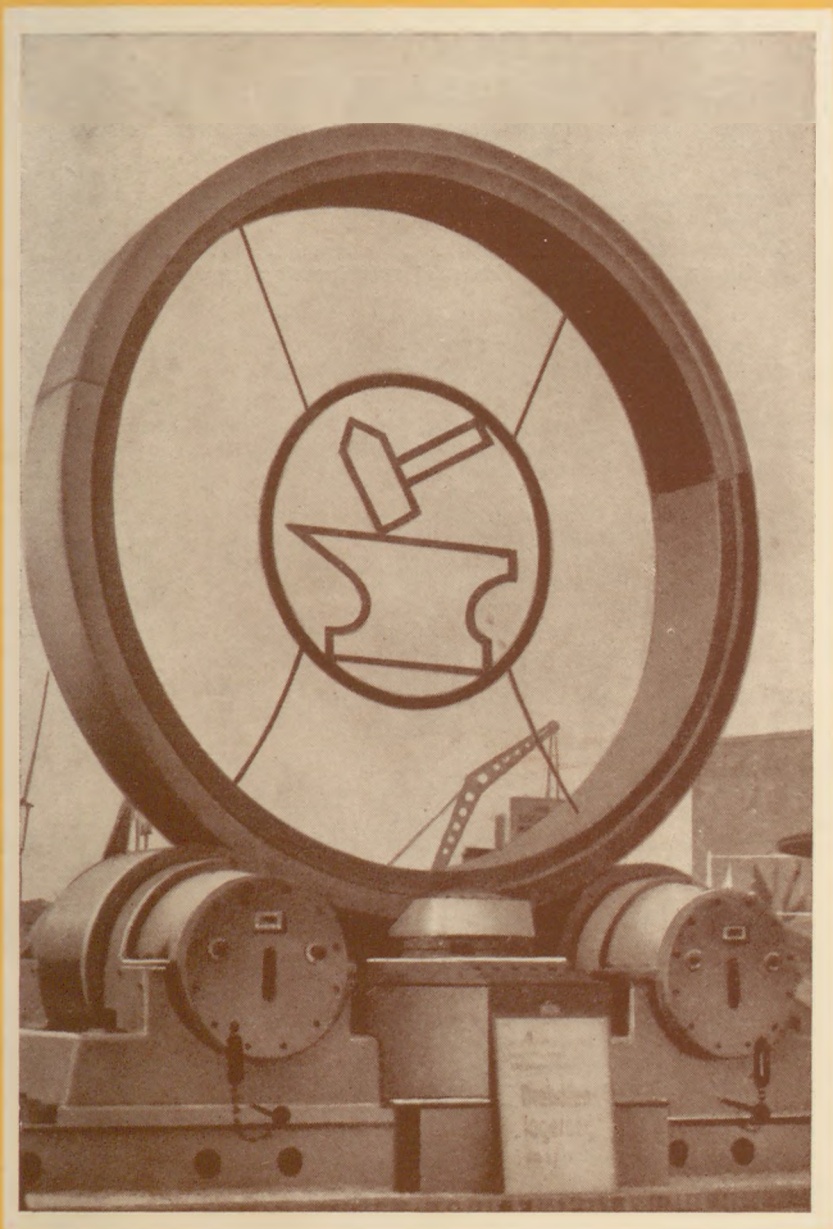


302935

# ÉPÍTŐANYAG



CEMENT, MÉSZ  
TÉGLA, KERÁMIA  
ÜVEG ÉS KŐIPAR

**6.** SZÁM





# ÉPÍTŐANYAG

7. ÉVFOLYAM 6. SZÁM

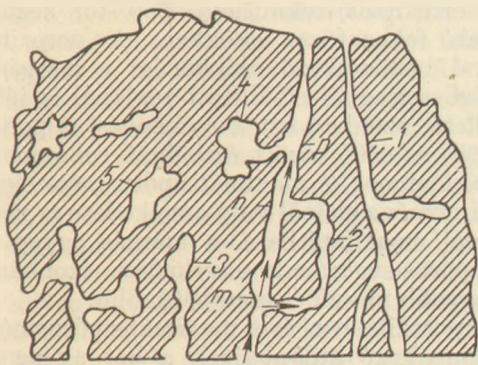
## A téglá és tetőcserép fagyállóságát és víztartókéességét befolyásoló tényezők\*

Dr. ALBERT JÁNOS

### 1. Porozitás. Vízfellevőképesség

Az agyagból égetett téglá és cserép kapilláris pórusos szerkezetű. Porozitásuk döntő módon befolyásolja szilárdságukat, vízfellevőképességüket, térfogatsúlyukat, hővezetési tényezőjüket, légköri hatásokkal szembeni ellenállóképességüket, általában összes anyagi tulajdonságukat, így víztartóképességüket és fagyállóságukat is. A kapilláris pórusos rendszerre vonatkozó ismereteink még hiányosak, a pórusrendszer szerkezetéről az anyag átlátszatlansága miatt még tiszta képet nem alkothatunk.

Washburn (1) a kerámiai építőanyagokban csatorna-, hurok-, zsákutca-, zsebalakú és zárt pórusokat különböztet meg. A pórusrendszert az 1. ábrán feltüntetett vázlatos rajz szemlélteti.



1. ábra. Kerámiai anyagok kapilláris pórusrendszere. 1. csatorna-, 2. hurok-, 3. zsákutca-, 4. zsebalakú-, 5. zárt pórusok

Méretük szerint mikro- és makro-pórusok vannak; a  $0,5\mu$ -nál kisebb átmérőjű pórusokat mikropórusoknak, a nagyobbakat makropórusoknak nevezzük.

A kerámiai építőanyagok porozitását a valódi és látszólagos porozitás értékszámai és vízfellevőképessége, vagyis a nyitott pórusok telítéséhez szükséges víz mennyisége jellemzi. A faj-

súly ( $f_s$  g/cm<sup>3</sup>) és térfogatsúlyból ( $tfs$  g/cm<sup>3</sup>) kiszámított valódi porozitás ( $V$ ).

$$V = \frac{f_s - tfs}{f_s} 100\% \quad (1)$$

és a vízfellevőképesség ( $v_f$ %) és térfogatsúly adatai alapján meghatározott látszólagos porozitás ( $v_l$ ).

$$V_l = tfs \cdot v_f \% \quad (2)$$

között a különbség általában kicsi, többnyire 3% alatt van. A téglá és cserép pórusrendszere túlnyomórészt nyitott pórusokból van felépítve, a zárt pórusok mennyisége kevés. A (2) egyenletben

$$v_f = \frac{g_s - g}{g} 100\% \quad (3)$$

ahol  $g_s$  a vízzel telített test,  $g$  a  $105^\circ$ -on kiszáritott test súlya  $g$ -okban. A téglák és cserépek porozitása általában 14–45%, vízfellevőképessége 8–25% értékhatárok közé esik.

Ha a pórusos kerámiai építőanyagot vízbe áztatjuk, a nyitott pórusokban levő levegőt víz szorítja ki és fokozatosan vízzel telítődik. A telítődés folyamata azonban közönséges hőmérsékleten és nyomáson lassan megy végbe, sokszor még 28 nap alatt sem fejeződik be teljesen. Haller (2) egy svájci cserép porozitását 28 napi vízbeni tárolás után 14,9%-ban  $1\frac{1}{2}$  évi tárolás után 22,5%-ban állapította meg, a telítődés tehát 28 nap után mindössze 65% volt. Általában azonban a 28 nap után észlelhető telítődés nagysága ennél az értéknel jóval nagyobb, 85–95% között van.

A telítődés időbeli lefolyása és a telítődés mértéke a pórusrendszer bonyolult szerkezetével magyarázható. Ha pl. az 1. ábrán vázolt test pórusrendszerének egy csatorna-, hurok- és zsebpórusból álló töredékét vesszük figyelembe, azt látjuk, hogy a nyíl irányába belépő víz az  $m$  pont elérésekor kétfelé ágazik, egyik része a hurokba, másik része a főcsatornába folyik, maga előtt hajtva a kiszorított levegőt. Mikor a főcsatorna az  $n$  pontig megtelik, a huroknak még csak a felét tölti ki a víz, úgyhogy a levegő bennszorul a hu-

\*Építésügyi Központi Kutató Intézet közleménye



rokban, mert a főcsatornában előrenyomuló víz elzárja az útját. Hasonlóan, ha a víz az *o* pontig ér, valószínűleg a zsebpórusban is bennreked a levegő egy része.

A pórusok teljes telítéséhez szükséges víz mennyiségének meghatározására többféle módszert ismerünk (3).

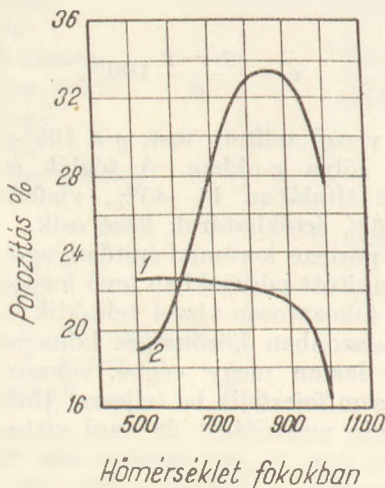
a) A próbatestet fokozatosan bemártva 3 napi vízbeni tárolás után 2 óráig vízben főzzük, majd vízben lehűtjük, végül a vízből kiemelve nedves ruhával leitatjuk és mérjük.

b) A próbatestet 3 napi vízbeni tárolás és 2 órai főzés után vizet tartalmazó exszikkátorba helyezük úgy, hogy félig vízbe merüljön és 2 órán át víz-légszivattyúval légtelenítjük, utána még 1 óráig közönséges nyomáson víz alatt tartjuk, majd a vízből kiemelve leitatjuk és mérjük.

c) A próbatestet víz alá helyezve 20 mm Hg-o. nyomás mellett légtelenítjük, utána 24 óráig 150 at. víznyomás hatásának tesszük ki, végül a nyomás megszüntetése után a vízből kiemelve leitatjuk és mérjük.

d) A próbatestet 200°-on kiszáritva még forrón exszikkátorba helyezük, víz-légszivattyúval 2 óráig légtelenítjük, majd vízbe merítve további 1 órán át légritkított térben, 1 óráig pedig légköri nyomáson tartjuk, végül kiemelve, leitatjuk és mérjük.

Egyik módszer sem ad a valóságnak teljesen megfelelő értéket. Az első két módszerrel nyert eredmények túl kicsiny értékük miatt nem fogadhatók el, a valódi értéket csak a két utóbbi módszerrel lehet kielégítően megközelíteni.



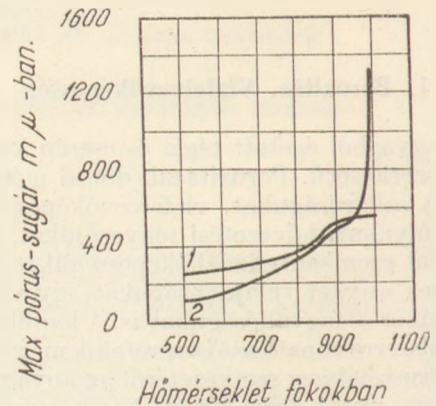
2. ábra. Téglagyagok porozitása az égetési hőmérséklettől függően. 1. mészszegény agyag (74,0% SiO<sub>2</sub>, 17,0% R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,8% CaO, MgO)  
2. márgás agyag (40,5% SiO<sub>2</sub>, 17,3% R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 21,0% CaO, MgO)

A téglá és tetőcserép porozitása, vízfelvevőképessége és a pórusok mérete az agyag ásványi felépítésétől és szemcseösszetételétől, az agyaghoz kevert soványító anyag minőségétől és mennyiségétől, a feldolgozás módjától és az égetési hőmérséklettől függ. A mészszegény, vagy mészmentes, nem túl sovány agyagokból égetett téglák víz-

felvevőképessége többnyire 15%, porozitása 24% alatt van, a márgás agyagokból égetett téglák vízfelvevőképessége a legtöbb esetben 18%-nál, porozitása 29%-nál nagyobb. A porozitás értékszámja az égetési hőmérséklet emelésével csökken, a pórusok méretei azonban növekednek.

Watkins és Butterworth (4) kísérletei szerint téglagyagból formázott és 790°-on kiégetett tesztek pórusainak 94%-a mikropórusokból állott. 885° égetési hőmérséklet esetében a mikropórusok mennyisége 87%-ra, 1035°-nál 59%-ra csökkent és 1105°-on történő égetésnél már csak 33% volt.

Két jellegzetes téglagyag porozitásának és maximális pórusméretének az égetési hőmérséklettől függő változásáról jellemző képet nyújtanak Carlsson (5) kísérleti adatai, melyeket a 2. és 3. ábra görbéi szemléltetnek.



3. ábra. Téglagyagok maximális pórus-sugarai az égetési hőmérséklettől függően  
1. mészszegény agyag, 2. márgás agyag

A vörösre égő, mészszegény agyagból formázott téglá porozitása 850°-ig gyakorlatilag állandó értékűnek tekinthető, 850°-tól kezdődően azonban fokozatosan csökken. A porozitásnak 850°-kal bekövetkező csökkenése a márgás, sárgára égő agyagból előállított téglánál is jól megfigyelhető, azonban ezt a csökkenést a porozitásnak 500° és 850° között észlelhető rohamos emelkedése előzi meg. A maximális pórusméreteknek az égetési hőmérséklettől való emelkedése is mindkét agyagnál megállapítható, a márgás agyag maximális pórus-sugarának növekedése azonban sokkal nagyobb mérvű és szembetűnőbb.

A porozításban és a maximális pórusméretekben mutatkozó különbségek a két agyag eltérő ásványi, illetve kémiai összetételére vezethetők vissza. A sárgára égő agyag 850°-on jelentkező nagy porozitása és az égetési hőmérséklettel feltűnően növekvő maximális pórus-sugara a kalciumkarbonátnak kalciumoxid- és széndioxidra történő bomlásával, továbbá azokkal a kémiai reakciókkal magyarázható, melyek a kalciumoxid és az agyagot felépítő ásványok bomlásánál keletkező oxidok között játszódnak le főképpen géhlenit 2 CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·SiO<sub>2</sub> és wollasztonit CaO·SiO<sub>2</sub> képződése közben (6). A porozitásnak 950°-on túl észlelhető csökkenése üveges fázisban végbemenő reakciók megindulását jelzi. A maximális pórusméreteknek az égetési hőmérséklettel történő nö-



vekedésében mutatkozó szembetűnő különbségek minden valószínűség szerint a kerámiai test anyagi összetétele által meghatározott összes porozitás értékszámanak nagyságával hozhatók összefüggésbe. Gyakorlati megállapítások szerint ui. minél kisebb a test összes porozitása, annál kisebb a maximális pórusméreteknek az égetési hőmérséklettel történő növekedése.

## 2. Fagyállóság

A pórusos kerámiai építőanyagokban lévő víz  $0^\circ$  alatti hőmérsékleten roncsoló hatást fejthet ki, mert megfagyásakor térfogatának megközelítőleg  $\frac{1}{10}$  részével kiterjed. A roncsoló hatás akkor lép fel, ha a víznek fagyásakor bekövetkező térfogatnövekedésére nincs elegendő hely a pórusokban, vagy azokból nem tud távozni.

Már régen megállapították (7), hogy az építőanyagok fagyállósága annál kisebb, minél inkább telítve vannak vízzel, továbbá, hogy az anyag szilárdsága a fagyasztási ciklusok számának növekedésével csökken és a szilárdságcsökkenés az anyag teljes telítettsége esetében a legnagyobb.

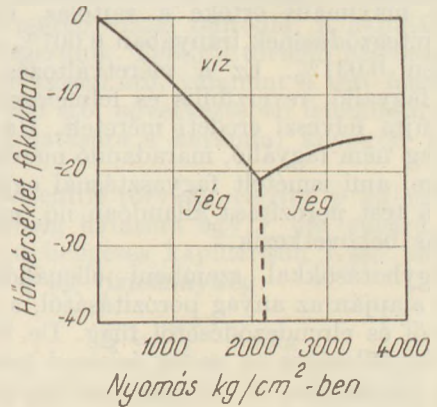
Hirschwald (8) az építőanyagok fagyállóságát a telítettségi tényezővel jellemzi. A telítettségi tényező az a viszonyszám, amely megadja, hogy az anyag 150 at. víznyomás hatására bekövetkező telítődéséhez szükséges vízmennyiségnek hányadrészét veszi fel közönséges nyomáson 24 órai áztatás után. Utóbbi kísérletet úgy végezzük, hogy a víz ne hirtelen lépje el a próbatestet, hanem fokozatosan 3 óra után. Tekintettel a víz fagyásakor előálló térfogatváltozásának mértékére, fagyálló anyagnál a telítettségi tényező maximális értéke 0,9 lehet.

Burney és Lovewell (9) vizsgálatainál a telítettségi tényező helyett a telítettségi fok szerepel, ami a szobahőmérsékleten 48 óra alatt felvett víz és a forrásban lévő vízben 5 óra alatt felvett víznek hányadosát jelenti. Kísérleteik során megállapították, hogy minél nagyobb szilárdságú és minél kisebb vízfelvevőképességű valamely építőanyag, telítettségi foka annál nagyobb lehet. Így pl. a  $175 \text{ kg/cm}^2$  szilárdságú 18% felvevőképességű anyag  $0,8$  telítettségi fok mellett, a  $420 \text{ kg/cm}^2$  nyomószilárdságú, 12% vízfelvevőképességű anyag  $0,85$  telítettségi foknál mutatott azonos ellenállóképességet fagyhatásokkal szemben; mindkét anyagnál 51 fagyasztási próba után mutatkoztak a roncsolódás jelei.

