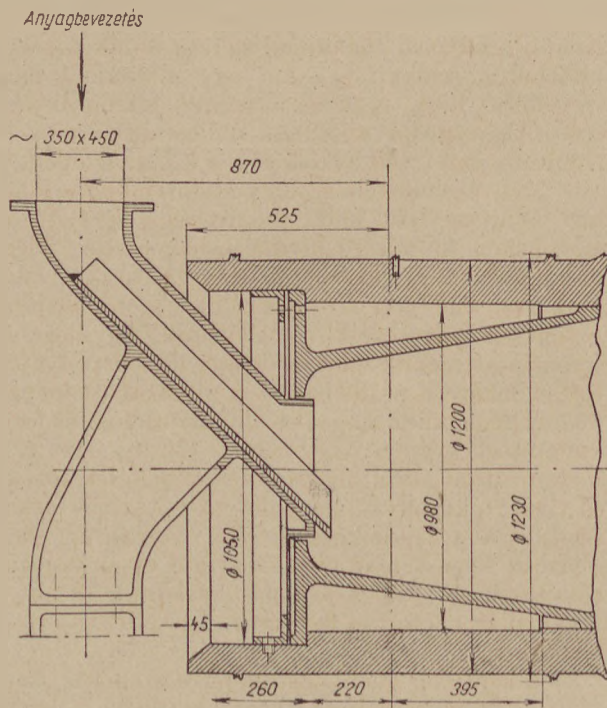
3. ábra



4. ábra

50 m/sec -re számíthatnánk. Az ábrán is feltűnő a malomméretekhez képest kis keresztmetszetűre választott zárt anyag- és levegőbevezetőcső, látható a forgóelemekkel történő csatlakozás helyén felszerelt tömítés is. Hiányzik továbbá e típusnál a kamrák válaszfalainak középső levegőátvezető nyílása.

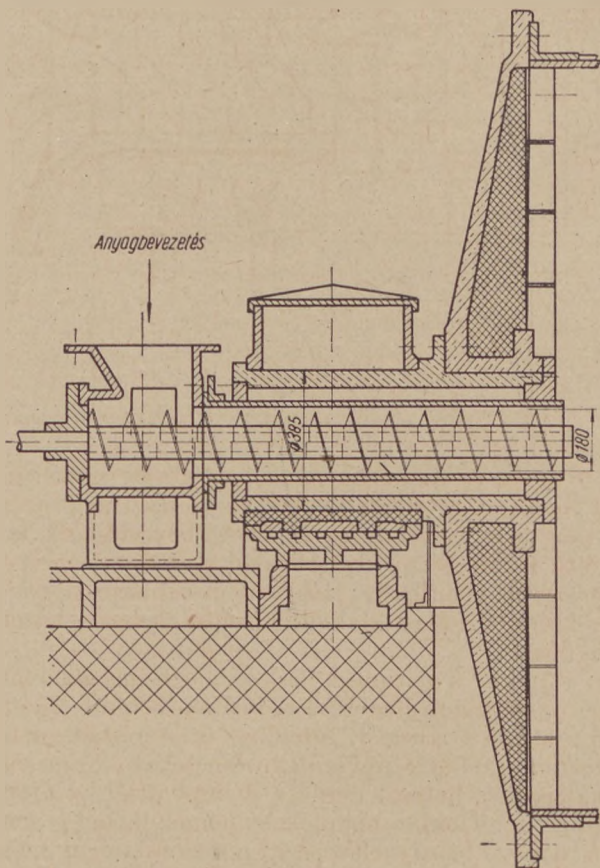
Egyik régi típusú F. L. Smidth-féle $2000 \text{ mm } \varnothing \times 8000 \text{ mm}$ főméretű csőmalom beömlő oldalát mutatja a 6. ábra. E gépnél az őrlőtérrel keresztül történő szellőzés úgyszólván lehetetlen. Nem sokkal jobb a helyzet ebből a szempontból az újabb típusú Unidan-malmok némelyikénél sem. A hiányzó belső szellőzést itt a malomköpeny külső felületének vízpermetezésével igyekeztek pótolni.



5. ábra

A rosszabb hőátadáson és a szennyezett környezetben kívül hiba az, hogy elmarad e malomnál az az örlőtér belső portalanítása.

Az elszívás szempontjából hátrányos még, hogy legtöbb meglevő szerkezetünknel a levegő-bevezetés helyén igen nagyok az alaki ellenállások. Mutatják ezt a fenti vázlatrajzok is, egyedül a