Thomas, Stull és Johnson (10) vizsgálataik alapján a fagyállóságot befolyásoló egyéb tényezőkre is rávilágítottak. Kimutatták, hogy a lehülés sebessége is nagymértékben befolyásolja a fagyállóságot, a fagy roncsoló hatása gyors lehülésnél lényegesen nagyobb mérvű, mint lassú lehülés esetében. Megállapították továbbá, hogy azonos körülmények és azonos anyagi összetétel mellett a fagyveszély annál nagyobb, minél kisebb a test felületének térfogatához való viszonya. A mikropórusok is csökkentik a fagyállóságot, ami azzal magyarázható, hogy ezekben a pórusokban fagy meg a víz utoljára és ennek következtében ezek

falaira hat a legnagyobb nyomás. Kísérleteikkel igazolták, hogy a fagyhatásokkal szembeni ellenállóképesség a kapillárisok sugarainak növekedésével emelkedik, és ugyancsak növeli a fagyállóságot az anyag telítettségi fokának, porozitásának és kapillárisai számának csökkenése.

A fagy roncsoló hatásának körülményeire és nagyságára felvilágosítást nyújt a víz-jég nyomás-hőmérsékleti fázisdiagrammja állandó térfogat mellett (4. ábra). (Gyakorlati szempontból csak a



4. ábra. Víz-jég nyomás-hőmérsékleti fázisdiagrammja állandó térfogat mellett

görbe baloldali ága fontos, amely a  $0$ -tól  $2115$  at. nyomáshoz tartozó fagypontokat adja meg  $0^\circ$ -tól  $-22^\circ$ -ig vízzel teljesen kitöltött zárt pórusokban. Bár a valóságban nincsenek vízzel teljesen kitöltött zárt pórusok, mégis az ábra alapján érthetővé válik, hogyha a fagyás  $0^\circ$ -nál, vagy annál csak valamivel alacsonyabb hőmérsékleten következik be, akkor a jég még a kerámiai építőanyag szilárdságát meg nem haladó kis nyomás mellett visszaalakulhat vízzé és utat talál az üres pórusokba, vagy a test felszínére. Erősebb túlhűtés esetében történő fagyáskor azonban a jég már csak olyan nagy nyomás mellett olvadna meg, mely a pórusos kerámiai anyag nyomószilárdságának többszöröse, tehát még mielőtt a nyomás kialakulhatna, a téglá szétreped, vagy szétmállik.

Fagyáskor a képződő jég a kerámiai testekben nyomófeszültségeken kívül nyíró- és húzófeszültségeket idéz elő. A fagyhatás akkor válik veszélyessé, ha az ismétlődő fagyok következtében olyan nagy húzófeszültségek lépnek fel, melyek az anyag szilárdságát meghaladják. Fagyhatások szempontjából ezért nem annyira az anyag nyomószilárdságának, hanem inkább a húzó-, illetve hajlítószilárdságnak van döntő jelentősége.

Fagyállósági vizsgálatnál a téglát vagy cserépet vízzel telített állapotban általában 25-szöri egymásután következő, 4 óráig tartó  $-20^\circ$ -os fagyhatásnak tesszük ki és az esetben minősítjük fagyállónak, ha ezt a próbát repedési vagy mállási jelenségek nélkül kiállja. A fagyállósági kísérletnél túlhűlés igen könnyen előállhat, minthogy a  $+20^\circ$ -ról  $-20^\circ$ -ra történő lehűtés igen gyors,  $\frac{1}{2}$ – $1\frac{1}{2}$  órát vesz csak igénybe. Ezzel szemben a természetes fagyás legtöbbször lassú lefolyású, a lehűlés a



legtöbb esetben óránként csak  $1^{\circ}$ – $3^{\circ}$  és a túl-hülés jelensége is ritkán tapasztalható, mert a szabadban mindig vannak apró jégkristályok, melyek a fagyást már  $0^{\circ}$  körüli hőmérsékleten megindítják. Ezért a laboratóriumi vizsgálat egymagában nem nyújt hű képet az anyagnak fagyhatásokkal szembeni viselkedésére.

Fagyáskor a pórusokban keletkező jég nyomásának hatására a téglá és cserép mérhető méretváltozást szenved. Dietzel és Weissner (11) vizsgálatai szerint csigasajtón formázott téglák esetében a fagyáskor ugrásszerűen bekövetkező lineáris tágulás maximális értéke a sajtolás, illetve az anyag rétegződésének irányában 0,007% erre mérőlegesen 0,031%. Ez a méretváltozás, ha az anyag fagyálló, reverzibilis és felmelegedés után a test újra felveszi eredeti méreteit. Ha viszont az anyag nem fagyálló, maradandó méretváltozás jön létre, ami ismételt fagyasztásnál egyre fokozódik, a test porozitása állandóan nő, míg végül a mállás bekövetkezik.

Fagyhatásokkal szembeni ellenállóképesség fentiek alapján az anyag porozitásától, a pórusok méretétől és elrendeződésétől függ. De befolyása van a fagyállóságra az anyag ásványi összetételének, a feldolgozás és formázás módjának és az égetési hőmérsékletnek is.

Az agyagba ágyazott kvarcsemcsék, mészes márgázárványok nagymértékben rontják a fagyállóságot.

Ugyancsak rontja a fagyállóságot a téglák és cserepek oldható sótartalma. Különösen a nátrium- és magnéziumszulfátnak állapítható meg a káros hatása. Stabilis és metastabilis kristályhidrátjaiknak, kettős-sóinak és elegykristályaiknak a vizes oldatból megfagyáskor történő kiválása nagymértékű térfogatnövekedéssel jár és ez számottevő mértékben hozzájárul a faggyal szembeni ellenállóképesség csökkenéséhez.

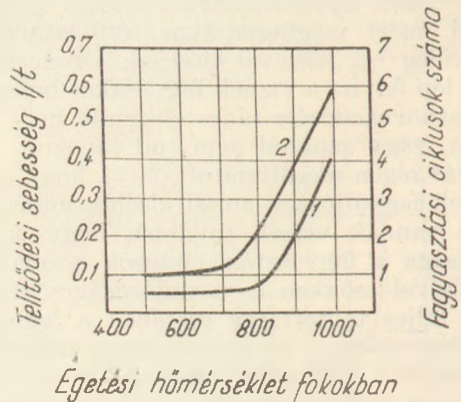
A nátrium- és magnéziumszulfátnak, különösen a két szulfát kettős-sóinak roncsoló hatása közönséges hőmérsékleten is hasonló a kifagyási jelenségekhez. A két só ekvimolekuláris oldatát a gyakorlatban fel is használják a téglák és cserepek légköri hatásokkal szembeni ellenállóképességének, illetve fagyállóságának meghatározására (12). A vizsgálati eljárás szerint a pórusos kerámiai testet fenti oldattal telítik, majd  $110$ – $150^{\circ}$ -on kiszáritják. A szárítás folyamán a kikristályosodás végbemegy és az anyag szöveti szerkezetében bekövetkező káros elváltozások megfigyelhetők.

Végül nagymértékben rontja a fagyállóságot a téglák és cserepek csigasajtón történő formázása következtében mutatkozó leveles szerkezete vagy gyűrűs rétegződése is.

Ezzel szemben nagymértékben növelhető a fagyhatásokkal szembeni ellenállóképesség az égetési hőmérséklet emelésével. Magasabb égetési hőmérséklet alkalmazásával egyrészt a szilárdság növekszik, miáltal a pórusokban képződő jég roncsoló hatásával szemben nagyobb lesz az anyag ellenállóképessége, másrészt Carlsson (13) vizsgálatai szerint az anyag vízzel való telítődésének sebessége fokozódik a maximális pórus-átmérők

megnövekedése következtében, ami ugyancsak az anyag fagyállóságának növekedését vonja maga után.

Hogy a fagyás folyamán a pórusokból és kapillárisokból a víz kinyomulhasson, le kell győznie a kapillárisok ellenállását a víz áramlásával szemben. Minél kisebb ez az ellenállás, annál nagyobb az anyag telítődési sebessége, ami alatt a teljes telítődés idejének reciprok értékét értjük  $\left(\frac{1}{t}\right)$ . A gyors telítődés és a fagyállóság közötti összefüggés a telítődési sebesség és a fagyállósági kísérletek alapján felvett görbéknek majdnem



5. ábra. Márgás agyagból égetett cserép telítődési sebessége (1) és fagyállósága (2)

azonos alakjából is kitűnik. Az 5. ábra Carlssonnak márgás agyagból különböző hőmérsékleten kiégetett cserepek telítődési sebességére és fagyállóságára vonatkozó kísérleti adatait ábrázolja.

A kerámiai építőanyagok fagyállósági követelményei különbözők. Elsősorban a tetőcserepeknél elengedhetetlen követelmény a fagyállóság. A cserepeken kívül egyes téglafajtáknak is fagyállóknak kell lenniük; ilyenek a pillér- és homlokzati téglák. A közönséges falazótéglák a teljes átázástól védve vannak, a fagy roncsoló hatásának nincsenek kitéve, ezért nem kell feltétlenül fagyállóknak lenniük.

### 3. Víztartó- és vízáteresztőképesség

A kerámiai építőanyagok víztartó- és vízáteresztőképessége száraz állapotú anyagban a vízfelszívódás nagyságával vagy sebességével, vízzel telített anyagban a nyomáskülönbség hatására végbemenő vízáramlás intenzitásával, illetve a vízáramlás sebességével jellemezhető. Mind a kapilláris vízfelszívódásnál, mind a vízáramlásnál a kapillárisok méreteinek, illetve sugarának van döntő jelentősége.

Vízzel való érintkezéskor kapilláris erők hatására a víz a cserépben felszívódik. A maximális felszívódási magasság

$$h = \frac{2\sigma}{r\gamma} \text{ cm} \quad (4)$$

ahol  $h$  a maximális felszívódási magasság cm-ben,  $\sigma$  a víz felületi feszültsége dyn/cm-ben,  $r$  a kapilláris sugara cm-ben,  $\gamma$  a víz fajsúlya g/cm<sup>3</sup>-ben.



Ha tehát a maximális vízfelszívódási magasságot kísérletileg meghatározzuk, a kapilláris sugara kiszámítható.

$$r = \frac{2\sigma}{h\gamma} \text{ cm} \quad (5)$$

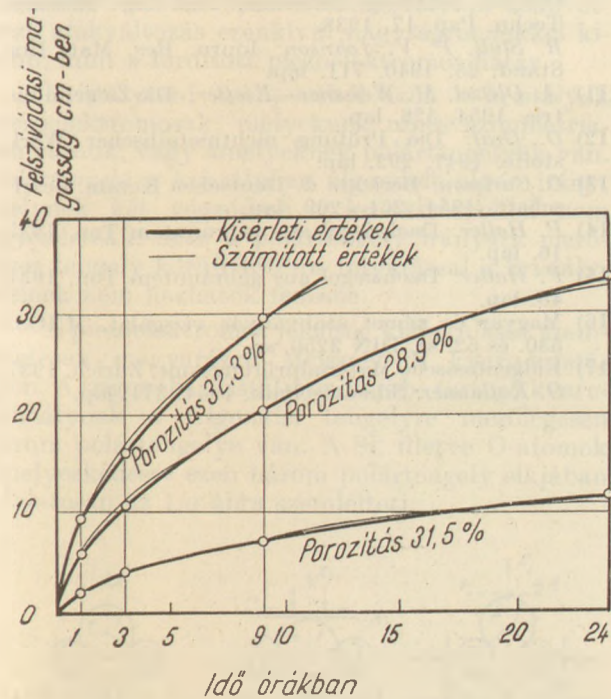
A maximális felszívódási magasság a hajszálcsövek sugarával fordítva arányos. Finom kapillárisai következtében azonban a cserép hossza nem elegendő ahhoz, hogy a  $h$  maximális felszívódási magasság értékét kísérletileg meghatározzuk.

Ezért a gyakorlatban a vízfelszívódás sebességét mérjük meg, amiből a kapillárisok sugara ugyancsak kiszámítható. Hengeres kapillárisokban ugyanis a lamináris áramlásra vonatkozó Newton-törvényből levezethető Lucas-féle összefüggés szerint a felszívódási magasság

$$y = \sqrt{\frac{\sigma r}{2\eta} t} \text{ cm} \quad (6)$$

ahol  $y$  a felszívódási magasság cm-ben,  $\eta$  a víz viszkozitása dyn sec/cm<sup>2</sup>-ben,  $t$  a felszívódás ideje mp-ben.

Ha különböző  $t$  értékekhez tartozó, kísérletileg meghatározott  $y$  értékekkel görbét szerkesztünk, az elhanyagolhatóan kevéssé fog eltérni a 6. egyenlet alapján megszerkesztett elméleti görbétől, melyet egy kísérletileg nyert tetszőleges ( $t, y$ ) értékpárból kiszámított  $r$ -rel szerkesztünk meg. A 6. ábra három különböző porozitású tetőcserép kísérletileg megmért és a 9 órás felszívódási magasságból számított  $r$ -rel szerkesztett felszívódási magasság-idej görbéjét ábrázolja Haller adatai alapján (14).



6. ábra. Kapilláris felszívódás az idő függvényében

Minthogy a felületi feszültség és a viszkozitás nagymértékben függ a hőmérséklettől és a felszívódás sebességét a felületen fellépő párolgás is jelentősen befolyásolja, a vizsgálatot meghatá-

rozott 20° hőmérsékleten és meghatározott 90% relatív nedvességű térben végezzük.

Annak ellenére, hogy a kapillárisok szabálytalan alakúak, különböző szerkezetűek, nem egyenesek és többszörösen elágazók, hurok-, zseb-, és zsákutca-formájú pórusok, továbbá zárt és mikropórusok is vannak az anyagban, a felszívódási sebesség mérése alapján a kerámiai anyagok kapillárisai sugarainak középértéke megközelítő pontossággal meghatározható.

Ha a felületi feszültség következtében az anyagba szívódó víz a szemközi felületet éri, vagyis a cserép vízzel telítődik, a kapilláris erő hatása megszűnik. Felülről történő nedvesedésnél a víz a nehézségi erő, valamint a test feletti víz, hóréteg, szél stb. következtében fennálló nyomáskülönbség hatására a kerámiai anyagon keresztül folyik.

A Poiseuille-törvény szerint  $p$  kg/cm<sup>2</sup> nyomáskülönbség hatására egy  $r$  cm sugarú,  $l$  cm hosszúságú hengeres kapillárison  $t$  sec idő alatt átáramló  $Q$  kg vízmennyiség.

$$Q = \frac{pr^4\pi}{8\eta l} t \text{ kg} \quad (7)$$

ahol  $\eta$  a víz viszkozitása,  $l$  a kapilláris hossza cm-ben, esetünkben a cserép vastagsága.

Hogy az egész cserépen átáramló víz mennyiségét kiszámíthassuk, ismernünk kell a cserép teljes  $F_t$  felületén kívül az erő irányába eső kapillárisok számát. Ez közvetlenül nem határozható meg, de az anyag  $P$  porozitásából kiszámítható, ha feltételezzük, hogy a pórusok összességének  $1/3$ -a alkotja a nyomáskülönbség irányába eső kapillárisokat. Azonkívül még feltesszük, hogy a hengeres kapillárisok egyenlő méretűek, sugaruk egyenlő az egyes kapillárisok  $r_k$  középértékével.

A nyomás, illetve nyomáskülönbség irányába eső kapillárisok száma  $n$

$$n = \frac{P}{3} \frac{F_t}{r_k^2 \pi} \quad (8)$$

tehát az  $F_t$  felületen átáramló vízmennyiség

$$Q_{F_t} = \frac{pr_k^4\pi}{8\eta l} t \cdot \frac{P F_t}{3 r_k^2 \pi} = \frac{pr_k^2 P F_t t}{24 \eta l} \text{ kg} \quad (9)$$

és a kapillárisok átlagos sugara

$$r_k = \sqrt{\frac{24 Q_{F_t} \eta l}{p P F_t t}} \text{ cm} \quad (10)$$

A kapillárisok sugarának így kiszámított értéke a valóságos átlagos középértéket nem adja meg. Az áramlás törvényének megfelelően ugyanis a nagyobb sugarú kapillárisok a kisebb sugarúakénál hatványozottabb mértékben befolyásolják a nyomáskülönbség hatására átáramló víz mennyiségét. Az átfolyt víz mennyiségéből számított közepes kapilláris-átmérő ennek következtében a tényleges átlagméretnél nagyobb lesz.

A felszívódási magasságból, illetve sebességéből számított és a fenti értéknél minden esetben kisebb sugárméret jobban megfelel a valóságnak, mert a kapilláris vízfelszívódásnál a bővebb és



szűkebb kapillárisok méreteiktől függően arányosan érvényesítik hatásukat.

Haller (15) negyven különböző svájci cseréppel végzett kísérletei alapján a kapillárisok átlagos méreteit az alábbi táblázatban adja meg. Az adatokból látszik, hogy a kapillárisok sugarainak középértéke tág határok közé esik és  $0,1-0,01 \mu$  nagyságrendű.

Tetőcserepek kapilláris sugarainak méretei

A meghatározás módja	A kapillárisok sugarainak középértéke $m \mu$ -ben		
	minimális	maximális	átlagos
é r t é k e k			
A felszívódás sebességéből számítva ( $t = 9$ óra) .....	2,4	76,8	32,0
A nyomáskülönbség hatására átfolyt vízmennyiségéből számítva ( $p = 50$ mm Hg-oszlop) .....	52,0	372,0	190,0

Ha Haller adatait gondosan megvizsgáljuk, meg kell állapítanunk, hogy azok a (7) egyenlettel nincsenek összhangban. A nyomás hatására átfolyt vízmennyiségből számított átlagos kapilláris sugár ui. a kísérlet szerint a kapilláris feszítődési sebességéből adódó átlagos sugár számértékénél valóban nagyobb, azonban a nagyobb átlagos sugarú kapillárisok aránylag kevesebb vízmennyiséget engednek át, mint a kisebbek.

Tetőcserepek víztartókéességének meghatározása a fenti kapilláris tulajdonságokkal összefüggő gyakorlati megfigyelések alapján történik. A legelterjedtebb vizsgálati módszernél (16) a cserép teljes felületére ható 50 mm vízoszlopnyomás mellett megállapítják, hogy  $18^\circ$ -on és  $90\%$  relatív nedvességű térben mennyi idő alatt következik be cseppképződés és csepphullás. A cserépet az esetben minősítik víztartónak, ha  $1\frac{1}{2}$  órán belül nem következik be csepphullás. Az alkalmazott vízoszlop magasság a tetőre ható, gyakorlatban megállapított szélnyomásnak felel meg.