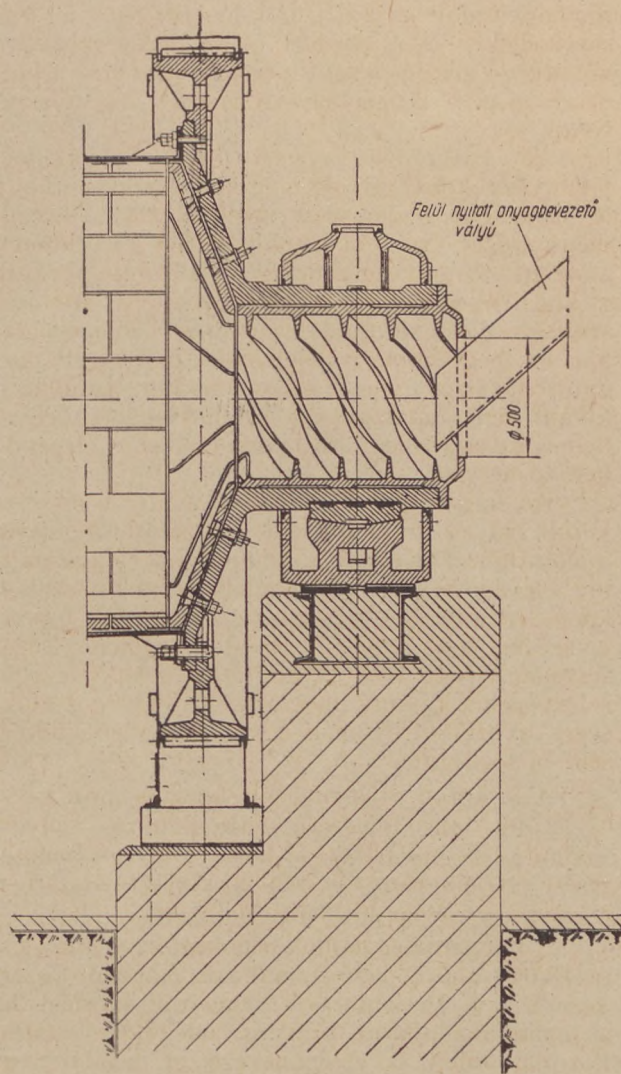


6. ábra

Krupp-rendszerű malomnál helyes ebből a szempontból a kialakítás. Nem egy malomnál megfigyelhető, hogy az üzem a beömlőoldalon minden levegőbevezetésre alkalmas nyílást gondosan le-tömített, ezzel vélt védekezni a kiporzás ellen.

Nilvánvaló tehát, hogy malmainkon a jelenlegi állapotukban kellő mennyiségű levegőt át-szívni nem tudunk, a kívánatosnak esetleg felére, de inkább annál kevesebbre számíthatunk. A malmok után elhelyezett és légszállítás szempontjából bsőégesen méretezett ventilátorok, ha elegendő nyomástartálékuk van, az örlőtér felől érvényesülő fojtás dacára is szállíthatják a megszabott levegő-mennyiséget, minthogy az álló kiömlőlház és forgó malomtest közötti nagyméretű tömítések és a malom utáni szállítóberendezéseken keresztül sok esetben tekintélyes hamislevégő beszívás lehetséges. Ha a rendelkezésre álló nyomás az ellenálláshoz képest már nem elegendő és az említett tömítések is kifogástalanul karbantartottak, a a ventilátor lefojtva fog járni, légszállítása erősen lecsökken.

A legújabb golyósmalmaink a szellőzés szempontjából már helyesen szerkesztettek; egyik közelmúltban elkészült 2000 mm $\varnothing \times 12\,000$ mm



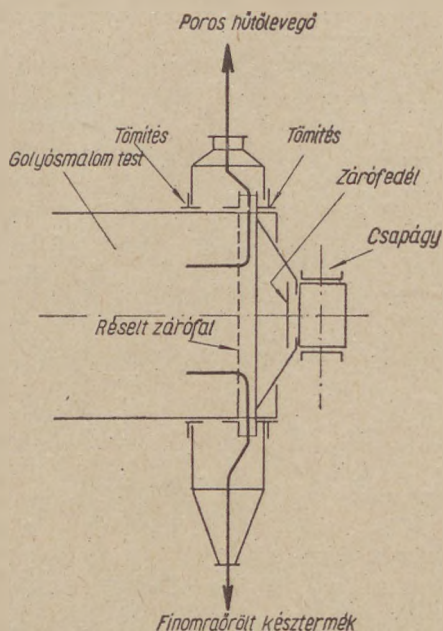
7. ábra

főméretű típus adagoló oldalának kiképzése a 7. ábrán látható.

Visszatérve a bevezetőben ismertetett An-selm-féle energiamérlegre, szükséges rámutatni, hogy az ott feltételezett 13 200 m³/óra levegő-mennyiség feltehetően a kísérletre kiválasztott malmon sem tudott áthaladni. A mérési eredmények értékét nagymértékben növelte volna, ha feltételezés helyett a légmennyiség tényleges megmérését elvégzik. Ez már csak azért sem elhanyagolható körülmény, mivel a hőmérlegben e tétel a teljes elektromos energiaszükségletnek közel harmadát képviseli. A feltevés és a tényleges helyzet közötti különbség egyrészt a dob hőleadását, másrészt a maradéktagot befolyásolja.