Szokás a víztartókéességét a kapilláris vízfelszívódás nagyságának és a vízzel telített cserép 7 cm átmérőjű felületén keresztül 1 óra alatt 50 mm Hg-oszlop nyomáskülönbség hatására átszivárgó víz mennyiségének mérése alapján is meghatározni (17). A cserép akkor víztartó, ha 9 óra alatt a vízfelszívódás magassága  $18^\circ$ -os  $90\%$  relatív nedvességű térben 25 cm-nél nem nagyobb és az átfolyt víz mennyisége  $80 \text{ cm}^3$ -nél nem több.

A gyakorlatban a cserép víztartókéességére annak porozitásából is szoktak következtetni. Ez a következtetés azonban igen sok esetben nem helytálló. A vízáteresztőkéességre a kapillárisok méretének és a kapilláris rendszerben levő eloszlásuknak van döntő befolyása, amire a porozitás értékszámai kellő felvilágosítást nem adnak.

## IRODALOM

- (1) B. Butterworth: Bricks and Modern Research. 1948. 68—70 lap.
- (2) P. Haller: Die Dachziegel aus gebranntem Ton. 1937. 15. és köv. lap.
- (3) A. Dietzel, M. Weissner—Kieffer: Die Ziegelindustrie. 1954. 471 lap.
- (4) C. M. Watkins, B. Butterworth: Trans. Brit. Ceram. Soc. 1934. 444. lap.
- (5) O. Carlsson: Ber. d. Deutsch. Keram. Ges. 1954. 261—262. lap.
- (6) W. E. Brownell: Journal of American Ceramic Society 1950. 309. lap.
- (7) A. Bauschinger: Mitteilungen d. Mechan. Techn. Laborat. d. Technischen Hochschule. München. 1889. 23. sz. 1—70. lap.
- (8) J. Hirschwald: Handbuch d. Bautechnischen Gesteinsprüfung. 1912. 204—207; 418—419. lap.
- (9) Mc. Burney, C. E. Lovewell: Amer. Stand. Test. Meth. Proc. 33. II. 1933. 636. lap.
- (10) W. Thomas: Experiments on the Freezing of Certain Building Materials, Building Research Techn. Pap. 17. 1938.
- (11) R. Stull, P. V. Johnson: Journ. Res. Nat. Bur. Stand. 25. 1940. 711. lap.
- (12) A. Dietzel, M. Weissner—Kieffer: Die Ziegelindustrie. 1954. 526. lap.
- (13) O. Graf: Die Prüfung nichtmetallischer Werkstoffe. 1941. 292. lap.
- (14) O. Carlsson: Berichte d. Deutschen Keram. Gesellschaft. 1954. 261—269. lap.
- (15) P. Haller: Dachziegel aus gebranntem Ton. 1937. 16. lap.
- (16) P. Haller: Dachziegel aus gebranntem Ton. 1937. 45. lap.
- (17) Magyar és német szabványos vizsgálat. MNOSZ 530. és 52. sz. DIN 3250. sz.
- (18) Eidgenössische Materialprüfungsamt. Zürich. 1937. O. Kallauner: Silikattechnik. 1954. 371. lap.



# A piezoelektromos kerámiai anyagok kérdéséhez

Dr. DÉRI MÁRTA

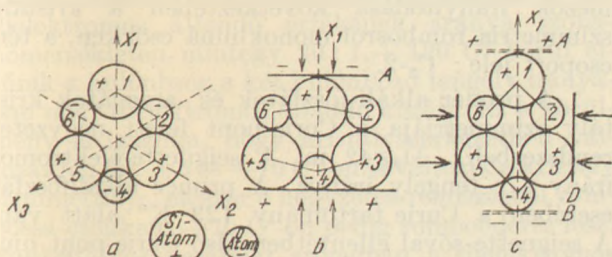
A piezoelektromos tulajdonság kialakulása a kristályszerkezet függvénye. A seignette-elektromos anyagok csoportjába tartozó anyagok egykristálvaiban permanens elektromos polarizáció is piezoelektromos tulajdonság keletkezését okozza. Polikristályos kerámiai anyag előállíthatóságának problémája abban áll, hogy létezik-e nagy kristályszimmetriájú seignette-elektromos anyag. Ezeknél a polarizáló tér a kristálytengelvek oly mértékű irányítását okozza, hogy a polikristályos anyag egykristályként viselkedik. A perovskit-rácsot alkotó báriumtitanát-csoportba tartozó kristályok szilárd oldatait adják a megoldást.

A piezoelektromosság jelenségét a Curie testvérek észlelték először 1880-ban (1). Piezoelektromos kristályok felületén mechanikai igénybevételkor elektromos töltés kialakulása figyelhető meg. Az elektromos töltés nagysága arányos a mechanikai igénybevétel (húzó- vagy nyomóerő) nagyságával. Húzási igénybevételre kialakuló töltések előjele ellenkező a nyomásra kialakulókéval.

A fordított piezoelektromos jelenség szintén ismeretes, azaz piezoelektromos kristályok statikus térben vagy kiterjednek, vagy összehúzódnak. A tér irányának változása az alakváltozás előjelét megváltoztatja. Ebben különbözik elvileg a fordított piezoelektromos hatás az elektrostrikió jelenségtől. Az elektrostrikió is alakváltozást jelent, amit az elektrostatikus tér hoz létre, de az alakváltozás iránya nem változik meg, ha a tér iránya ellenkező lesz. Az elektrostrikió folytán bekövetkező alakváltozás ezenkívül nagyságrendekkel kisebb, mint a fordított piezoelektromos hatás.

Kristálytani szempontból azok a kristályok piezoelektromosak, melyeknek nincs szimmetriacentrumuk, vagy amelyeknek polártengelyük van. Polártengely a kristályban elgondolt olyan irány, melynek két végződése a kristálylapokon nem egyenértékű, azaz a polártengely irányára merőleges tengely körüli 180°-os forgatással a kristályelemek nem hozhatók fedésbe.

A piezoelektromos jelenség kialakulását szemléletesen magyarázza Meissner (2) kvarc-kristályon. A trigonális kristályrendszerbe tartozó kvarc-kristálynak a trigonális tengelyre merőlegesen három polártengelye van. A Si, illetve O-atomok elhelyezkedését ezen három polártengely síkjában vázlatosan az 1/a ábra szemlélteti.



1. ábra. A piezoelektromosság kialakulása kvarc-kristályban

Az ábrában a nagyobb körök négy pozitív töltéssel rendelkező szilícium-iont jelentenek, a kisebb körök pedig 2-2 kettős negatív töltésű oxigénionnak a szemlélt síkra való vetületét jelzik. A polártengelyek irányát az ábra az  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  szaggatott vonallal szemlélteti.

Ha az  $X_1$  tengely irányában a kristályra nyomóerő hat, az 1. jelzésű Si-ion a 2. és 6. számú oxigénionpár közé nyomódik, míg a 4. számmal jelzett oxigénionpár a 3. és 5. Si-ion közé tolódik, amint ez az 1/b ábrán látható. Így az  $A$ -val jelzett kristálylapon negatív, a  $B$ -lapon pozitív töltés lép fel. Ha a nyomás viszont az  $X_1$  tengely irányára merőleges, ami  $X_1$  irányában húzó hatásnak felel meg, akkor az 1/c ábrából közvetlenül leolvashatóan, az  $A$  felület pozitív, a  $B$  pedig negatív töltést nyer.

Mechanikai igénybevétel hatására tehát kristályok elektromos dipólusokká tehetők. Ez az effektus azonban hosszú ideig csak egykristályokon volt megfigyelhető, polikristályos kerámiai anyagokon azonban elképzelhetetlen volt. Hogy piezoelektromos kerámiai anyag mégis készíthető, az a szigetelőknél elektromos térben való viselkedéséből érthető meg.

Az elektromos térben való viselkedés szempontjából az anyagokat mágneses analógiára három csoportba lehet sorolni: dielektromos, paraelektromos és ferro- vagy seignette-elektromos anyagokra (3).

A dielektromos anyagok molekuláinak elektromos momentumuk nincsen, külső elektromos tér hatására bennük eltolódási polarizáció lép fel. Ez a polarizáció a hőmérséklettől független (4):

$$P_M = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \cdot \frac{M}{s} = \frac{4 \pi N}{3} \bar{\alpha}$$

ahol  $P_M$  a molpolarizáció, dimenziója  $\text{cm.}^2$ ,  
 $\bar{\alpha}$  a polarizálhatóság, a molekulában az egységnyi térerősség által indukált dipólusmomentum,

$$\bar{\alpha} = \frac{\mu}{\mathcal{E}}$$

$\epsilon$  a dielektromos állandó,

$M$  a molekulásúly,

$s$  a sűrűség,

$N$  az Avogadro-féle szám.

Parelektromos anyagok molekulái dipólusok. Ezek külső elektromos tér hatására irányítódnak. Az eltolódási polarizációhoz az irányítási polarizáció is járul.

$$P_M = P_{el} + P_{ir} = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \cdot \frac{M}{s} = \frac{4 \pi N}{3} \left( \bar{\alpha} + \frac{\mu_0^2}{3 k T} \right)$$

ahol  $\mu_0$  a molekula permanens dipólusmomentuma,

$k$  a Boltzmann-féle állandó,

$T$  a hőmérséklet abszolút fokokban.



A piezoelektromos anyagok dipólus momentuma a hőmérsékletnek függvénye. Ez belátható abból a körülményből is, hogy minél nagyobb a hőmozgás, annál kisebb az irányítódás valószínűsége.

A dielektromos és piezoelektromos anyagokban a polarizáció az elektromos térnek lineáris függvénye és vele egyirányú.

$$\mathfrak{P} = \frac{\epsilon - 1}{4\pi} \mathfrak{E} = \kappa \mathfrak{E}$$

$$\vartheta = \epsilon \mathfrak{E} = (\lambda + 4\pi\kappa) \mathfrak{E} = \mathfrak{E} + 4\pi\mathfrak{P}$$

ahol  $\mathfrak{P}$  a polarizáció, a térfogategység dipólus momentuma,

$n$  a térfogategységben levő molekulák száma,

$\mathfrak{E}$  a térerősség,

$\kappa$  a dielektromos szuszceptibilitás, a térfogategység polarizálhatósága,  $\kappa = n\bar{\alpha}$

$\vartheta$  a dielektromos eltolás vektora.

A seignette elektromos anyagokban a polarizáció és a külső elektromos tér közti összefüggés nem lineáris. A seignette elektrikum permanens dipólus molekulái már a külső tér hatása nélkül is bizonyos mértékig irányítva vannak (spontán polarizáció), a ferromágneses anyagok Weiss-féle mezőjéhez hasonlóan. A Weiss-féle elmélet általánosításával ezekben az anyagokban a polarizáció az alábbiak szerint adódik (5):

$$\mathfrak{P} = n\mu_0 \left( \operatorname{ctgh} \frac{\mu_0 E}{kT} - \frac{1}{\mu_0 E} \right) = n\mu_0 L \left( \frac{\mu_0 E}{kT} \right)$$

a  $\operatorname{ctgh} x - \frac{1}{x}$  a Langevin függvény, értéke nagy

$x$ -re 1, kis  $x$ -re:  $\frac{x}{3}$ .

Ha a dipólusok csak kétféle irányban: a térrel párhuzamosan és arra merőlegesen állhatnak be, a  $\operatorname{ctgh}$  függvény  $\operatorname{tgh}$  függvényre alakul:

$$\mathfrak{P} = n\mu_0 \operatorname{tgh} \frac{\mu_0 E}{kT}$$

A szuszceptibilitásra pedig

$$\kappa = \frac{n\mu_0^2}{3k(T - \Theta)}$$

összefüggés a Curie-Weiss törvény adódik, ahol

$$\Theta = \frac{\gamma \cdot n \cdot \mu_0^2}{3k}$$

állandó hőmérséklet-dimenziójú, az anyagra jellemző, és  $\gamma$  empirikus állandó.

Az összefüggés minden  $T > \Theta$  hőmérsékletre aránylag jól írja le a szuszceptibilitásnak a hőmérséklettel való változását. Ha  $T = \Theta$ ,  $\kappa$  végtelen lesz, spontán polarizáció lép fel. A  $\Theta$ -t mágneses analógiára Curie-pontnak nevezzük.

A Curie-pont hőmérsékletén a seignette-elektromos anyag spontán polarizálódik, az anyag csupa spontán polarizált egységből épül fel. Ezek a Weiss-féle elemi mágneses mezőknek elektromos analogjai.

A Curie-pont közvetlen környezetében, de még a Curie-pont hőmérséklete felett, a seignette-elektromos anyagot felépítő spontán polarizált mezőkben a polarizáció iránya különböző. Statisztikus eloszlásban a tér minden irányba egyformán valószínű. Ha a hőmérséklet a Curie-pont hőfoka alá csökken, az önként polarizált tartományok úgy irányítódnak, hogy bennük a polarizáció iránya a seignette-elektromos tengely irányával párhuzamos, vagy arra merőleges legyen.

A spontán polarizált mezők irányítódását a kristályban deformálódás kíséri, ennek következtében a kristály-szimmetria csökken.

Mivel a spontán polarizált mezők a polarizáció tengelyével a seignette-elektromos tengelyvel párhuzamosan, vagy arra merőlegesen állhatnak be, a Curie-pont alatt az anyag felépítése „dóma-szerű” lesz, az egyes dómakon belül a polarizáció iránya azonos, az egymás mellett fekvő dómokban a polarizáció iránya egymásra merőleges (6).

A spontán polarizáció kialakulása a rotációs átalakulásokra jellemző fázisátmenetként termikus hiszterézissel jár együtt. Az átalakulás hőmérséklet-intervallumában az anyagnak legtöbb fizikai tulajdonsága ugrásszerű változáson megy keresztül, vagy anomáliák lépnek fel. Ilyen változás nyilvánul meg a fajhő-függvény menetében, a dielektromos tulajdonságoknak hőmérséklet-függésében, a kristály rugalmassági modulusainak alakulásában, a piezoelektromos tulajdonságokban és az elektrooptikai viselkedésben.

Seignette-elektromosnak eddig négy csoport ismeretes: a seignette-só (7), a dihydrofoszfát (8), a báriumtitanát (9) és a lithium-niobat csoport (10)

A seignette-só a Curie-tartományon kívül a rombos rendszerben kristályosodik, kristályosztályának jelzése  $D_2-222$ . A seignette-elektromos tengely iránya az  $a$  tengely. Az  $a$  tengely irányában mért dielektromos állandó a hőmérséklet függvényében két maximumot ír le,  $-18$  és  $+24$  °C-on. A seignette-sónak eszerint két Curie-pontja van, az alsó Curie-pont alatt, és a felső Curie-pont felett az anyag nem seignette-elektromos. A Curie-pontokon kívüli hőfoktartományokban a dielektromos állandó értékének hőmérséklettel való változását a Curie-Weiss-törvény jól írja le. A Curie-tartományban a dielektromos állandó értéke nagymértékben függ a méréskor alkalmazott térerősségtől. A seignette-elektromos irányra merőleges irányokban a dielektromos állandó viselkedése normális. A Curie-tartományban a spontán polarizált mezők irányítódása következtében a kristály-szimmetria rombosról monoklinná csökken, a tércsoport jele:  $C_2-2$ .

A primér alkáli-foszfátok és -arzenátok kristály-szimmetriája a Curie-pont felett négyzetes rendszerbeli:  $D_{2d}-42$  m. A seignette-elektromos irány a  $c$  tengely iránya. A primér alkálifoszfát esetében a Curie-tartomány  $123$  K° alatt van. A seignette-sóval ellentétben alsó Curie-pont nincsen. A Curie-pontban a kristály-szimmetria a négyzetes rendszerből rombossá csökken. Szimmetria-osztály  $C_{2v}$  mm. A dielektromos állandó érté-



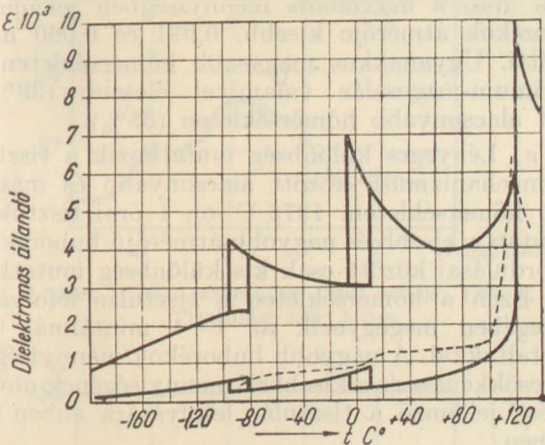
kének változása a seignette-elektromos irányra merőlegesen is anomális.

A lithiumniobát és lithiumentalát a legutóbbi időben felismert seignette-elektromos anyag. Viselkedéséről az irodalomban egyelőre nagyon kevés anyag található, Curie pontja 200 C° környékén van, efelett szabályos kristályrendszerbe tartozik, tércsoportja  $O_h$ -m3m. A Curie-pont alatt hexagonális szerkezetű, tércsoportja  $R$ -3c.

A báriumtitanát csoportba tartozó anyagok kristályszerkezete a Curie pont felett szabályos, tércsoportjuk  $O_h$ -m3m. A Curie pontban a kristály szimmetria négyzetessé csökken.

A seignette-elektromos anyagok egyúttal piezoelektromosak is.

Kerámiai szempontból a legfontosabb a négy csoport közül a báriummetatitanát csoportja. A nagyfokú kristályszimmetria miatt polikristályos báriumtitanát az egykristályhoz hasonlóan mutatja a seignette elektromos anyagra jellemző átalakulásokat. A 2. ábra például báriumtitanát egykristály dielektromos állandójának a hőmérséklettel való változását mutatja (kihúzott vonal). A polikristályos kerámiai anyag dielektromos állandójának a hőmérséklettel való változását a szaggatott vonal jelzi.



2. ábra. BaTiO<sub>3</sub> egykristály és polikristályos kerámiai anyag dielektromos állandójának a hőmérséklettel való változása

A dielektromos állandó hőmérséklet görbéje mindkét esetben három hőmérsékleti közben mutat rendellenességet, -70, +5, és +120 C° körül. Egykristály esetében a tetragonális tengely irányában mért dielektromos állandó értéke lényegesen kisebb, mint az arra merőleges irányokban. A két dielektromos állandó értékének aránya szobahőmérsékleten mintegy 20 : 1. +120 C° körül eltűnik a különbség a két különböző tengely irányában mért dielektromos állandó között. Ez a körülmény is igazolja, hogy kristályszerkezetbeli változás lép fel. +5 és -70 C°-on is változik a kristály szimmetriája, először a négyzetes rendszerből rombossá csökken, -70 C°-on pedig romboéderes lesz. Polikristályos kerámiai anyagban a dielektromos állandó értéke nem változik a megfigyelés iránya szerint, mert az anyag egyes elemi celláinak irá-

nyitottsága itt statisztikus eloszlású, minden irány egyformán valószínű.

Elektromos térben való viselkedés szempontjából a polikristályos anyag szintén megközelíti az egykristály tulajdonságait, ha előzőleg „polarizáljuk”. A polarizálás sztatikus elektromos térben történik, és eredménye függ a polarizáló elektromos tér alkalmazásának idejétől és a tér erősségétől. A sztatikus tér hatására a polikristályos kerámiai anyagban az egyes spontán polarizált mezők iránya a térrel párhuzamosan alakul ki. Így a polikristályos anyag felépítettsége az egykristályéhoz hasonlóvá válik, a polarizáció irányában fellépő mechanikai alakváltozásra a felületen elektromos töltések alakulnak ki, a kerámiai anyag piezoelektromos lesz. 20 000 Volt/cm erősségű polarizáló térrel néhány perc alatt megfelelő stabilitású piezoelektromos darabokat lehet kapni. Kisebb erősségű térben ehhez néhány óra szükséges. A piezoelektromos tengely iránya megegyezik a polarizáló tér irányával és összeesik a tetragonális tengellyel. A tér megszüntése után az effektus 1—2 napig gyorsan, majd lassabban csökken, és megáll az eredeti érték 80—85%-ánál.

A Curie-pontban, mintegy 120 C°-on megszűnik a piezoelektromos rezonancia, a kristály szabályos szerkezetű lesz. A 120 C° fölé melegített kerámiai anyagot újra polarizálni kell, hogy a piezoelektromos tulajdonságok ismét kialakuljanak (11, 12).

Piezoelektromos kerámiai anyagok mint ultrahang-generátorok rezgőelemei nyerhetnek kiterjedt alkalmazást. Az ezen a helyen alkalmazott kvarckristállyal szemben sok előnyös tulajdonságuk van. A nem plasztikus kerámiai anyagok formázásában alkalmazott kerámiai eljárások segítségével tetszőleges kiképzésűvé alakíthatók, s mint nem sík rezgőkristályok fókuszált ultrahang nyalábot állíthatnak elő. A felületegységről elsugározható energia 100 watt, míg kvarcnál 10 watt/cm<sup>2</sup>. Hogy ez mily nagy érték, az felbecsülhető a következő táblázat adataiból.

Elsugárzott hangenergia watt/cm <sup>2</sup> egységekben	
szobai hangszóró	2,10 <sup>-9</sup>
ágyúlövés	10 <sup>-3</sup>
kvarc-rezgőkristály	10
báriumtitanát kerámia	100

Az ágyúlövéskor az egységnyi felületről távozó energia mintegy milliószorosa az emberi hang energiájának, mely a báriumtitanát felületéről elsugárzott energiának csak mintegy század része.

Piezoelektromos kerámiai anyagok előállításának elvi kérdései a fentebbiekből áttekinthetők. A gyakorlati próbák és a szerkezeti összefüggések a most folyó kísérletek lezárása után kerülhetnek tárgyalásra.

IRODALOM

- (1) J. és P. Curie : Comptes Rend. Acad. Sci. Paris 91. 294. 1880.
- (2) A. Meissner : Z. techn. Phys. 8. 74. 1927.
- (3) G. I. Szkanavi : A dielektrikumok fizikája. (Fizika dielektrikumok). Akadémiai Kiadó 1953,



- (4) *Erdey-Gruz Tibor—Schay Géza*: Elméleti fizikai kémia. I. Tank. Kiad. 1952.
- (5a) *H. Baumgartner, F. Jona, W. Känzig*: *Ergebn. d. exakt. Naturwiss.* 23. 235. 1950.
- b) *E. V. Sinjakov, E. A. Stafijcsuk, B. K. Csernyi*: *Zsur, ekszp. teoret. Fiziki* 21. 610. 1951.
- c) *N. P. Borodickij, G. N. Verbicskaja*: *Zsurn. tehn. Fiziki* 22. 1920. 1952.
- (6a) *H. Blattner, W. Känzig, W. Merz*: *Helv. Phys. Acta* 22. 35. 1949.
- b) *A. Rzhanov*: *Zsurn. ekszp. teoret. Fiziki* 19. 335. 1949.
- (7) *N. S. Novosilcsev*: *Zsurn. tehn. Fiziki* 20. 809. 1950.
- (8) *B. T. Matthias, W. Merz, P. Scherrer*: *Helv. Phys. Acta* 20. 273. 1947.
- (9) *G. A. Szmolenszkij, M. A. Karamicsev, K. I. Rozgacsev*: *Dokl. Akad. Nauk. Sz. Sz. R.* 79. 53. 1951.
- (10) *B. T. Matthias, J. P. Remeika*: *Phys. Rev.* 76. 1886. 1949.
- (11a) *H. Jaffe*: *Ind. eng. Chem.* 42. 264. 1950.
- b) *N. S. Novosilcsev, A. L. Kodakov*: *Dokl. Akad. Nauk. Sz. Sz. R.* 85. 1263. 1952.
- (12a) *W. M. H. Schulze*: *Elektrotechn. Z.* 72. 51. 1951.
- b) *A. Rzhanov*: *Zsurn. ekszp. teoret. Fiziki* 19. 502. 1949.

## Vizsgálatok az üvegek tisztulására vonatkozólag\*

KORÁNYI GYÖRGY

2 közlemény

### III. sorozat

A kísérletek egyik célja az volt, hogy meghatározzuk az arzénoxid + kálsalétrom-keveréknek a tisztulásra előidézett hatását a tisztulás mechanizmusa szempontjából. Az I. sorozatban olvasztott üveg kizárólag arzénoxidot tartalmazott. Ebben a sorozatban olvasztott üveg keveréke pedig kizárólag kálsalétromot tartalmaz. Az üvegösszetételben a magnéziumoxid mennyiségét csökkenteni kellett, hogy a gyakorlathoz közelálló üvegösszetétel tisztulási viszonyai meghatározhatók legyenek.

Keverék-összetétel:	
Homok .....	60,27%
Szóda .....	21,97%
Mészkő .....	13,45%
MgO .....	2,51%
KNO <sub>3</sub> .....	1,80%
Összesen...	100,00%

Keverék gáztartalma ..... 16,1%

Üveg elméleti összetétele:	
SiO <sub>2</sub> .....	72,00%
Na <sub>2</sub> O .....	15,20%
CaO .....	8,80%
MgO .....	3,00%
K <sub>2</sub> O .....	1,00%
Összesen...	100,00%

A buborékok átmérőinek százalékos megoszlását az alábbi diagrammok grafikusán ábrázolják (8—13. ábra). Fenti kísérletekből a következő következtetések vonhatók le:

a) Alacsonyabb és magasabb hőmérsékleten egyaránt a tisztulás időperiódusában (3 óra múlva) a kisebb buborékok százalékos arányszáma határozottan megnő, a nagyobbaké határozottan csökken. A tisztulás tehát ennél az üvegösszetétel-nél is olyképpen fejeződik be, hogy az olvadékból

\*Építőanyagipari Központi Kutató Intézet közleménye. (Kandidátusi disszertáció),

a kisebb buborékok mennyisége túlnyomóvá válik. Ez a jelenség a vizsgált két összetétel vonatkozásában függetlennek tekinthető az összetételtől.

b) Alacsonyabb hőmérsékleten 3 órás tisztulás után a maximális mennyiségben jelenlevő buborékok átmérője 0,061 és 0,090 mm közé esik. Magasabb hőmérsékleten ugyancsak 3 órás tisztulás után a maximális mennyiségben jelenlevő buborékok átmérője kisebb, 0,031 és 0,060 mm közötti. Ugyanakkor magasabb hőmérsékleten a maximum-megoszlás valamivel élesebb (39%), mint alacsonyabb hőmérsékleten (35%).

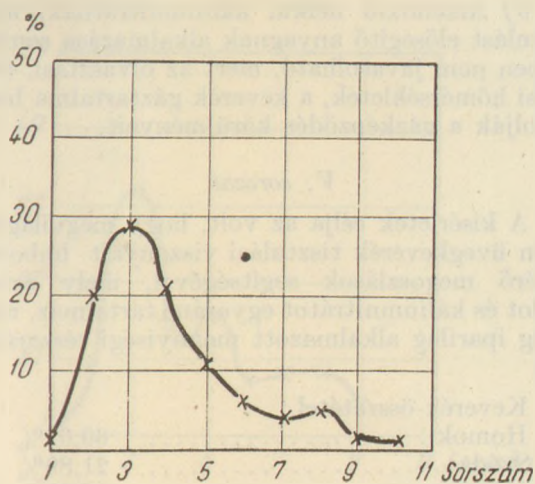
c) Lényeges különbség mutatkozik a tisztulás mechanizmusa között alacsonyabb és magasabb hőmérsékleten. 1375 C°-on 1 órás tisztulási idő után a kisebb és nagyobb átmérőjű buborékok előfordulásai között csak kis különbség mutatkozik. Ezen a hőmérsékleten a tisztulás lefolyása lényegében megegyezik az 1—4 mintáknál tapasztaltakkal. A nagyobb buborékok mennyiségének csökkenése és a kisebbek mennyiségének növekedése jellemző a tisztulás lefolyására ebben az esetben.

Alacsonyabb, 1325 C° hőmérsékleten azonban anomális jelenség mutatkozik. A tisztulás megkezdése után 2 órával az olvadékból a kisebb és nagyobb buborékok előfordulása csaknem azonos (9. ábra). Az 1 és 3 órás tisztulási viszonyok a szokványos elosztást mutatják, a megoszlás változásának dinamikáját leszámítva. Nem sokban különbözik ugyanis az 1 és 3 órás tisztulási görbe egymástól (8. és 10. ábra).

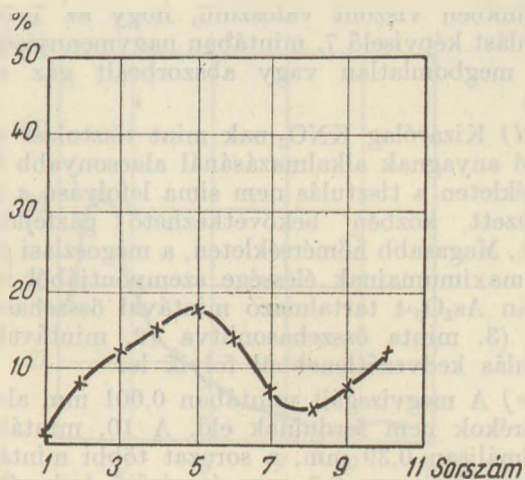
Ennek a jelenségnek a magyarázatára a következő hipotézis szolgál.

1325 C° hőmérsékleten a tisztulás két, meglehetősen elhatárolható gázfejlődési folyamatra bontható. Az eredeti gázfejlődés, mely az olvasztási periódusban játszódott le, a véletlen megoszlás alapján a különböző buborékátmérőkből nagyjából azonos számút hoz létre. Az olvadékból történő eltávozás közben ez a megoszlási viszony a fentebb ismertetett módon megváltozik. Tiszta KNO<sub>3</sub>-tartalmú keverék esetében, tehát As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nélkül a tisztulási időperiódus közben (a kísérleti

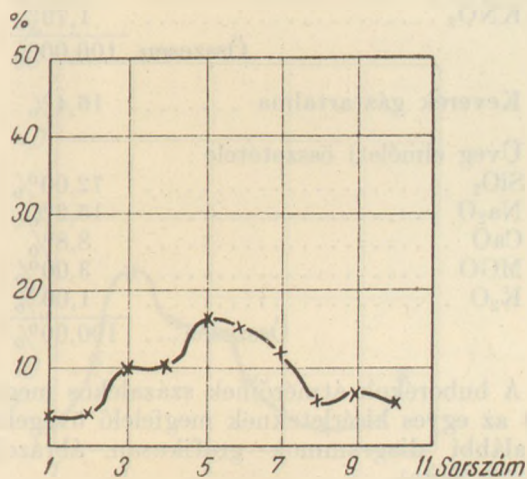




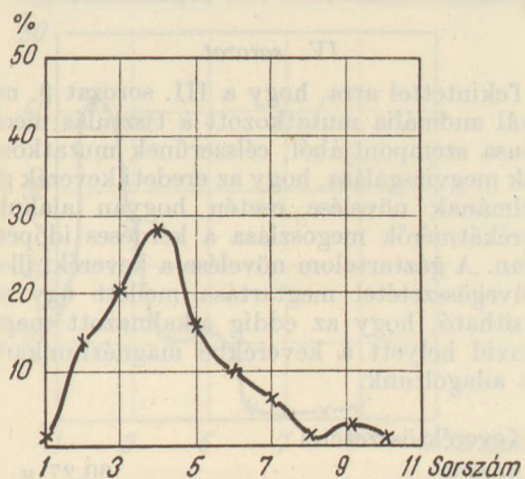
8. ábra. Minta száma: 7. Olv. hőfok: 1325 C°. Tisztulási idő: 1 óra.



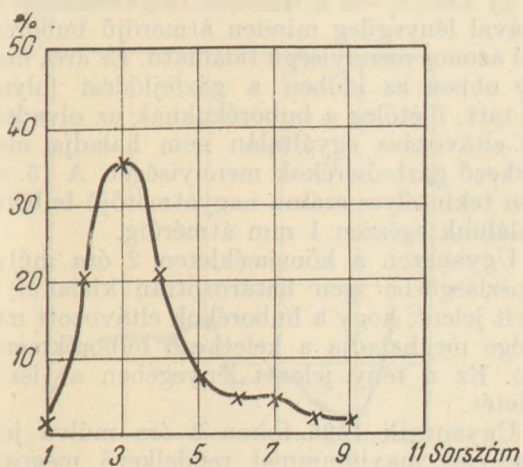
11. ábra. Minta száma: 10. Olv. hőfok: 1325 C°. Tisztulási idő: 1 óra.



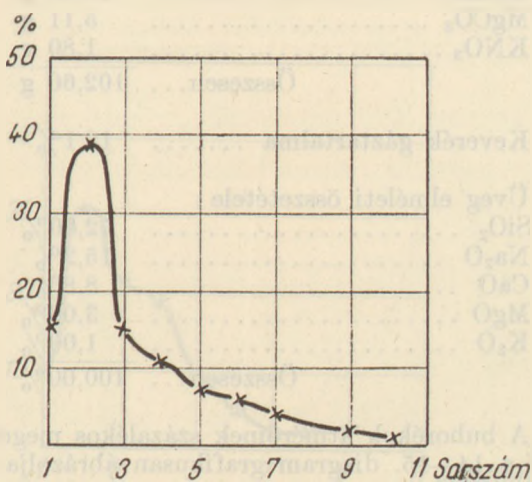
9. ábra. Minta száma: 8. Olv. hőfok: 1325 C°. Tisztulási idő: 1 óra.



12. ábra. Minta száma: 11. Olv. hőfok: 1375 C°. Tisztulási idő: 1 óra.



10. ábra. Minta száma: 9. Olv. hőfok: 1325 C°. Tisztulási idő: 1 óra.



13. ábra. Minta száma: 12. Olv. hőfok: 1375 C°. Tisztulási idő: 1 óra.

körülmények között 2 óra múlva) újabb gázfejlődés indult meg, mely ugyancsak a véletlen megoszlás alapján a megoszlási görbe ellaposításához vezetett.

Ennek a gázfejlődésnek lényegéről egyelőre nincsenek ismereteink. A jelenség bizonyítja azon-

ban azt, hogy a gázkoncentráció-mérések nem szolgáltatnának például reális eredményt az 1325 C°-on olvasztott 7. minta tisztulási mértékének meghatározásánál, hiszen a Gehlhoff-féle módszerrel kizárólag a gázállapotú, buborékokban elhelyezkedő gáz mennyiségét lehet megmérni.



Esetünkben viszont valószínű, hogy az 1 órás tisztulást képviselő 7. mintában nagymennyiségű, még megbomlatlan vagy abszorbeált gáz van jelen.

d) Kizárólag  $\text{KNO}_3$ -nak mint tisztulást elősegítő anyagnak alkalmazásánál alacsonyabb hőmérsékleten a tisztulás nem sima lefolyású a feltelezett közben bekövetkező gázfejlődés miatt. Magasabb hőmérsékleten, a megoszlási görbék maximumainak élessége szempontjából is a tisztán  $\text{As}_2\text{O}_3$ -t tartalmazó mintával összehasonlítva (3. minta összehasonlítva 12. mintával) a tisztulás kedvezőtlenebbül folyik le.

e) A megvizsgált mintában 0,001 mm alatti buborékok nem fordulnak elő. A 10. mintában maximálisan 0,39 mm, a sorozat többi mintájában maximálisan 0,3 mm átmérőjű buborékok voltak. Elenyésző mennyiségű elnyúlt buborékok leszámítva alakjuk tökéletes gömb volt. Buborékok összepattanása nem volt tapasztalható.

#### IV. sorozat

Tekintettel arra, hogy a III. sorozat 8. mintájánál anomália mutatkozott a tisztulás mechanizmusa szempontjából, célszerűnek mutatkozott annak megvizsgálása, hogy az eredeti keverék gáztartalmának növelése esetén hogyan alakul a buborékátmérők megoszlása a kérdéses időperiódusban. A gáztartalom növelése a keverék, illetőleg üvegösszetétel megtartása mellett úgy volt biztosítható, hogy az eddig alkalmazott magnéziumoxid helyett a keverékbe magnéziumkarbonátot adagoltunk.