Részben a szellőzés határozza meg a két egymástól eltérő rendszerű: kerületi (periferiális) kiömlésű és csapkihordású golyósmalmok helyes alkalmazási területeit. A kétféle megoldást összehasonlítva a következő megállapításokat tehetjük:

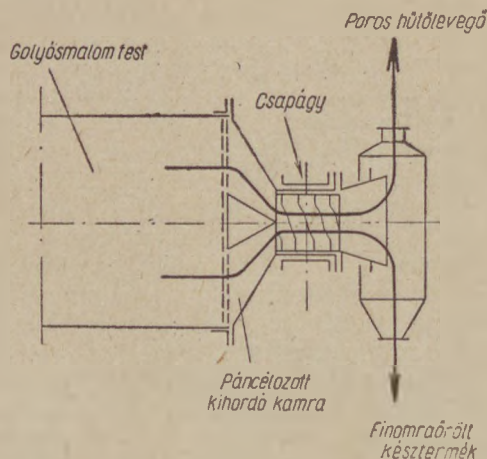
A 8. sz. vázlat szerinti kerületi kiömlés igen előnyös megoldás szárazörlés esetén, a malomtestből kilépő levegő elvezetésére így lényegesen nagyobb keresztmetszetünk van, mintha ugyanazon malomméretnél csapkihordást tervezünk.



8. ábra. Kerületi kiömlésű golyósmalom

A forró őrlemény és a forró levegő kerületi kiömlés esetén nem halad a csapon keresztül, ami jelentős hőigénybevételt jelentene közvetlenül a csapágó-futófelületek mentén. Nem célszerű viszont-e megoldás nedves (iszap) őrlésre, mivel nehéz a kellő és egyenletes iszapszint beállítása, továbbá az iszapkilépés helyén fellépő nagy kerületi sebesség úgyszólván lehetetlenné teszi a kiömlőház és dobtest közötti eltömítést. Egyes esetekben (pl. Krupp-rendszerű kiömlő oldali Centra hajtás) elkerülhetetlen azonban nedvesórló malmoknál is a kerületi kiömlés.

A kerületi kiömlésnek szárazórlésnél csak egy hibája van, a nagyméretű kiömlőházak 6–8 mm hosszú tömítései mentén nagy a hamislevegő beszívás lehetősége, ezen azonban következetes karbantartással egyszerűen lehet segíteni. A 9. sz. vázlaton feltüntetett csapkihordású rendszer tehát célszerűen csak nedvesórlésnél választható. Az elv tulajdonképpen teljesen azonos a kihordókamrás ércórló nedves golyósmalmoknál már jól bevált megoldásokkal. Állandó egyenletes iszapszint tart-



9. ábra. Csapkihordású (központi kiömlésű) golyósmalom

ható, kis átmérők mentén nyugodt az iszapkiömlés, a csapágó szempontjából az iszap mint hűtőközeg szerepel. Ha szárazórlésre tervezzük, a csapágó káros hőigénybevételén kívül számolnunk kell azzal is, hogy a csap belső keresztmetszetében nagy levegősebességeket kapunk, ami a malom áramlási ellenállását és az elszívás energiaszükségletét jelentősen megnöveli. Előfordul, hogy itt is kivételt kell tennünk. Ha pl. szárazórlés esetén a malmot a kiömlési oldalon fogaskoszorúval kívánjuk hajtani, szerkezeti nehézségek miatt csak a csapkihordás jöhet számításba.

Feladataink a működő malmok szellőzésének megjavítására a következőkben foglalhatók össze:

a) elsősorban átalakítandók többkamrás malmoknál az őrlendő anyagot bevezető elemek, a kiviteli részleteket gépenként szükséges tanulmány tárgyává tenni. Általában a zárt anyagbevezető csöveknek vályúszerűen nyitott kivitelre történő kicserélése, a többrésű, nagy ellenállást adó behordófejek átalakítása, egyes régebbi malomtípusoknál az igen szűk bevezetőcső miatt a beömlésoldali malomfal megnyitása ajánlható. Természetesen azonnal megszüntetendő a beömlésnél minden, a levegő beáramlását gátló tömítőrendszer. Figyelembe veendő, hogy a kiömlőoldali zárt lemezház tulajdonképpen egy ülepítőtér, alakja és méretei így befolyással vannak a levegővel távozó por mennyiségére és szemszerkezetére.

b) Az egyes kamrákat elválasztó réselt páncél-szegmensek a legtöbb malomnál sem az őrlemény, sem a levegő átbocsátása szempontjából nem biztosítanak elég szabad keresztmetszetet. Ezen a legközelebbi páncélcseré alkalmával változtatni szükséges.

c) Szárazórlés esetén a kerületi kiömlő részesítendő előnyben. Itt gondos karbantartást igényelnek a kiömlőház és a dobtest közötti filctömítések. Javasolható a kiömlőház anyagkivezető csónkja után kettős elzáró csappantyú vagy forgócellás adagoló beépítése akkor, ha a cementszállító berendezésen át számottevő beszívástól kell tartani. E két helyen belépő hamislevegő a malom szellőzését lerontja.