Keverék-összetétel:

Homok .....	60,27 g
Szóda .....	21,97 g
Mészke .....	13,45 g
$\text{MgCO}_3$ .....	5,11 g
$\text{KNO}_3$ .....	1,80 g
Összesen...	102,60 g

Keverék gáztartalma ..... 18,1%

Üveg elméleti összetétele:

$\text{SiO}_2$ .....	72,00%
$\text{Na}_2\text{O}$ .....	15,2%
$\text{CaO}$ .....	8,8%
$\text{MgO}$ .....	3,00%
$\text{K}_2\text{O}$ .....	1,00%
Összesen...	100,00%

A buborékok átmérőinek százalékos megoszlását a 14—15. diagram grafikusan ábrázolja.

Fenti kísérletekből az alábbi következtetések vonhatók le:

a) Az eredeti keverék gáztartalmának növelése alacsonyabb hőmérsékleten nem szüntette meg, csak csökkentette a tisztulás mechanizmusának menetében mutatkozó anomáliát. Magasabb hőmérsékleten azonban a gáztartalom növelése a buborékátmérők megoszlásának kiegyenlítődéset vonta maga után.

b) Arzenoxid nélkül káliumnitrátnak, mint tisztulást elősegítő anyagnak alkalmazása semmiképpen nem javasolható, mert az olvasztási, tisztulási hőmérsékletek, a keverék gáztartalma befolyásolják a gázképződés körülményeit.

#### V. sorozat

A kísérletek célja az volt, hogy megvilágítsa olyan üvegkeverék tisztulási viszonyait buborékátmérő megoszlások segítségével, mely arzenoxidot és káliumnitrátot egyaránt tartalmaz, mégpedig iparilag alkalmazott mennyiségi részarányban.

Keverék-összetétel:

Homok .....	60,07%
Szóda .....	21,89%
Mészke .....	13,41%
$\text{MgO}$ .....	2,50%
$\text{As}_2\text{O}_3$ .....	0,34%
$\text{KNO}_3$ .....	1,79%
Összesen	100,00%

Keverék gáztartalma ..... 16,4%

Üveg elméleti összetétele:

$\text{SiO}_2$ .....	72,00%
$\text{Na}_2\text{O}$ .....	15,2%
$\text{CaO}$ .....	8,8%
$\text{MgO}$ .....	3,00%
$\text{K}_2\text{O}$ .....	1,00%
Összesen...	100,00%

A buborékok átmérőinek százalékos megoszlását az egyes kísérleteknek megfelelő üvegekben az alábbi diagrammok grafikusan ábrázolják (16—24. ábra).

Az V. sorozat fenti kísérleteiből az alábbi következtetések vonhatók le:

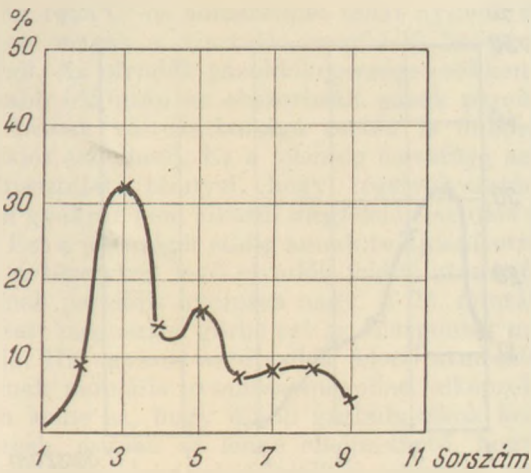
a) 1325 °C-on a tisztulás megkezdődése után 1 órával lényegileg minden átmérőjű buborékból közel azonos mennyiségű található. Ez arra mutat, hogy ebben az időben a gázfejlődési folyamat még tart, illetőleg a buborékoknak az olvadákból való eltávolítása egyáltalán nem haladja meg a keletkező gázbuborékok mennyiségét. A 15. mintában tekintélyes számú nagyátmérőjű buborékot is találunk egészen 1 mm átmérőig.

Ugyanezen a hőmérsékleten 2 óra múlva a megoszlásgörbe igen határozottan kialakul, ami annyit jelent, hogy a buborékok eltávolított mennyisége meghaladja a keletkező buborékmenyiséget. Ez a tény jelenti lényegében a tisztulás kezdetét.

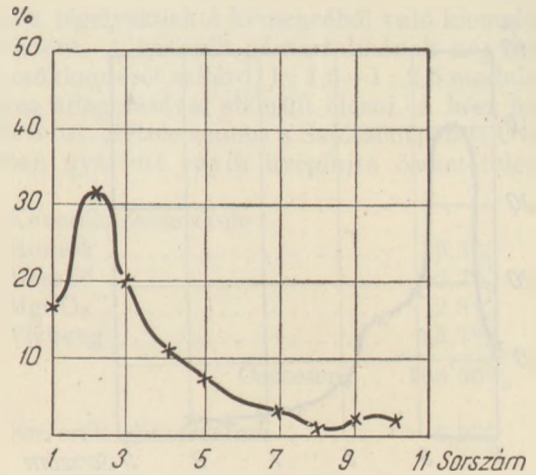
Ugyancsak 1325 fokon 3 óra múlva jellegzetes, éles maximummal rendelkező megoszlásgörbe mutatkozik. A maximum azonban nem túlságosan magas és az üvegben maradnak még, ha kis számmal is, a 9. sorszámnak megfelelő, 0,27 mm átmérőjű gázbuborékok. 1325 °C-on tehát a tisztulás jóval a leolvadás után kezdődik meg, de még 3 óra múlva sem ér el jelentős fokra.

b) 1375 °C-on, amint azt a 6. táblázat és ennek megfelelően a 17—19. ábrák mutatják, a tisztulás lendületesen megy végbe. Már 1 óra után is, az el-

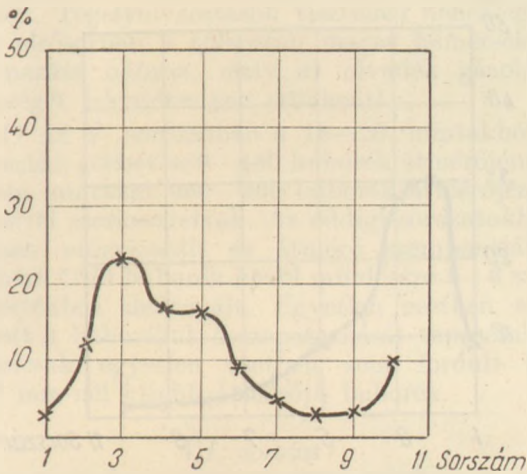




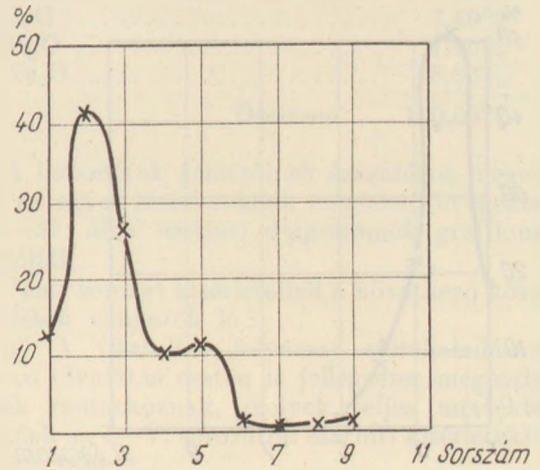
14. ábra. Minta száma: 13. Olv. hőfok: 1325 C°. Tisztulási idő: 1 óra.



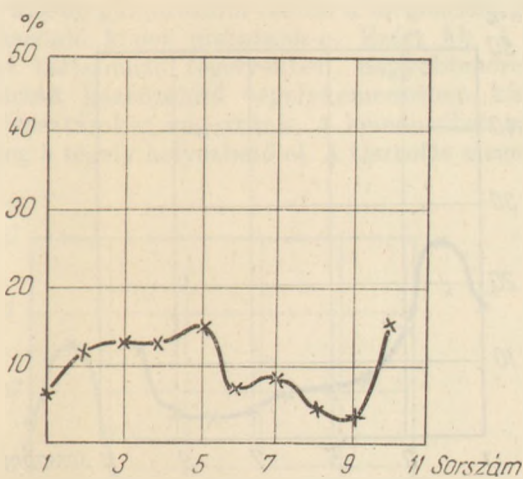
17. ábra. Minta száma: 16. Olv. hőfok: 1325 C°. Tisztulási idő: 2 óra.



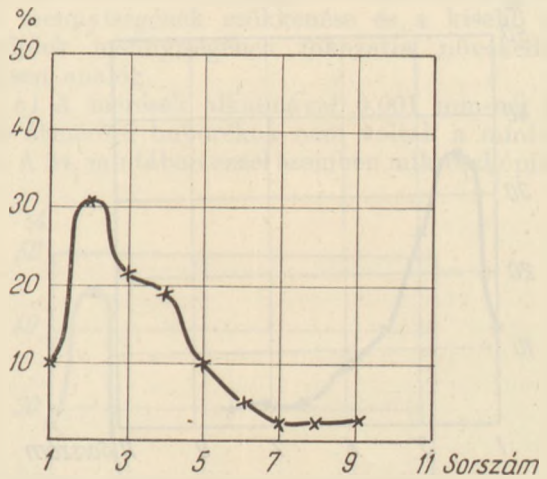
15. ábra. Minta száma: 14. Olv. hőfok: 1375 C°. Tisztulási idő: 2 óra.



18. ábra. Minta száma: 17. Olv. hőfok: 1325 C°. Tisztulási idő: 2 óra.



16. ábra. Minta száma: 15. Olv. hőfok: 1325 C°. Tisztulási idő: 2 óra.



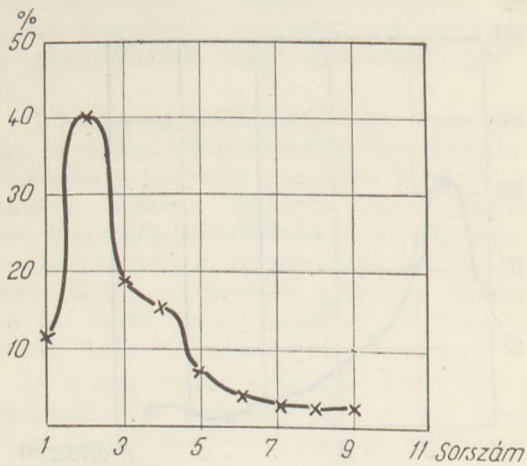
19. ábra. Minta száma: 18. Olv. hőfok: 1875 C°. Tisztulási idő: 2 óra.

oszlásgörbe igen jellegzetes, a 2. sorszámnak megfelelő 0,031—0,060 mm átmérőjű buborékok viszonylagos mennyisége egyenletesen emelkedik 1—3 tisztulási idő alatt (31%—40%—51%). Míg a vizsgált időperiódus kezdetén az üvegben 0,27 mm átmérőjű buborékok is találhatóak voltak, a

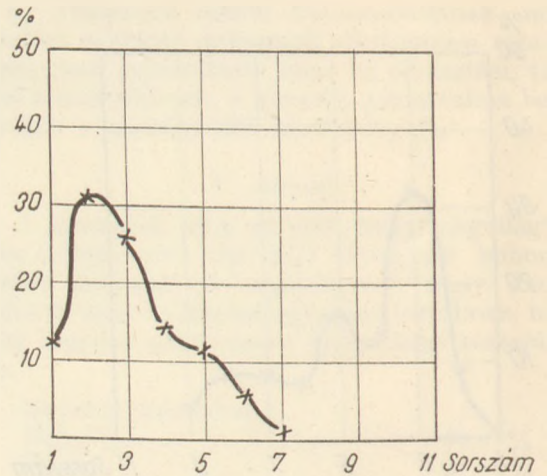
3 órás mintában a maximális buboréknagyság 0,15 mm volt, azonban ilyen átmérőjű buborékok mennyisége sem haladta meg a 2%-ot.

c) 1425 C°-on a tisztulás kezdete után közvetlenül kialakul egy olyan határozott megoszlás, mely éles maximummal rendelkezik és mely nagy-

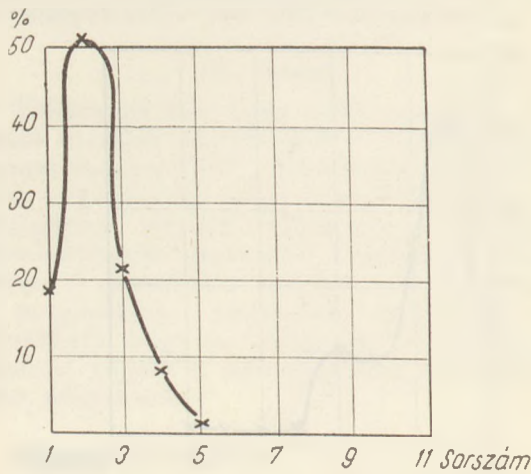




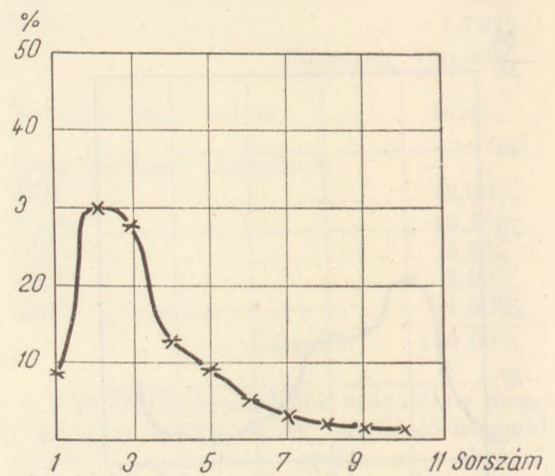
20. ábra. Minta száma: 19. Olv. hőfok: 1375 C°. Tisztulási idő: 2 óra.



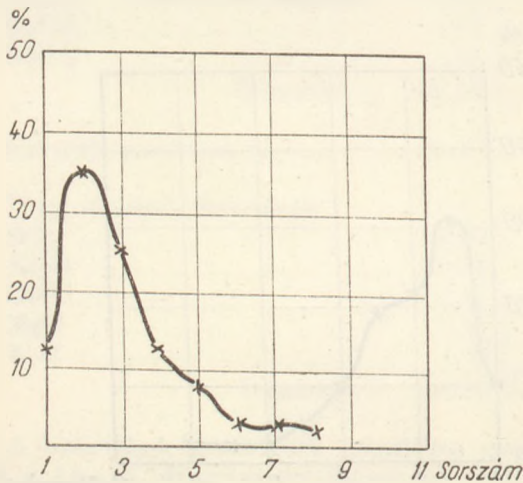
23. ábra. Minta száma: 22. Olv. hőfok: 1425 C°. Tisztulási idő: 3 óra.



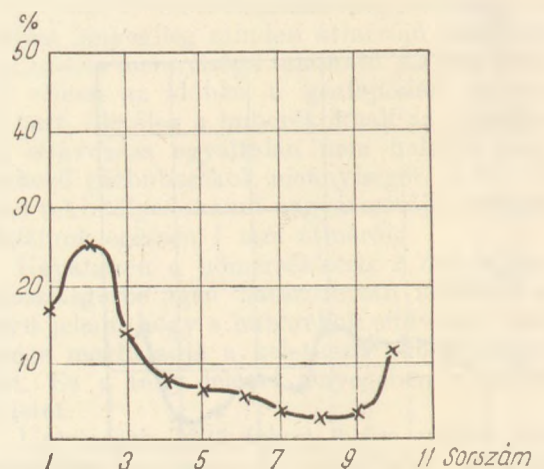
21. ábra. Minta száma: 20. Olv. hőfok: 1375 C°. Tisztulási idő: 2 óra.



24. ábra. Minta száma: 23. Olv. hőfok: 1425 C°. Tisztulási idő: 3 óra.



22. ábra. Minta száma: 21. Olv. hőfok: 1425 C°. Tisztulási idő: 2 óra.



25. ábra. Minta száma: 24. Olv. hőfok: 1360 C°. Tisztulási idő: 3 óra.

jából megfelel az 1375 fokon egy órával később tapasztalt megoszlásnak. (Összehasonlítható a 21. és 19. minta, illetőleg a 22. és 20. ábra szerinti görbék.) A tisztulás kezdete után huzamosabb idővel azonban az eddig megszokott kép megváltozik. Különösen a 23. minta alapján felvett megoszlás-

görbe szokatlan és azt mutatja, hogy míg előzőleg az olvadéokban nagyobb buborékok egyáltalán nem voltak találhatóak, ez alkalommal ismét megjelennek. A tisztulás tehát ezen a hőmérsékleten az idő előrehaladásával nem fokozódik, ellenkezőleg csökken (23. minta — 24. ábra).



Az 1425 C°-os hőmérséklet tehát nyilván túlságosan magas a tisztulás megfelelő befejezése céljából. Az olvadék gázoldóképessége csökken és hosszabb idő után az abszorbeált gázok parciális nyomásának változatlansága esetén is buborék-képződés észlelhető. Ez a jelenség összefügg azzal a tapasztalati ténnyel, hogy tégelyolvasztások esetén gyakran nem sikerül megfelelő tisztulás telérni. Ezt a jelenséget eddig annak tulajdonították, hogy a tégelyben levő olvadék feletti atmoszféra gázainak parciális nyomása nagy. A 23. mintából készített megoszlási görbe ezt az álláspontot megcáfolja. Ha ugyanis az olvadék feletti atmoszféra gázainak parciális nyomása megnőne, elképzelhetetlen lenne az, hogy újabb gázbuborékok keletkezzenek, csupán az lenne elképzelhető, hogy a meglévő gázbuborékok felszállási sebessége rendkívül lassan növekednék. A jelzett kísérlet azonban bizonyítja, hogy bár a tisztulás folyik, a kisebb átmérőjű buborékok százalékos mennyisége csökken. Tégelyolvasztások tisztulási nehézségeit tehát elsősorban a túlzottan magas hőmérséklet alkalmazása okozza, mely az olvadék gázoldóképességét jelentékenyen csökkenti.

d) Az V. sorozatban a 18—20. mintákból a megoszlási görbét 480—480 buborék átmérőjének, a többi mintákét 960—960 buborék átmérőjének mérésével szerkesztettük. Az eddigi sorozatokban összesen megvizsgált és átmérő szempontjából megmért 7200 buborék közül mindössze 5—6 volt kismértékben deformált. Egyetlen esetben sem lehetett a buborékok összepattanását tapasztalni. Ugyancsak egyetlen esetben sem fordult elő 0,001 mm-nél kisebb átmérőjű buborék.