Teljes egészében felülvizsgálandó minden malomnál a tulajdonképpeni elszívórendszer, mely a malom kiömlőházához csatlakozik és a lemezcső-vezetékéből, a porleválasztó készülékből, valamint a szívóventillátorból áll.

d) A poros levegőt szállító csővezetéknek a keresztmetszet legalább 12 és legfeljebb 20 m/sec légsebességet biztosítson, vezetésének iránya és kiképzése feleljen meg a helyes áramlási követelményeknek, tehát a nagy helyi ellenállások és lerakódásra alkalmas csőszakaszok kerülendők.

e) Porleválasztás céljaira ezeken a helyeken textil szövettömös porszűrőkészülékeket használnak, melyek leválasztási hatásfoka ilyen üzemi körülményekre ugyan megfelelő lenne, azonban szűrőfelületük sok esetben nem volt helyesen megválasztva. A készülék jó működéséhez szükséges, hogy levegőterhelése a 2–2,5 m³/perc/m² szűrőfelület értéket lehetőleg ne lépje túl. Részben a leválasztás hatásfoka is, de főleg a szűrőelemek élet-

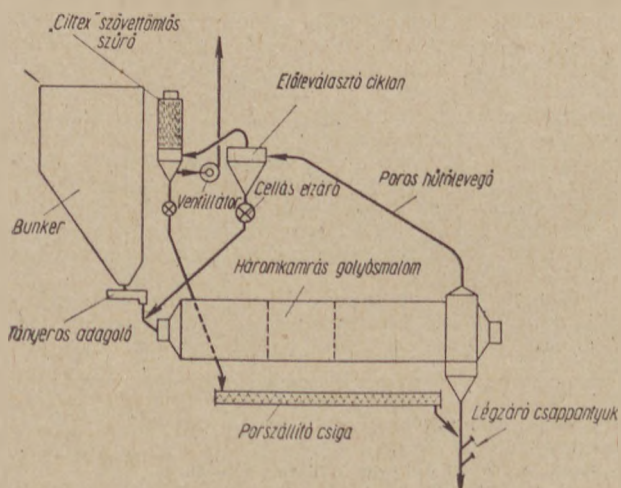
tartama lényegesen megnő akkor, ha változatlan átvitt légmennyiség mellett a porkoncentrációt csökkentjük. Kívánatos tehát a szövettömlős finomszűrő elé közönséges leválasztó ciklont, esetleg más (pl. zsarus) leválasztót kapcsolni. Jól kielégíti egy készüléken belül ezt a követelményt a „Rundfilter” vagy „Ciltex” néven ismert ciklonnal kombinált szűrőkészülék, melynek széleskörű alkalmazása többkamrás golyósmalmok után mindenképpen kívánatos.

A hasáb alakú (Beth-rendszerű) szekrényes szövettömlős textilszűrők voltak eddig legnagyobb-részt beépítve golyósmalmaink után. Azonkívül is, hogy az előleválasztó hiánya miatt a nagy porkoncentrációval terhelt zsákok állandóan kilyukadtak, némely szűrő áramlástan kialakítása következtében a levegő eloszlása a zsákok mentén egyenlőtlen volt, ami fokozta egyes zsákcsoportok túlterhelését és okozta azok gyors tönkremenetelét. Mielőbbi lecserélésük javasolható.

f) Az elszívó-ventillátorok szállító teljesítményét és előállított nyomásukat felülvizsgálni szükséges. Javasolható háromkamrás malmoknál egy-egy esetben a 180 D=1 m³/óra képletből számított légmennyiség választása, melyet egyrészt 14—20% hamislevégő beszívással, másrészt 15% szállítási tartálékkal a méretezéskor még növelni szükséges.

A nyomásérték megállapításánál figyelembe veendő, hogy a malom ellenállása kerületi kiömlés esetén kb. 50—130 mm. v. o. csapon át történő központi kiömlésnél kb. 70—200 mm v. o. nyomásnak megfelelő lehet, feltételezve a helyes beömlő oldali kiképzést. Célszerű a malom-ellenállást esetenként kiszámítani vagy megmérni. Közvetlenül a ventillátor szívócsőnkja előtt fojtószeleppel a malmon átszívandó légmennyiséget szabályozni szükséges.

Előfordulhat, hogy egyes malmoknál nagy finomságokra történő őrlés esetén fokozott hűtés, tehát a javasolt normál levegőmennyiséget meghaladó belső őrlőtér szellőzés szükséges. Annak megakadályozására, hogy ilyen esetekben a megengedettnél nagyobb méretű szemcsék kerüljenek a késztermékbe és megváltozzék az elérni kívánt szemszerkezet, a 10. sz. vázlaton feltüntetett



10. ábra. Fokozott szellőzésű finomörölő golyósmalom I.

készülék elrendezés választható, melynek nagyüzemi kipróbálása javasolható.

A malom kiömlőházából elszívott poros levegőt először viszonylag rossz leválasztási hatásfokkal bíró, tehát csak durva szemcséket visszartartó kis nyomásvesztésű ciklonba visszük, az itt kifejtett port visszavezetjük a malomba, a részben megtisztított levegő pedig szövettömlős finomleválasztóba jut. Az ebből nyert finom port már minden további nélkül a késztermékkel keverhetjük.

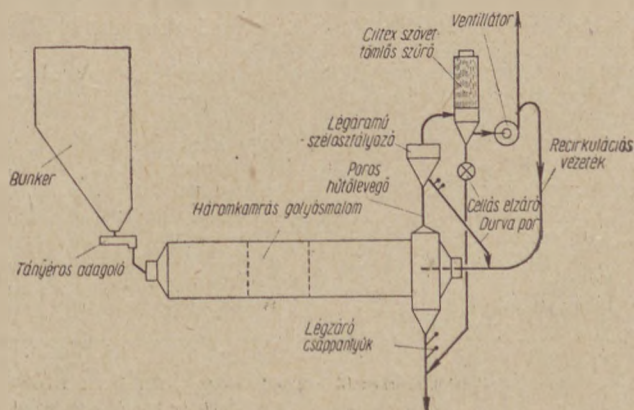
A javasolt kétkészülékes porleválasztásnak további előnyei:

a) az előleválasztó ciklon és malom között létesített részleges körfolyam az alapvető felületképzési törekvés érintetlenül hagyása mellett a berendezés teljesítményét kismértékben növeli;

b) a textilszövettömlős szűrő porigénybevétele minimális lesz, így a rázószerveket működtetése csak hosszabb időközökben szükséges. Lényegesen megnő ennek következtében a szűrőelemek élettartama.

A megoldás hátránya kétségkívül a port visszahordó külön szállítógép, a bonyolultabb cső-és készülékelrendezés, továbbá az a körülmény, hogy a ciklonban a határszemcse mérete a levegőmennyiséggel érzékenyen változik.

Egy másik megoldás lehet ilyen esetekben, ha a poros levegőt a malom kiömlőháza után közvetlenül egy, a légárammalmoknál ismeretes szélosztályozóba vezetjük. Az itt leválasztott, a megengedettnél durvább port visszavezethetjük az utolsó kamrába. Előnye, hogy így a határszemcse méretét a légmennyiségtől bizonyos mértékig függetlenül befolyásolhatjuk, külön szállítógépre nincs szükség, az összes készülékek egységesen a kiömlőoldalon helyezhetők el. Elrendezését a 11. sz. ábra mutatja. A porleválasztó alatt kieső durva por az elszívóventillátor nyomócsővéről leágazó vezeték segítségével a malom utolsó kamrájába visszahozható. A szélosztályozó felső csőnkjén kilepő finom port szállító levegő tisztítására itt is szövettömlős szűrő kapcsolható a ventillátor elé. Ha szabályozást nem akarunk, a szélosztályozó helyett itt is alkalmazható előleválasztó ciklon, a két készülék helyszükségletben és energiavesztésben nem túlságosan különbözik.



11. ábra. Fokozott szellőzésű háromkamrás finomörölő golyósmalom II.

Ha ezen részleges körfolyamat megvalósítása nehézségekbe ütközne, úgy a malmok fokozott szellőzésének méretezése már nem a javasolt normál levegőmennyiség alapján történik, hanem az őrlési teljesítményt figyelembevéve olyan felső határérték állítandó be, melynél a malomtérből elszívott és a leválasztó készülékből nyert por a fajlagos felület csökkentése nélkül a késztermékkel keverhető.

Az előbbi két példán kívül természetesen még számos egyéb megoldási lehetőség van, de addig, amíg az elszívásra vonatkozó részletes üzemi kísérletek eredményeinek kiértékelése a követendő irányt meg nem jelöli, ennek további taglalása céltalan volna.

Abból az alkalomból, hogy a közelmúltban elhunyt Wilhelm Anselm neve a tanulmányban

több ízben előfordul és fejtegetéseim részben az ő egyik elterjedt feltevését bírálják, nem mulaszt-hatom el, hogy kiváló munkásságával kapcsolatban, mely a cementipari és az aprítási technológia úgyszólván minden ágára kiterjedt és nagymértékben elősegítette ezen kutatási terület fejlődését, én is őszinte nagyrabecsülésemet kifejezzem.

IRODALOM

- (1) W. Anselm: Zerkleinerungstechnik und Staub DIV. Düsseldorf, 1950.
- (2) E. Rammler u. O. Augustin: Schwebegeschwindigkeiten von Kohlenkörnern. Braunkohle 1939, Bd 38, No. 1.
- (3) Nyeginszkij: Osznovj proektirovanja cementnih zavodov. Promsztrojzdat. Moszkva, 1949.
- (4) Beke Béla: Aprítás és fajtázás. Egyetemi tankönyv. Budapest, 1952.

A Silikattechnik 1956. 5., májusi számának tartalmából

Franck H. H.: Az üvegtechnológia problémái.

Az Építőanyagipari Kutatók III. Konferenciáján Budapesten megtartott előadás.

Goerk H.—Lederer J.: Adatok táblaüvegnek a hőmérsékletváltozással szembeni ellenállóképességére.

A cikk értékeli az üvegnek a változó hőmérsékletekkel szembeni ellenállási tulajdonságait táblaüvegekre vonatkozólag és ismerteti saját vizsgálatait. A lehűtési szilárdságra vonatkozólag újabb törvényszerűségek állapíthatók meg, különösen ennek hőmérsékleti függvénye szempontjából.