VI. sorozat

Ebbe a sorozatba tartozó kísérletek célja az volt, hogy nagyobb mennyiségű olvadék és lényegesen kisebb gáztartalom esetén a megoszlási görbék hasonló képet mutatnak-e. Ezért kb. 1 kg üveget tartalmazó tégelyekben, nagyobb méretű, ugyancsak gáztüzelésű tégelykemencében kísérleti olvasztásokat végeztünk. A kemencében egyidejűleg 3 tégely helyezhető el. A tisztulás megsza-

kítása a tégelyeknek a kemencéből való kiemelésével történt. A keverék gáztartalmának nagymértékű csökkentését szilárd, 1 : 1,5—1 : 2,5 modulusú vízüveg adagolásával sikerült elérni. A kész üveg elméleti összetétele azonos a Sajószentpéteri Üvegyárban gyártott egyik üvegfajta összetételével.

Keverék összetétele :

Homok .....	39,3%
Mészke .....	12,2%
MgCO <sub>3</sub> .....	2,8%
Vízüveg .....	45,7%
Összesen ...	100,00%

Keverék gáztartalma ..... 6,9%

Üveg összetétele :

SiO <sub>2</sub> .....	71,42%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,86%
CaO .....	7,40%
MgO .....	1,46%
Na <sub>2</sub> O .....	18,86%
Összesen ...	100,00%

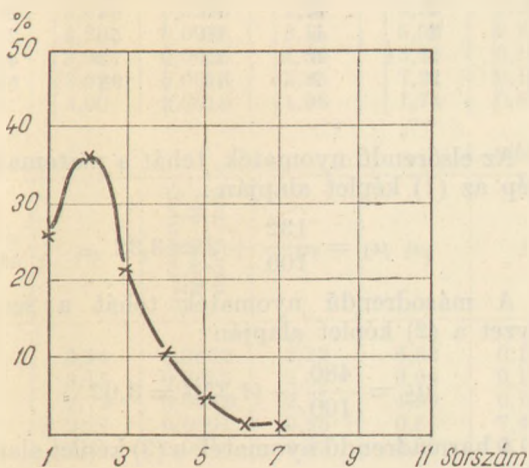
A buborékok átmérőinek százalékos megoszlását az egyes kísérleteknek megfelelő üvegekben a 25—27. ábra szerinti diagrammok grafikusán ábrázolják.

Fenti sorozat kísérleteiből a következő következtetések vonhatók le :

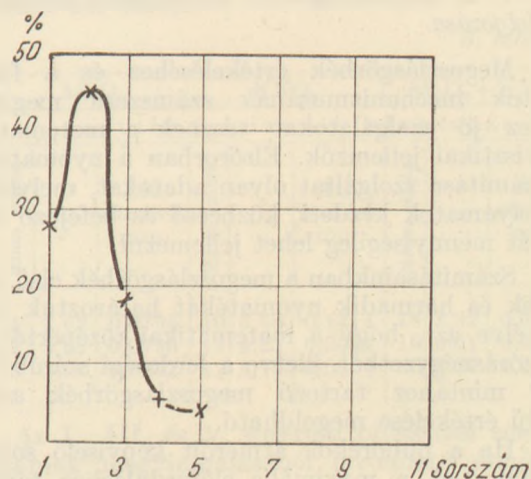
a) A tisztulási folyamat előrehaladásával 1 kg-os olvasztás esetén is jellegzetes megoszlás-görbék mutatkoznak, melyek teljes mértékben egyeznek az I—V. sorozatok szerinti kísérletekben tapasztaltakkal.

b) A megoszlás-görbék jellegzetes alakján felül a megoszlás dinamizmusa is teljesen azonos az előző kísérletekével. A nagyobb átmérőjű buborékok mennyiségének csökkenése és a kisebb átmérőjűek mennyiségének fokozatos növekedése teljesen analóg.

c) A mérések alkalmával 0,001 mm-nél kisebb átmérőjű buborékok nem voltak a mintákban. A 24. mintában ezzel szemben mikroszkópiku-



26. ábra. Minta száma: 25. Olv. hőfok: 1360 C°. Tisztulási idő: 3 óra.



27. ábra. Minta száma: 26. Olv. hőfok: 1360 C°. Tisztulási idő: 3 óra.



san nem mérhető nagy átmérőjű buborékok helyezkedtek el kb. 10%-nyi mennyiségben. A 25. és 26. mintában ilyenek egyáltalán nem fordultak elő.

d) A keverékben tisztulást elősegítő anyag nem szerepelt. A tisztulás tehát általában is a 24–26. mintákból készített diagrammok szerint megy végbe.

### A II. fejezet összefoglalása

Az elvégzett kísérletek alapján a tisztulás lefolyására nézve a következők állapíthatók meg:

1. Az üvegolvadékokban levő buborékok átmérőinek mérése alapján szerkesztett megoszlási diagrammok jellemzik a tisztulás folyamatát. Más és más megoszlási görbe mutatkozik a különböző üvegösszetételek, illetőleg azonos üvegösszetételek, de különböző tisztulási idők alkalmazása esetén.

2. A tisztulási megoszlásgörbék jellege valamennyi mintánál azonos. A nagyobb buborékok százalékos mennyiségei mindenkor eltörpülnek a kisebb buborékok százalékos mennyiségei mellett. Ugyanakkor tisztulás közben a legkisebb buborékok ismét kisebb mennyiségi arányban szerepelnek az olvadékban.

3. A tisztulási megoszlásgörbék változása jellemzi az idő előrehaladásával a tisztulás lefolyását. A kisebb átmérőjű buborékok mennyiségi arányának növekedése párhuzamosan a nagyobbak csökkenésével, következtetéseket enged meg a tisztulás lefolyására, mechanizmusára, sebességére vonatkozólag.

4. A 27 értékelt kísérleti olvasztás mintáiban megvizsgált, kereken 15 000 buborék alakja, 30–40 kivételével tökéletes gömb. Buborékok összepattanása egyetlen esetben sem volt tapasztalható. A buborékok átmérőinek alsó határa 0,001 mm volt.

### III. Üvegolvadék tisztulási fokának számítása a buborékok átmérőinek százalékos megoszlása alapján

#### 1. A megoszlásgörbék matematikai-statisztikai feldolgozása

Megoszlásgörbék értékeléséhez és a folyamatok mechanizmusának számszerű megítéléséhez jó szolgálatokat tesznek a matematikai statisztikai jellemzők. Elsősorban a nyomatékok kiszámítása szolgált olyan adatokat, melyekkel a folyamatok kezdeti, közbeeső és befejező állapotát mennyiségileg lehet jellemezni.

Számításainkban a megoszlásgörbék első, második és harmadik nyomatékát határoztuk meg, remélve azt, hogy a matematikai középértékből, a szórásnégyzetből, illetve a ferdeségi számból az egy mintához tartozó megoszlásgörbék számszerű értékelése megoldható.

Ha a buborékok átmérőit képviselő sorszámokat  $x$ -el, a maximális előforduláshoz tartozó átmérőhatárnak megfelelő sorszámot  $\bar{X}$ -el, a megoszlási százalékos adatokat  $nf$ -el és a súlyozási

sorszámokat  $x$ -el jelöljük, a nyomatékokat a következő képletek szolgáltatják:

$$\mu_1 = \mu'_1 + \bar{X} = \frac{\sum nfx}{\sum nf} + \bar{X} \quad (1)$$

$$\mu_2 = \mu'_2 - (\mu_1)^2 = \frac{\sum nfx^2}{\sum nf} - \left( \frac{\sum nfx}{\sum nf} \right)^2 \quad (2)$$

$$\mu_3 = \mu'_3 - 3\mu_1\mu'_2 + 2(\mu'_1)^3 = \frac{\sum nfx^3}{\sum nf} - 3 \frac{\sum nfx}{\sum nf} \cdot \frac{\sum nfx^2}{\sum nf} + 2 \left( \frac{\sum nfx}{\sum nf} \right)^3 \quad (3)$$

ahol  $\mu_1$  jelenti az elsőrendű nyomatékot vagy matematikai átlagot,  $\mu_2$  jelenti a másodrendű nyomatékot, azaz szórásnégyzetet és  $\mu_3$  jelenti a harmadrendű nyomatékot.

Az egyes görbék abszolút ferdeségi fokát az alábbi képlet segítségével szokás kiszámítani:

$$f = \frac{\mu_3}{\mu_2^2} = \frac{\mu_3}{\sqrt{\mu_2^3}} \quad (4)$$

ahol  $f$  jelenti az abszolút ferdeségi fokot.

A számításokat példaképpen a 18. minta megoszlásgörbéjének adataival mutatjuk be. A megoszlásgörbék adatait és a számításokhoz szükséges egyéb adatokat a 2. táblázat tartalmazza.

A 2. táblázat adataiból

$$\sum nf = 100$$

$$\sum nfx = 141 - 9 = 132$$

$$\sum nfx^2 = 480$$

$$\sum nfx^3 = 2027 - 9 = 2018$$

Ugyancsak a táblázatból

$$X = 2$$

2. táblázat

X	nf	x	nfx	nfx <sup>2</sup>	nfx <sup>3</sup>
1	9	-1	-9	9	-9
2	31	0	0	0	0
3	21	+2	21	21	21
4	19	2	38	76	152
5	10	3	30	90	270
6	4	4	16	64	216
7	2	5	10	50	250
8	2	6	12	72	432
9	2	7	14	98	686

Az elsőrendű nyomaték, tehát a matematikai közép az (1) képlet alapján:

$$\mu_1 = \frac{132}{100} + 2 = 3,32$$

A másodrendű nyomaték tehát a szórásnégyzet a (2) képlet alapján:

$$\mu_2 = \frac{480}{100} - (3,32)^2 = 3,07$$

A harmadrendű nyomaték a (3) képlet alapján számítva:

$$\mu_3 = \frac{2018}{100} - 3 \cdot 1,32 \cdot 4,80 + 2 \cdot (1,32)^3 = 3,43$$



18. minta megoszlási görbéjének abszolút ferdesége a (4) képlet alapján kiszámítva :

$$f_{18} = \frac{3,07}{3,43} 1,5 = 0,483$$

Önmagában véve az elsőrendű nyomatékknak adhatunk csak fizikai értelmezést abban az esetben, ha meghatározzuk, hogy az elsőrendű nyomaték szerinti sorszámérték milyen buborékátmérőnek felel meg.

Az 1. táblázat alapján 1 sorszámérték megfelel 0,03 mm köznek, a 3. sorszám pedig ugyan ezen táblázat alapján 0,061 mm átmérőnél kezdődik.

A 3,32 nyomatéki érték arányosan kiszámítva megfelel 0,0716 mm átlagos buborékátmérőnek.

A 3. táblázat tartalmazza mindazokat az első-, másod- és harmadrendű nyomatékokat, valamint abszolút ferdeségeket és elsőrendű nyomatékknak megfelelő átmérőket, melyeket 1 órás tisztuláson tartott minták megoszlásgörbéiből fenti módszerrel ki lehet számítani.

A 4. táblázat ugyanezeket az adatokat tünteti fel a kétórás, az 5. táblázat pedig háromórás tisztulással kezelt mintákról felvett buborékátmérő megoszlási görbék alapján számítva.

3. táblázat

Minta száma	$\mu_1$	$\mu_1$ -nek megfelelő átmérő mm	$\mu_2$	$\mu_3$	f
1	3,62	0,0796	2,56	4,59	0,261
10	5,68	0,1414	6,20	6,24	0,398
15	5,47	0,1366	7,99	4,84	0,750
19	3,32	0,0716	3,07	3,43	0,483
21	3,00	0,0610	2,52	4,69	0,284

4. táblázat

Minta száma	$\mu_1$	$\mu_1$ -nek megfelelő átmérő mm	$\mu_2$	$\mu_3$	f
2	3,62	0,0796	2,28	4,25	0,261
11	4,25	0,0985	3,15	5,06	0,276
16	3,05	0,0625	4,39	13,46	0,168
19	3,01	0,0613	3,25	7,21	0,168
22	3,00	0,0610	1,98	1,74	0,863

5. táblázat

Minta száma	$\mu_1$	$\mu_1$ -nek megfelelő átmérő mm	$\mu_2$	$\mu_3$	f
3	3,14	0,0652	2,22	6,53	0,133
12	3,15	0,0655	3,50	9,96	0,111
17	2,72	0,0562	2,21	4,99	0,198
20	2,27	0,0391	0,85	0,51	7,400
23	3,32	0,0716	3,32	8,00	0,146

Az ismertett számítások adataiból az alábbi következtetéseket lehet levonni.

a) Ugyanazon keverékösszetételből, azaz gáz-tartalomtól kiindulva, a gázbuborékok átlagos átmérője a tisztulás idejével fordítottan arányos. A tisztulás előrehaladásának mértéke lemérhető a gázbuborékok átlagos átmérőjének csökkenésével

b) A tisztulás alkalmával megállapítható átmérő-megoszlásgörbék szórásnégyzetei ugyancsak csökkenő tendenciát mutatnak, a tisztulás idejének növekedésével. Azokban az esetekben, amikor utólagos buborékképződés mutatkozik, természetesen a szórásnégyzet is növekszik (pl. 23. minta). A szórásnégyzet csökkenése a tisztulás előrehaladását érzékenyebben mutatja, mint az elsőrendű nyomaték, vagyis az átmérők matematikai átlaga. A 21. és 22. minta esetében például az elsőrendű nyomaték alapján értelmezve tisztulási folyamat nem ment végbe. A másodrendű nyomaték, azaz a szórásnégyzet azonban kimutatja, hogy a tisztulási folyamat a 22. mintának megfelelő 2 órás tisztulási idő után teljesedett be, utána bizonyos értelemben visszafordult.

c) A harmadrendű nyomaték változásából a tisztulás lefolyására vonatkozólag következtetni nem lehet

d) A megoszlásgörbék abszolút ferdeségének adataiból általában a tisztulás lefolyására nem lehet következtetni. Megemlítendő még, hogy abban a mintában, ahol az eddig mért és számított adatok szerint a tisztulás a legmagasabb fokot ért el (20. sz.) a megoszlásgörbe abszolút ferdesége rendkívül eltérő értékkel jelentkezik.

Fenti következtetések alapján javasolható, hogy bizonyos keverékösszetételek tisztulási mechanizmusának ábrázolására a megoszlásgörbék első nyomatéka alapján kiszámított átlagos átmérők alkalmazandók akkor, amikor nincs mód a tisztulás időbeni lejtésódásának vizsgálatára, például kádkemencéből azonos helyről kivett minták összehasonlító vizsgálatánál.

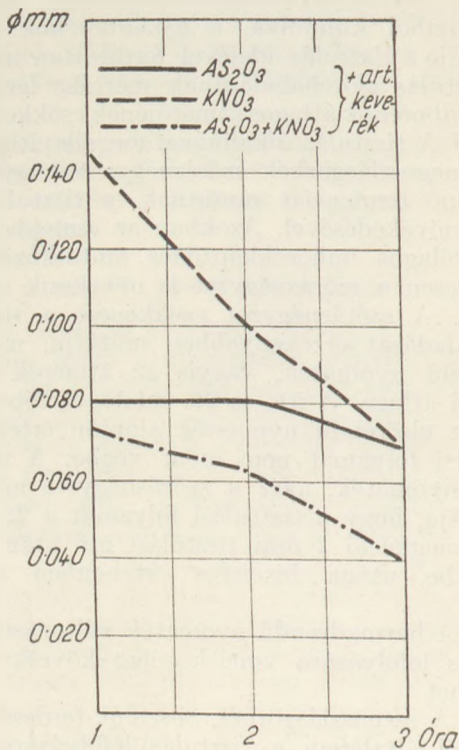
Az alábbiakban vizsgálat tárgyává tesszük a kizárólag arzénoxid, kizárólag káliumnitrát, valamint arzénoxid és káliumnitrát tartalmú keverékek tisztulási lefolyását 1375 C° hőmérsékleten, az elsőrendű nyomatékok alapján kiszámított átlagos átmérőváltozásokkal bemutató (6. táblázat 28. ábra).

6. táblázat

Tiszt. idő ó.	AS <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		KNO <sub>3</sub>		AS <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +KNO <sub>3</sub>				
	tartalmú keverék olvasztás								
	Minta száma	$\mu_1$	Átl. átmérő mm	Minta száma	$\mu_1$	Átl. átmérő mm	Minta száma	$\mu_1$	Átl. átmérő mm
1	1	3,62	0,0796	10	5,68	0,1414	18	3,32	0,0716
2	2	3,62	0,0796	11	4,23	0,0985	19	3,01	0,0613
3	3	3,14	0,0652	12	3,15	0,0655	20	2,27	0,0391

Az I., III. és V. kísérleti olvasztási sorozat mintáinak megvizsgálásából levonható minőségi következtetések fenti számítás és diagramm alapján mennyiségileg is megerősítést nyernek. Ki-





28. ábra

zárólag  $KNO_3$  tartalmú keverék tisztulása gyakorlatilag csak a 2. óra eltelte után kezdődik meg és 3 óra múlva is csak arzénoxidtartalmú keverék tisztulási fokát éri el. A tisztulást elősegítő említett anyagok együttes alkalmazása esetén a tisztulás egyenletesebben, gyorsabban és nagyobb eredménnyel megy végbe. Ennek a jelenségnek magyarázata valószínűleg az, hogy a  $KNO_3$  és  $As_2O_3$  egyaránt oxidáló hatású anyagok lévén, oxidáló hatásukat különböző hőmérsékleteken különböző sebességgel fejtik ki. Egymás jelenlétében az  $1375^\circ C$  körüli optimális hőmérséklet jelenti az oxidáló hatás optimumát is.