Lommatsch A.: Cement vizsgálata differenciáltermoanalízissel a lekötés és szilárdulás szempontjából. A kötésben levő és szilárduló cementek differenciáltermoanalitikai vizsgálatai arra mutatnak, hogy a bedolgozott cement korától függően a termikus effektusok egyre kisebbekké válnak és egy év után már egyáltalán nem lépnek fel.

Téglabeton üreges blokkok előállítására kísértek nyersanyagokból és hulladékanyagokból.

Javaslat üreges betonburkolatú blokkok előállítására

gyengébb minőségű égetett agyagokból és salakból.

Mai H.: A eszlovák épületkerámiai üzemek és intézetek rendszere és szervezete.

Dittmer W.: A eszlovákiai falburkolóesempe és padlólappgyártás.

Sgraja G.: A brnoi Építőanyagipari Intézet Téglatechnológiai osztálya.

Schulz E.: Téglaiiparunk korszerűsítésének lehetőségei. A leipzig tavaszi vásáron bemutatott téglaiipari berendezések figyelembevételével a cikk javaslatot tesz a téglaiipari technológia korszerűsítésére.

Bornschein G.—Mühl K.: Magasszilárdságú portlandcement felhasználása.

A cikk javaslatot tesz, hogy a cementgyárak a DIN 1164 szabványban megadott mutatókon kívül cementjeikre vonatkozólag további adatokat is közöljenek abból a célból, hogy a felhasználók a megfelelő minőséget kiválaszthassák.

Beszámoló az 1956. március 6—7-én Leipzigban megtartott mészhomoktégla ankétról és a február 24-én Pirmában megtartott üvegszál konferenciáról.

A Sztoitjelnü Matyerialü 1956. 2. számának tartalmából

P. Juggin, a Szovjetunió Összövetségi Építőanyagipari Minisztere nagy cikkben ismerteti az építőanyagipar feladatait a XX. Kongresszus határozatai alapján a második öt éves tervben. Az építőanyagok termelése hatalmas fejlődésen megy keresztül ebben az időszakban, melyet az alábbi adatok méltóképpen érzékel-tetnek.

A termelés növekedésének szorzószámai az említett időszakban a legfontosabb építőanyagoknál a következők:

Cement	2,2	Gipsz burkolólapok .	7,5
Pala	2,7	Azbéscementeső ..	3,5
Csiszolt üveg ..	5,7	Keramik cső	8,9
Ablaküveg	1,3	Falburkoló csempe .	12,7
Vasbetonszerkezetek és elemek	6,6	Metlali lap	3,6
Száraz		Fűtési kazánok	2,5
gipszvakolat ..	12,7	Radiátorok	1,7
		Zománcozott kádak	3,9

Ezek a számok annyit jelentenek, hogy 1960-ra például a cementtermelés 55 millió tonnára, az ablak-üvegtermelés 155 millió m²-re nő meg. Különösen jelentős fejlődést kell elérni a magas szilárdságú cementek gyártásában, a vasbeton előgyártott, előfeszített elemek gyártásában, a nyersanyagoknak vibromalmokon való őrlésében és az építőanyagok, elsősorban a falburkoló anyagok minőségjavításában. A termelékenység növelése terén különös gondot kell fordítani a műveletek és műveletsorok automatizálására. A hatalmas műszaki fejlesztési feladatokról szempontjából a cikk részletezi az egyes iparágak dolgozóinak legfontosabb feladatait, majd befejezésül hangsúlyozza az iparvezetés jelentőségét a célkitűzések megvalósítása szempontjából.

Hvosztyenkov és munkatársai beszámolnak színezett pala előállítására vonatkozó üzemi kísérletekről. Megállapították, hogy krivojrogói hidrohematittal szí-

É P Í T Ó A N Y A G

Felelős szerkesztő: Egyed Zoltán — Kiadja a Műszaki Könyvkiadó V., Bajcsy Zsilinszky út 22. Telefon: 113-450.

Felelős kiadó: Solt Sándor — Megjelent 710 példányban.

Előfizetés a Posta Központi Hírlap Iroda Vállalatnál, Budapest, V., József nádor-tér 1. Távb.: 180-850.

Előfizetési díj: 72.— Ft. (egész évre), egyes szám ára: 8.— Ft. Csekk számlaszám 61.282.

35335-689/2 - Révai nyomda, Budapest, V., Vadász utca 16. (Felelős: Nyáry D.)

nezett cementből készített azbesztcementkészítmények mechanikai tulajdonságai nem változnak lényegesen és megfelelnek a szabványban előírtaknak.

Kopjev „Kőbányák optimális kapacitásának meghatározása“ c. cikkében ismerteti a kőbányák önköltség-alakulását a kapacitás függvényében, valamint ezeknek a tényezőknek összefüggését az 1 m³ késztermékre eső beruházási szükséglettel és az egy munkás által átlagosan termelt kömennyiséggel.

Rojak, Sztrjelkov és munkatársai „Gyorsanszilárduló portlandcement“ c. cikkükben ismertetik azokat a kutatásokat, melyeket az Össz-szövetségi Cementipari Tudományos Kutató Intézet végzett el ilyen típusú cementek gyártástechnológiájának kidolgozása és a cementek ásványi optimális összetételének meghatározása céljából. A cikk megemlíti továbbá a Juzsgiprocement által még 1952. év folyamán kidolgozott BTC 300/400 jelzésű cement gyártástechnológiáját és legjelentősebb tulajdonságait.

Psenicin cikkében elemzi a Leningrád környéki és leningrádi téglagyárak önköltségalakulását és azokat a tényezőket, melyek a téglák önköltségét a legutóbbi időszakban leginkább befolyásolták.

Zaharova „Gőzkaloriferek alkalmazása téglák szárításánál“ c. cikkében tájékoztatást ad az overjeri 2. sz. téglagyárban felállított kísérleti téglaszárító-berendezésről. Megfelelő automatizált berendezés alkalmazásával az 1000 téglának 6–8% nedvességtartalomra való szárításához 0,65 tonna 4 atm. gőz szükséges. A berendezés bevált és más gyárakban is terveznek hasonló berendezéseket.

A „Sztroityelnüje Matyerialü“ 1956. 3. számának tartalmából

A. Zimin „Automatizálás az építőanyaggyárakban“ c. cikkében vázolja a legsürgősebb és távlati feladatokat ezen a téren. A nemrég megalakult „Szojutyeplokontrolj“ tröszt feladata az, hogy a cement- és üvegyárakat a XX. Kongresszus irányelveinek megfelelően előkészítse a teljes komplex automatizálásra és rendelkezésükre bocsássa a legfontosabb automatikákat, valamint távvezérlő berendezéseket. A cementiparban például üzembehelyezték már a folyamatos iszapvizsgáló- és szabályozóberendezést, mely az iszap-tartányok bármely pontjáról kivett minták vizsgálata alapján automatikusan állítja be a víztartalmat. Megoldották az iszaptartányok szintjének távjelzését, valamint az iszapvizskozítás távjelzését is. Eredményes munkák folytak az őrlési adagolás illetőleg teljesítmény automatikus szabályozására, de a márgaőrlési terén még nyitott kérdések vannak. A tröszt a Szovjetunió Tudományos Akadémiája Automatikai és Telemechanikai Intézetével közösen az elmúlt években kidolgozta a cementipar számára használható automatikus füst-gázelemző készüléket, mely alkalmas a kemencék hőtechnikai paramétereinek stabilizáló vezérlésére. Jelenleg dolgoznak azon, hogy az iszapfolyás automatikáját a hőtechnikai automatikákkal szinkronizálják. Jól beváltak a klinker és mészkőőrlés automatikus szabályozására az akusztikus berendezések, melyek egyes esetekben a teljesítményt 8–9%-kal növelték, az elektromos energiafogyasztást pedig mintegy 10%-kal csökkentették. A komplex automatizálás tervei más iparágazatokban is készülnek.

A. Scserbanj professzor és *N. Furman* „Hőtechnikai állandók automatikus meghatározására alkalmas berendezés“ c. cikke rámutat arra, hogy a hőszigetelő anyagok vizsgálatánál a fajhő és hővezetőképesség meghatározását szubjektív hibák pontatlanná tették. Kidolgoztak ezért olyan berendezést, mely egyidőben több vizsgált minta lehűlési diagramját objektív módszerrel regisztrálja.

B. Szkrantsejev és *I. Kravcsenko* „Gipszagyag duzzadó cement“ c. közleménye ennek az új építőanyag-nak tulajdonságairól számol be öt év tapasztalatai alapján. Szerzők megállapítják, hogy a szilárdsági tulajdonságok nagy hasonlóságot mutatnak az alumínátcementekével, habár a szilárdságcsökkenés kisebb mértékű. Különösen érzékeny a cement a be-

Rabinov az Össz-szövetségi Azbesztcement Kutatóintézet igazgatóhelyettese tájékoztatja a lap olvasóit az Intézet 1956. évi munkájának terveiről. Az Intézet többek között nagy figyelmet fordít újabb palagyártó géptípusok kialakítására és az azbesztcementgyártmányok választékának bővítéséhez szükséges technológiai kísérletekre.

Dimitrovics „A téglaszárítás folyamatának intenzívebbé tétele“ c. cikkében számításokat közöl egyes agyagok hőmérsékletvezetőképességére vonatkozólag. A számítások és mérések eredményeként optimális fűtési diagramot közöl és képletet ad a szárítási zónák egyes rétegvastagságainak kiszámítására, valamint javaslatot tesz a szárítóberendezések rakásmódjára.

Gvozdarjov építőanyagipari miniszterhelyettes ismerteti az olasz kerámiai és azbesztcementgyárak műszaki fejlettségi fokát és az ott gyártott épületkerámiai és azbesztcementtermékeket.

Sibulov és *Vitolz* új típusú cserépgyártó gépet ismertetnek. A cement és mészkötésű cserepeket szalagszerűen működő sajtológép állítja elő, majd a cserepeket 12 órán át 55–75 fokos gőzzel kezelik. Magának a gépnek 1000 db cserép elkészítéséhez szükséges energiaszükséglete 2 kwó. A Litván Szövetségi Köztársaság építőanyagipari központi géplaboratóriumában kidolgozott gép első termelési kísérletei kedvezőek voltak.