A mennyiségi adatok vizsgálata megfelelően érzékeli annak az anomális tisztulási jelenségnek lefolyását, mely a III. sorozat 8. mintaszámú, vagy az V. sorozat 23. mintaszámú kísérleteinél mutatkozott.

## 2. A megoszlásgörbék típusának meghatározása

A különböző keverékösszetételek kísérleti feldolgozása alkalmával meghatározott buborékátmérő megoszlásgörbék nagyrészt jellegzetes alakúak. Ebből a tényből arra lehet következtetni, hogy matematikailag definiálható megoszlási viszonyok állanak fenn tisztuló olvadékban a buborékok átmérőmegoszlásai szempontjából. A 3 órás tisztulás után felvett görbék túlnyomó része a kis átmérők tartományában jellegzetesen szimmetrikus, ugyanakkor egyes szakaszai következetesen asszimmetriát mutatnak. Ha feltételezzük, hogy 3 órás tisztulás után jó tisztuló képességű olvadékban túlnyomórészt azonos átmérőjű buborékok vannak jelen, jogsosan állítható az, hogy ezeknek

a buborékoknak átmérői normális, Gauss-féle megoszlást mutatnak.

Ha az elméleti Gauss-féle megoszlást összehasonlítjuk a 3 órás görbékkel, akkor az elméleti és a mért görbék között következetesen az alábbi eltérések tapasztalhatók:

a) A megoszlásgörbe baloldali, tehát a legkisebb átmérőkhöz tartozó ága csonka. Ennek oka, az, hogy a megvizsgált, kerekben 15 000 buborék közül egy sem volt olyan, melynek átmérője 0,001 mm-nél kisebb lett volna. A jelenség magyarázata kézenfekvő. (Gázbuborékok csak akkor képződhetnek, ha az olvadékban oldott gáz parciális nyomása meghaladja egyrészt a kemenceatmosféra parciális nyomását, de ami ebben az esetben még fontosabb, meghaladja az üveg felületi feszültségét, azaz az új felületképzéséhez szükséges erő nagyságát.

Ez a parciális nyomás buborék keletkezése után nyilvánvalóan infinitezimálisan kisátmérőjű gömbelhelyezkedést hoz létre. Nem ismeretes az abszorbeált gáz parciális nyomása, azonban az olvadék felületi feszültsége mérhető vagy számítható az oxidos olvadékösszetételből. Felmerülhet ezért az elképzelés, hogy a minimális jelenlévő buborékátmérő és a felületi feszültség ismeretében következtetni lehet abszorbeált gáz parciális nyomására. Ennek a kérdésnek vizsgálata és tárgyalása nem képezi jelen dolgozat feladatát.

b) A megoszlásgörbe jobboldali, tehát nagyobb átmérőkhöz tartozó ága ugyancsak eltér a Gauss-görbe lefutásától. Legtöbbször egy domborulatot mutat és a feltételezett Gauss-görbe felett halad, amit ellensúlyoz a feltételezett Gauss-görbe viszonylag alacsonyabban elhelyezkedő maximuma. A megoszlásgörbe jobboldali ága azonban következetesen süllyedő jellegű, asszimptotikusan közeledik a koordinátatengely felé.

A megoszlásgörbe jobboldali ágán mutató, a Gauss-görbétől eltérő rendellenességek a 3 órás tisztulási görbékben, valamint az 1 és 2 órás tisztulási görbéknek a Gauss-görbétől határozottan eltérő jellege arra a következtetésre vezetnek, hogy a tisztulási megoszlásgörbék tulajdonképpen kétféle jellegű megoszlásgörbéből tevődnek össze. A tisztulás kezdetén a buborékátmérők megoszlása nem Gauss-féle megoszlást mutat, a tisztulás végén egyre inkább megközelíti a Gauss-féle megoszlást.

Ennek a feltevésnek értelmében a tisztulás közben, tehát a kísérleti körülmények között a tisztulás megindulásától számított egy vagy két óra múlva a megoszlásgörbék kialakításában a Gauss-görbének már számottevő szerepet kell játszania, míg az egyéb buborékok átmérőire vonatkozó, ismeretlen megoszlásgörbének még számottevőnek kell lennie.

Az ismeretlen megoszlásgörbéből, annak alakjából következtetve feltételeztük, hogy az Poisson-féle megoszlás jelleggel rendelkezik. Fenti feltevések alapján minden kísérletileg meghatározott 1—2 órás tisztulás után mért megoszlásgörbének kell lennie egy olyan Gauss-görbe komponensének, melyet ha az eredeti görbéből levonunk, Poisson-féle megoszlást kapunk.



A Poisson-féle megoszlás szerint :

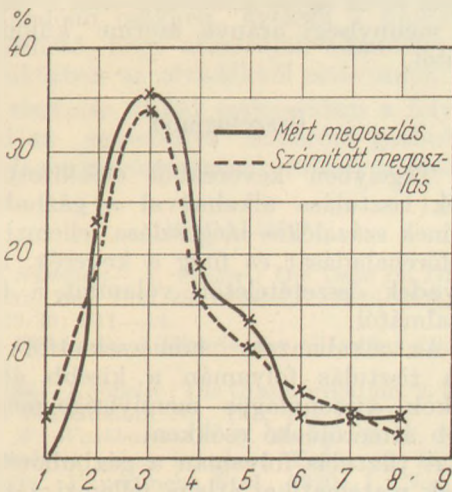
$$P_{\mu_1}(x) = e^{-\mu_1} \cdot \frac{\mu_1^x}{x!} \cdot 100 \quad (5)$$

ahol  $\mu_1$  = a megoszlásgörbe elsőrendű nyomatéka azaz a matematikai átlag. Kiszámítható az (1) képlet segítségével.

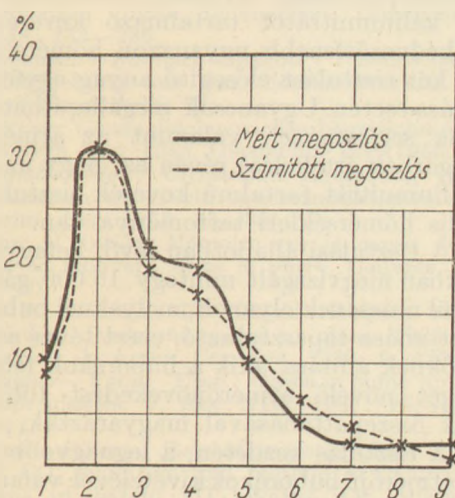
$x_i$  = sorszám, illetőleg a sorszámnak megfelelő átmérőtartomány.

$P_{\mu_1}(x)$  = a mindenkori  $x$ -nek megfelelő Poisson megoszlásérték.

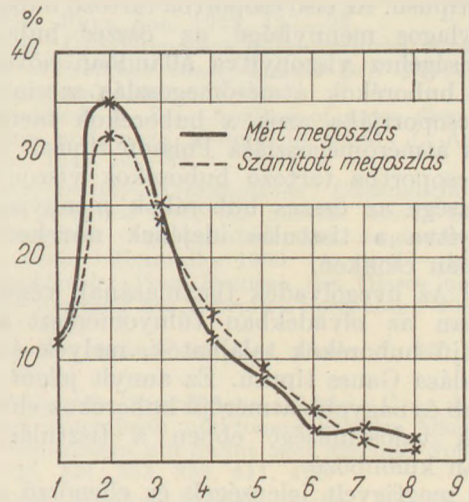
A mért és számított adatok összehasonlítása úgy hajtható végre, hogy a Gauss-féle szimmetrikus megoszlás grafikus meghatározása után az úgynevezett „maradékgörbe” első momentuma alapján kiszámítjuk az elméleti Poisson-féle megoszlást. Ehhez hozzáadva a megfelelő sorszámokhoz tartozó Gauss megoszlási értéket, az elméleti eredőgörbe meghatározható. A fenti módszerrel végzett összehasonlító számítások eredményét mutatják a 29—31. ábrák.



29. ábra. Minta száma: 2



30. ábra. Minta száma: 18



31. ábra. Minta száma: 21

Az összehasonlító számítás hiánya az, hogy pl. a 18. mintánál a feltételezett Gauss-görbe csupán 1 sorszámnál ad értékelhető eredményt. A mérési határok szűkítése azonban olyan nagyszámú mérést tenne szükségessé, mely a vizsgálatok gyakorlati jelentőségét nagymértékben csökkentené.

Az ilyen méréshatár szűkítésére azért sincsen szükség, mert ha feltételezzük, hogy a kísérleti hiba +2,5%, a 7. táblázat adatai szerint a számított Poisson görbe a mért görbétől a feltételezett Gauss-féle megoszlás levonása után nyert maradékgörbe szórási sávjába pontosan beilleszthető.

7. táblázat

Sorszám	A mért megoszlásból a feltételezett Gauss megoszlás levonásával nyert maradékgörbe	± 2,5% mérési hibahatárt feltételezve a szélső valószínűségi értékek	Poisson megoszlás alapján számított maradékgörbe
1.	9	6,5—11,5	9,0
2.	14	11,5—16,5	11,6
3.	16	13,5—18,5	15,0
4.	10	7,5—12,5	12,5
5.	8	5,5—10,5	8,6
6.	3	0,5— 5,5	4,9
7.	3	0,5— 5,5	2,3
8.	2	0,0— 4,5	1,0

Hasonló számításokkal igazolható, hogy mindazok a megoszlásgörbék, melyek viszonylag előrehaladott, de még folyamatban lévő tisztulási viszonyok között az átmérőkre vonatkozólag mérhetők, jó közelítéssel Poisson-féle megoszlásokra vezethetők vissza. Fenti számítások alapján az üveg tisztulására vonatkozóan az alábbi következtetések vonhatók le :

a) Az üvegolvadék tisztulásának kezdeti szakaszában az olvadékokban előforduló buborékok két csoportba oszthatók :

A buborékok átmérőmegoszlás szerinti első csoportjába azok tartoznak, melyeknek átmérője közel azonos, azaz melyek átmérőmegoszlása



Gauss-típusú. Az első csoportba tartozó buborékok viszonylagos mennyisége az összes buborékok mennyiségéhez viszonyítva állandóan növekszik.

A buborékok átmérőmegoszlás szerinti *második* csoportjába azok a buborékok tartoznak, melyek átmérőmegoszlása Poisson típusú. A második csoportba tartozó buborékok viszonylagos mennyisége az összes buborékok mennyiségéhez viszonyítva a tisztulás idejének növekedésével állandóan csökken.

b) Az üveglvadék tisztulásának végső szakaszában az olvadékban túlnyomórészt azonos átmérőjű buborékok találhatók, melyek átmérőmegoszlása Gauss típusú. Ez annyit jelent, hogy a kisebb és nagyobb átmérőjű buborékok előfordulásának valószínűsége ebben a tisztulási szakaszban különböző.

A megfigyelt jelenségek és ellenőrző számítások alapján az üveglvadék tisztulására vonatkozólag lényegében a következők tételezhetők fel:

A tisztulás folyamata három szakaszra bontható. A tisztulás *első* szakaszában a keverék eredeti gáztartalmából még tart az olvadékban jelenlévő gázok deszorpciós folyamata. Ezt bizonyítja az, hogy kezdeti tisztulási szakaszban átmérők megoszlási görbéje a kisebb és nagyobb átmérők tartományában nem különbözik nagymértékben, a legnagyobb átmérők előfordulásának valószínűsége azonban már kicsiny, mivel azok az olvadék-ból időközben eltávoztak.

A tisztulás *második* szakaszában a gázbuborékok deszorpciója, olvadékból való kiválása megszűnik. A jelenlévő gázbuborékok egy részének átmérője, (illetőleg a bennük lévő gáz parciális nyomása) a rendszer paramétereivel egyensúlyban van. Azonos hőmérsékleten és azonos atmoszférikus viszonyok között egy meghatározott átmérő jellemzi az egyensúlyi viszony fennállását. Ez a meghatározott átmérő, mint normális átmérőmegoszlás mutatkozik a kísérletek alkalmából. A jelenlévő gázbuborékok másik része, melyeknek átmérője rendszerint nagyobb vagy legfeljebb azonos az „egyensúlyi“ átmérővel, növekedésben és felfelé haladó mozgás állapotában van. Ezeknél egyensúlyról nem lehet szó, mert a nagyobb átmérő nagyobb felhajtó erőt jelent a Stokes-féle törvény alapján. Az állandóan változó hidrosztatikai viszonyok valamint az elkerülhetetlen hőmérsékleti gradiens az olvadék alsóbb és a felszínhez közelebbi rétegeiben azt idézik elő, hogy a deszorpció újra megindul. A nagyobb átmérőjű buborékok belsejében uralkodó nyomás ugyanis kisebb lesz, ezért törekszik arra, hogy az olvadékban még abszorbeált gázokat felvegye. Ilyen másodlagos deszorpció feltételezése nélkül is elképzelhető azonban az, hogy ebbe a csoportba tartozó buborékok nincsenek egyensúlyi helyzetben, mert a kisebb és nagyobb átmérőjű buborékok gáztartalmának parciális nyomáskülönbsége a hidrosztatikai nyomás csökkenésével, valamint a tekintélyes hőmérsékleti gradiens következtében is jelentőssé válhat.

A tisztulás második szakaszában jelenlévő, egyensúlyi helyzetben levő gázbuborékok jelenlétét alátámasztja az, hogy ezek átmérőinek vi-

szonylagos megoszlása Poisson típusú, mely Poisson megoszlás jellemzi a *statisztikailag kis valószínűségű, ritka jelenségek halmazát*. Ez a feltételezés egyben alátámasztja a tisztulás hidrodinamikai elméletének Kitajgorodszkij részéről felvetett bírálatát, hiszen a nem egyensúlyi helyzetben, azaz nem konstans átmérővel rendelkező buborékok jelenléte nagymértékben kétségessé teszi a Stokes törvény alkalmazásának helyességét a tisztulási idők számításánál.

Az elvégzett kísérletek körülményei között, az alkalmazott tisztulási idők esetében az előző csoportba tartozó gázbuborékok mennyisége az összes buborékokhoz viszonyítva 15—36% volt. A megoszlási görbék alakjának vizsgálata alapján a 3 órás tisztulási időnél az úgynevezett „egyensúlyi“ gázbuborékok mennyisége 80—90%-ra nő meg.

A tisztulási folyamat *harmadik* szakaszában tehát az „egyensúlyi“ buborékok mennyisége túlnyomóvá válik, megoszlásuk határozott normális megoszlásnak felel meg.

A tisztulás feltételezett három szakasza élesen nem különböztethető meg egymástól, mert a különböző részfolyamatok mindegyik szakaszban előfordulnak és az egyes szakaszok csak a részfolyamatok mennyiségi aránya szerint különböznek egymástól.

### Összefoglalás

1. Tégelyben keverékből előállított üveglvadék tisztulása alkalmával a gázbuborékok átmérőinek százalékos megoszlása jellemzi a tisztulás előrehaladását és függ a keverék, illetőleg üveglvadék összetételétől, valamint a keverék gáztartalmától.

2. Az alkalmazott hőmérséklettől függetlenül a tisztulás folyamán a kisebb átmérőjű buborékok viszonylagos mennyisége megnő, a nagyobb átmérőjűeké csökken.

3. A tisztulás folyamán a gázbuborékok átmérőinek matematikai átlaga jellemzi a tisztulás mértékét. A gázbuborékok átmérőinek matematikai átlaga meghatározásával számszerűleg alátámasztható az, hogy a tisztán arzénoxidot vagy tisztán káliumnitrátot tartalmazó keverék tisztulása kedvezőtlenebb ugyanazon hőmérsékleten, mint a két tisztulást elősegítő anyag együttes alkalmazása esetén. Ugyancsak megállapítható fenti számítás segítségével, valamint az átmérőmegoszlási görbék értékelése révén az, hogy az arzénoxid-káliumnitrát tartalmú keverék tisztulásának optimális hőmérsékleti tartománya van.

4. A tisztulási állapotban levő, befagyasztott olvadékban megvizsgált mintegy 15 000 gázbuborék közül nincsenek olyanok, melyeknél buborékok összepattanása tapasztalható, ezért téves azoknak a szerzőknek állítása, akik a buborékok felszállási sebességét növelő átmérőnövekedést több gázbuborék összepattanásával magyarázzák.

5. A tisztulás kezdetén, a legnagyobb és legkisebb átmérőjű buborékok kivételével, valamennyi buborékátmérő előfordulásának valószínűsége közel azonos.



6. Rövidebb tisztulási idő után az olvadéokban levő gázbuborékok átmérőinek megoszlása felbontható egy Gauss-féle és egy Poisson-féle megoszlásra.

7. Huzamosabb tisztulási idő után az olvadéokban lévő gázbuborékok átmérőinek megoszlása Gauss típusú, azzal a megszorítással, hogy a legkisebb átmérők tartományában a buborékok előfordulásának valószínűsége zérussal egyenlő.

8. Az olvadéokban elhelyezkedő gázbuborékok átmérőinek megoszlása, valamint a megoszlások matematikai statisztikai feldolgozása alapján feltételezhető, hogy a tisztulás egymástól élesen nem elválasztható három részfolyamatból áll.

A tisztulás kezdetén a tisztulás folyamatát jellemzi a gázbuborékok deszorpció útján való viszonylag gyors eltávovása. A tisztulás további szakaszában a folyamatot jellemzi azon gázbuborékok mennyiségének növekedése, melyek gáztartalmának parciális nyomása, illetőleg átmérője egyensúlyban van az olvadékrendszer állapotjellemzőivel, tehát melyek átmérője nem változik. Ugyanebben a tisztulási szakaszban azoknak a buborékoknak mennyisége, melyek átmérője eltér az úgynevezett „egyensúlyi“ átmérőtől, állandóan csökken. Ezekről a buborékokról feltételezhető, hogy átmérőjük állandóan növekszik, miközben az olvadékból eltávovnak.