A Ljuberecki Vasbetonelemgyár nemrég tért rá újabb előfeszített vasbetonpanelek gyártására. A panelek hossza 6,26 m, szélessége 1,2 vagy 1,8 m.

dolgozása hőmérsékletre. A cikk ismerteti továbbá a fagyállóságra és a betét korróziójára vonatkozó tapasztalatokat.

N. Iljinüh rövid cikkben számol be a hőtechnikai berendezésekhez szükséges tűzálló betonokról. Népgazdaságilag nem előnyös, hogy például tégláégető körkemencékhez, melyekben maximálisan 1150 C° lép fel, olyan tűzálló anyagokat alkalmaznak, melyek tűzállósága 1500 C° körüli. Ugyanakkor egyes fémipari kemencékben, főleg fűtőolajtűzelésű kovácskemencékben a tűzálló beléseket tűzálló betonból készítik és ezek kiválóan beváltak, annak ellenére, hogy a hőmérséklet egyes esetekben 1400 C°-ig is emelkedik. Az alumínátcementekből samottadalekkal készített betonok az Egyesült Államokban és Angliában is elterjedtek például kokszkemencék építésénél vagy alagútke-mencsok platóinak elkészítésénél. Javasolja az építőanyagipari kemencéknél is ennek a kiváló anyagnak az eddiginél szélesebbkörű alkalmazását.

A. Zsukov „Ventillátor alkalmazása a nyersszárítás meggyorsítására“ c. cikkében beszámol azokról a tapasztalatokról, melyeket a nyílttéri szárítók teljesítmények növelésénél ventillátorok beállításával nyert. Célszerű rakásmódnál az 500 ill. 700 mm köpenyátmérőjű ventillátorokat a szárítósín oldalai mentén, a rakományhoz viszonyítva 10–15 fokos szögben állították be mintegy 10 méterenként. Egy-egy ventillátor 13–18 000 m³/ó teljesítményű volt, a kilépő-csonknál a levegő sebessége elérte a 12,6 m/mp-t is, mely két, illetőleg öt méterre a csonktól 10, illetőleg 5,7 m/mp-re csökkent. Általában 75 m² alapterületenként szükséges egy ventillátor beállítása. Ezzel a módszerrel a szárítást jelentős mértékben sikerült meggyorsítani.

E. Ogyelszkij új típusú gőzkazánt ismertet téglagyárak szárítóberendezéseinek és gőzfeltáró készülékeinek gőzzel való ellátása céljára.

N. Lobanov a cseremuskin-i téglagyár főmérnöke arról számol be, hogy a gyár mérnökbri-gádja félvezetők alkalmazásával új típusú kompenzációs hőmérséklet-mérő és távregisztráló berendezést dolgozott ki a nyersanyagszárító, gőzfeltáró berendezések és a műszárítók ellenőrzésére. A műszer alkalmasnak mutatkozik az említett berendezések automatikus szabályozásának vezérlésére is.



Megjelent

Anyaggazdálkodók könyve I.

A Gépipari Tudományos Egyesület szakbizottsága által szerkesztett mű azt a célt tűzte maga elé, hogy a Szovjetunió élenjáró iparszervezésének gépiparunkban alkalmazott és bevált tapasztalatait egész népgazdaságunk területén széles körben ismeresse, tanítsa, bevezetését valamennyi vállalatunknál megalapozza és ezzel hozzájáruljon a felesleges párhuzamos tevékenységek felszámolásához. Az első fejezet magával a tervezéssel, szervezéssel foglalkozik, a második a lebonyolítást — a szállítási szerződéseket és jelentőségüket, az anyagbeszerzési, a kooperációs, az anyaggazdálkodási és értékesítési osztályok feladatait, valamint ügyvitelét — ismerteti. A harmadik fejezet a raktárgazdálkodást tárgyalja (készletgazdálkodás, folyamatos leltározás, csomagolás és szállítás), a negyedik az anyagszámviteli folyamatokat részletezi, az ötödik fejezet az anyaggazdálkodásnak a forgóeszközcsökkenésben játszott szerepével foglalkozik, a hatodik az anyagtakarékossági mozgalmakat és azok jelentőségét ismerteti. A hetedik — befejező — rész az anyaggazdálkodási rendelkezéseket sorolja fel. A kiadvány az anyaggazdálkodók részére szükséges tervezési, szervezési és számviteli ismereteken kívül bő anyagismereti részt is tartalmaz. Ez utóbbit műszaki minimumként kell tekinteni, amely nélkül az anyaggazdálkodó munkáját jól nem végezheti el.

272 oldal

2 ábra, 5 melléklet

Ára fűzve: 36,— Ft

A fenti könyv beszerezhető, illetve megrendelhető

AZ

**ÁLLAMI KÖNYVTERJESZTŐ VÁLLALAT
KÖNYVESBOLTJAIBAN**

Szakkönyvesbolt : MŰSZAKI KÖNYVESBOLT, VII., Lenin körút 7 és 17.