A tisztulás utolsó szakaszában a folyamatot jellemzi az „egyensúlyi“ átmérőjű gázbuborékok viszonylagos mennyiségének túlsúlyra jutása.

## IRODALOM

- (1) *H. Salmang—A. Becker*: Die Gase im Glas. *Glastechn. Ber.* 1927/28. 520—537. 1928/29. 625—634. 1929/30. 241—44.
- (2) *E. Zschimmer*: Theorie der Glasschmelzkunst II. 139.
- (3) *Dralle—Keppeler*: Die Glasfabrikation. 2. kiad. 230
- (4) *Br. Szabadalom* No. 161, 192 (1921).
- (5) *E. W. Washburn—F. F. Footitt—E. N. Bunting*: Dissolved gases in glass. *Univ. of. Illin. Bull. Engin. Experiment Stat.* 1920. 1. No. 15. 39.
- (6) *J. Taylor*: The disappearance of gases into glass under the action of electric discharge. *Nature* 1928. 708.
- (7) *F. Krüger*: Über die Entgasung von Glasschmelzen durch Schalwellen. *Glastechn. Ber.* 1938. 233—236.
- (8) *Esmarsch—Rummel—Beuther*: Wissenschaftl. Veröffentlichung aus den Siemens-Werken. Werkstoff Sonderheft. 78.
- (9) *Löffler*: Gasungleichgewichte beim Schmelzen und Läutern von Glas. *Glastechn. Ber.* 1950. 11—20.
- (10) *Carsten Eden*: Ultraschall Entgasung von Glasschmelzen im Hochfrequenzinduktionsofen. *Glastechn. Ber.* 1952. 83—86.
- (11) *Bosc d'Antio*: Mémoire sur la cause des bulles qui se trouvent dans le verre. *Oeuvres.* 1. 1780. 1—20.
- (12) *H. E. Benrath*: Die Glasfabrikation. 1875. 174.
- (13) *Scholes*: Dissolved gases in glass. 1926. 7. 179.
- (14) *Dalton*: *J. Amer. Cer. Soc.* 1933. 9. 425.
- (15) *Hahner—Voigt—Finn*: Gases in some optical and other glasses. *J. Res. NBS.* 1937. 95—103. RP. 1014.
- (16) *Weyl—Pincus*: Role of gases in glass. I. Oxygen. II. CO<sub>2</sub> evolution and method of following reactions in batch. III. Water. IV. Miscellaneous gases. *Glass. Ind.* 1938. 255—58; 347—49; 455—56.
- (17) *Ryde—Huddard*: Analysis of bubbles in glass. *Proc. Phys. Soc.* 1923. 197—98.
- (18) *Enss*: Üvegbuborékok mikroanalitikai vizsgálatairól szóló cikkek. *Glastechnische Ber.* 1929. 384—86. *Sprechsaal* 1933. 662—66.
- (19) *Shadduck—v. Zee*: Analysis of gases dissolved in glass and gases present in seeds. *J. Am. Cer. Soc.* 1942. 69—83.
- (19) *Szlavjanszkij—Kresztnyikova*: Gázanalitikai módszer üvegben levő, 0,2 mm-nél kisebb átmérőjű buborékok gáztartalmának meghatározására. *Sztyeklo i Keramika* 1953. 11. sz. 11—15. old.
- (20) *Knoblauch*: Vom Brausen des Glases und erüb die Wirkung des Arseniks. *Sprechsaal.* 1906. 702. 757—58.
- (21) *Scholes*: Arsenic in glass. *Chem. Z. Bl.* 1912. I. 1595.
- (22) *Zschimmer—Zimpelmann—Riedel*: Über das Läutern von reinem und tonerdehaltigen Alkali-Kalk-Silikatgläsern mit Sulfat oder Arsenik. *Sprechsaal.* 1926. 331, 353, 393, 411, 422.
- (23) *Firth—Hodkin—Turner—Parker*: The function of arsenic in soda lime-silica glass. *J. Soc. Gl. Techn.* 1926. 3; 1927. 190.
- (24) *English—Firth—Turner*: The function of arsenic in potashleadoxide-silica glasses. *J. Soc. Gl. Techn.* 1927. 65.
- (25) *Kühl—Pudow—Weyl*: Verhalten der Sauerstoffspender im Glase beim Schmelz und Läuterungsvorgang. *Glastechn. Ber.* 1938. 37—51.
- (26) *Springer*: Die Verwendung des Salpeters in der Glasindustrie. *Sprechsaal* 1914. 361—62.
- (27) *Springer*: Bariumsuperoxyd als Salpeterersatz in der Glasindustrie. *Sprechsaal.* 1916. 136—37. 144—45.
- (28) *Springer*: Kaliumchlorat und — perchlorat als Salpeterersatz in der Glasindustrie. 1916. *Sprechsaal.* 96—97. 104—105.
- (29) *Turner—Winks*: The influence of boric oxide on the properties of chemical and heat resisting glasses. *J. Soc. Gl. Techn.* 1925. 389—405.
- (30) *Hodkin—Turner—Winks*: The influence of the addition of small quantities of alkaline salts in the case of melting and on the working properties of soda-limesilica glasses, prepared from cullet. *J. Soc. Gl. Techn.* 1929. 37—47.
- (31) *Firth—Hodkin—Muirhead—Parkin—Turner*: A study of some effects of chlorides on the melting and working properties of potash-leadoxide-silica glass. *J. Soc. Gl. Techn.* 1926. 176—98.
- (32) *Turner*: Some experiments on the acceleration of glass melting by the use of volatile constituents in the batch mixture. *J. Soc. Gl. Techn.* 1928. 134—38.
- (33) *Agde—Krause*: Untersuchungen über das Verhalten von Fluoridzusätzen von Gläsern und Emailen. *Zsch. F. Angew. Chem.* 1927. 525—33, 804—808, 886—95.
- (34) *Springer*: Der Flussspat bei der Glasschmelze, mit rochnerischen Grundlagen für seine Anwendung. *Sprechsaal* 1914. 4—5. 20—21.
- (35) *Zschimmer—Ernyei*: Über die Läuterung von Natron-Kalk-Silikatglas durch Antimon (3) oxyd. *Sprechsaal.* 1932. No. 10.
- (36) *Springer*: Antimonoxyd als Läuterungsmittel. *Sprechsaal.* 1936. No. 11.
- (37) *Springer*: Kalk-Arsen und Natrium-Antimon als Läuterungs- und Entfärbungsmittel für Glas.
- (38) *Schönborn*: Antimonläuterung. *Silikattechnik.* 1951 204—208.
- (39) *Hodkin*: The influence of cullet on the rate of melting and other properties of soda-lime-silica glass. *J. Soc. Gl. Techn.* 1929. 25—27.
- (40) *English—Green—Hodkin—Turner*: The effect of cullet on the melting and working properties of potash-leadoxide-silica glasses. *J. Soc. Gl. Techn.* 1929. 37—47.
- (41) *Bock*: Über Sulfat als Läuterungsmittel von Alkali-Kalk-Silikatgläsern. *DRP.* 157, 135 (1902).



- (42) *Felsinger*: Glaubersalz als Läuterungsmittel für die Glasschmelze. *Keram. Rdschau*. 1927. 239—44.
- (43) *Riedel*: Glaubersalz als Läuterungsmittel für die Glasschmelze. *Keram. Rdschau*. 1927. 323—24.
- (44) *Jebsen—Marwedel—Becker*: Der  $\text{SO}_3$  Gehalt im Glas. *Glastechn. Ber.* 1930. 525.
- (45) *Jebsen—Marwedel*: Verlauf der Gasabgabe von schmelzenden Glasmengen die Sulfat neben Karbonaten enthalten. *Sprechsaal*. 1936. No. 32; 34.
- (46) *Jebsen—Marwedel*: Die blasenförmige Gasabscheidung sulfathaltiger Glasschmelzen. *Sprechsaal*. 1942. No. 113—14.
- (47) *Kitaigorodszkij*: Sztyeklo i sztyeklovarenüje. *Promsztroizdat* 1950. 204.
- (48) *Gehlhoff—Thomas—Kalsing*: Über die Läuterung des Glases. *Glastechn. Ber.* 1930. 1—24.
- (49) *Jebsen—Marwedel*: Glastechnische Fabrikationsfehler. *Gase im Glas*. 1936.
- (50) *Kitaigorodszkij*: Tyechnologija sztyekla. *Promsztroizdat*. 1951. 136.
- (51) *Levi—Citta*: Integrazione dell'equazione funzionale che vegge la vaduta di una sfera in un liquido viscoso. *Atti Acad. Lincei, Redicenti*. 1907. 5. 45.
- (52) *Allen*: The motion of a sphere in a viscous fluid. *Phil. Mag.* 50. 1900. 323.
- (53) *Prandtl—Tietjens*: Hydro- und Aerodynamik. 1929. II. 129—130.
- (54) *Bjezborodov*: Rolj gazovoj szredü pri sztyekloobrazovánije. *Trudü LChTI*. 1935. 460.
- (55) *Kitaigorodszkij—Skolnyikov*: Tyeorija sztyekloobrazovánija i praktika sztyeklovarényii. *Gizlegprom*. 1935.
- (56) *Löffler*: Gasungleichgewichte beim Schmelzen und Läutern von Glas. *Glastechn. Ber.* 1950. 11—20.
- (57) *Aitken*: Statistical mathematics. Oliver and Boyd. London. 1947. 31. 39—43.
- (58) *Szentmártony*: Matematikai statisztika a műszaki gyakorlatban. Mérnöki Továbbképző Intézet kiadása.
- (59) *Vincze*: Az ipari minőségellenőrzés statisztikai módszerei. *Alkalmazott Matematikai Intézet Közleményei*. I. kötet. 239—249. 1953.

## Kohósalak, kazánsalak és a pernye felhasználása az építőanyagipar területén\*

Dr. WESSELY IMRE

A kohósalak, kazánsalak és pernye igen nagy mennyiségben gyűlik össze és felhasználásuk fontos népgazdasági feladat. Az eddig végzett magyar kutatás és kísérlet, a granulált kohósalak különböző felhasználási lehetőségei, a habosított kohósalak, a kristályos vagy darabos kohósalak tulajdonságai és alkalmazási területe az építőanyagipar területén, a salakgyapot gyártás és a kristályos műkő. A kohósalak mint falazó és vakoló habarcs-anyag és a gerjesztett beton alkalmazása. A kohósalak vegyi összetételének megjavítása és az ezzel járó feladatok. A kazánsalakok, pernyék vegyi összetételével kapcsolatban a karbon- és kén tartalom veszélye, a dúsítás és a külföldi tapasztalatok ismertetése. Az eddig végzett hazai kutatások és kísérletek kiértékelése után a jövőbeni tennivalók.

Amióta a kormányprogram a vállalatok egyik legfontosabb feladatává tette az energiatakarékosságot és az önköltségek csökkentését, a kohósalak, a kazánsalak és a pernye felhasználásának problémája még nagyobb jelentőségű lett, mint annak előtte. Egy tonna vas termelésével kb. egy tonna salak is képződik és a vas önköltségének alakulására nem lehet közömbös, hogy ezt a mennyiséget értékesítik-e, vagy a hányóra kerül. Az ózdi és a *diósgyőri* gyárban a meddő kohósalak elhelyezése nagy költségeket emészt fel és a tárolóhely már kimerülőben van, *Sztálinvárosban* pedig olyan területeket foglal el, ami jobb célra volna kihasználható. A képződött kohósalaknak kb. 25%-át használjuk fel, 75%-a elhever a vasművek körül. Olyan időkben, mikor annyi szó esik gondosabb energiagazdálkodásról, anyagtakarékosságról, olcsóbb építkezésről — ennek nem szabadna megtörténni. Az iparilag fejlett országokban ez a pazarlás már régen megszűnt. Irodalmi közlések

szerint a Szovjetunióban a kohósalaknak 60%-át, Nyugat-Németországban 100%-át, az Egyesült Államokban 85%-át feldolgozzák.

A kohósalakban óriási mennyiségű energia rejlik. Ezt az energiát a portlandklinker előállításakor csak sok millió kilogramm szén eltüzelésével érjük el. Ha a kohósalakkal már az elegy összeállításától kezdve a további kezeléséig korszerűbben foglalkoznánk, akkor ezáltal igen jelentékeny mennyiségű portlandklinkert, vagyis szén-takaríthatnánk meg a népgazdaságnak.

A Magyar Tudományos Akadémia VI. osztályának kohósalak-munkabizottsága már 1950 óta foglalkozik ezzel a problémával. A Nehézvegyipari Kutatóintézet, névszerint ennek kutató-mérnöke, *Henszelmann Frigyes* 1951—52-ben végzett értékes kísérleteket a hazai kohósalakjaink felhasználására. *Dr. Forbáth Róbert* a gyakorlatban is kipróbált javaslatokkal igyekezett a kohósalak felhasználási lehetőségeit előmozdítani. *Dr. Schedel Andor* és *dr. Nahoczky Alfonz* igen alaposan kidolgozott tanulmányukban tárgyalták a kohósalaknak jóminőségű cementté való közvetlen feldolgozását. Az 1952-ben nálunk járt *Krichtin* és *Raksejev* szovjet mérnökök nagyon értékes gyakorlati tapasztalatokat bocsátottak rendelkezésünkre.

A felsorolt munkák — a dr. Forbáthé kivételével — a kohósalaknak csak a cementipar területén való jobb felhasználásával foglalkoznak. Azonban vannak még egyéb felhasználási lehetőségek is az építőanyagipar területén.

Az áttekinthetőség végett előbb a felhasználhatóság általános vázolására térek ki, amely szempontból a következő felosztást tehetjük.

1. *Granulált kohósalak*. Ez a vízzel, levegővel, esetleg mindkettővel hirtelen lehűtött, megder-

\* A Magyar Tudományos Akadémia VI. Kötőanyag albizottságának 1955. április 19-i ülésén tartott előadás.



mesztett kohósalak. Ezt használjuk fel 1. kohósalakportlandcement gyártásához, 2. gipszsalakcement (szulfátkohócement) gyártásához, 3. anhidrit kötőanyag gerjesztő-anyagául, 4. a gerjesztett beton alapanyagának, 5. a salaktégla alapanyagának, 6. portlandklinker szilikát-komponensének, 7. vakoló- és falazóhabarcs alapanyagául.

II. *Habosított kohósalak.* Alkalmos 1. hőszigetelő-anyagnak, 2. könnyű beton készítéséhez.

III. *Kristályos vagy darabos kohósalak,* ami a salakolvadék lassú lehűlésével keletkezik. Ezt használják: 1. betonkavicsként, 2. útalapkőnek, 3. vasúti kavicsnak, 4. öntött idomokban útburkolatra.

IV. *Salakgyapot.* Kitűnő hang- és hőszigetelő anyag, aminek gyártásához kohón kívül a salakot kupolókemencében — esetleg javítóanyag hozzákeverésével — átolvasztják.

V. *Kristályos műkö,* amit a Nehézvegyipari Kutatóintézet dolgozott ki és a miskolci üvegyárban kísérleti üzemben gyártottak. Jóminőségű szerkezeti anyagnak bizonyult.

A felsorolt építőanyagipari felhasználási lehetőségekből hazánkban csak igen keveset fordítanak ezekre a célokra. Aránylag még legtöbbit használunk *cementkiegészítő-anyagnak*, a termelt mennyiségnek kb. 10%-át, *salaktégla* készítésére kb. 5%-ot. *A darabos salakból*, amiből az Egyesült Államokban a legtöbbit hasznosítanak, alig 8%-ot értékesítünk. *Salakgyapot és egyéb célra* kb. 1%-ot fordítunk. A többi kohósalak — mint bevezetőleg már mondtam — kb.  $\frac{3}{4}$  része az összes mennyiségnek, sok költséggel a hányóra kerül.

A cementkiegészítő-anyagként használt kohósalak minősége az MNOSZ 4707-53 sz. magyar szabvány szerint szabályozva van, mely a szovjet GOSZT 3476-46. sz. szabvány alapján készült. Az elsőosztályú, jó minőségű kohósalak megkövetel

$$\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} \approx 1$$

értékű *alapmodulust* és

$$\frac{\text{SiO}}{\text{Al}_2\text{O}_3} < 4 \text{ értékű aktivitási indexet.}$$

*Krichtin* szovjet mérnök, és a Nehézvegyipari Kutatóintézet kutatói is a vegyelemzések alapján megállapították, hogy a magyar nagyolvasztók salakjainak legnagyobb része felel meg a szabvány előírásainak. Csakis a szürke nyersvas (öntődei nyersvas) gyártásából keletkező salak kifogástalan. Ez azonban az egész vastermelésnek alig 10%-a. A salak túlnyomó része nem elég bázikus és valamennyi salakban kevés az alumíniumoxid. Ilyen salakok a legjobb granulálás és őrlés mellett is csak korlátozott mértékben adagolhatók a heterogén cementekbe, holott jóminőségű kohósalak használatánál 70–80% salaktartalommal is a portlandcementtel azonos minőségű cement volna gyártható.

Jóminőségű salakkal 1 tonna portlandklinkerből 3–4 tonna cement állítható elő, a jelenlegi összetételű kohósalakból legfeljebb 2 tonna. Ha pedig az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalmat 18%-ra növelnénk, akkor

egyáltalán nem kellene portlandklinker a kohósalakhoz, mert az úgynevezett „szulfátos gerjesztéssel”, amire a perkupai anhidritünk alkalmas, kiváló minőségű *szulfátkohócementet* kapunk. Ez az újabb elnevezése a gipszsalakcementnek.

*Krichtin* és *Rakcejev* szovjet mérnökök és a Magyar Tudományos Akadémia kohósalak-munkabizottsága igyekeztek meggyőzni kohászainkat, hivatkozva *Parlovra*, a klasszikus szovjet tudósra, *Horváth Aurétra*, a kiváló magyar szakemberre, számos külföldi kohó gyakorlatára, hogy változtassák meg a kedvezőbb vegyi összetétel irányába az elegyet, azonban ezideig még egy rövid ideig tartó kísérletre sem bírták rávenni a kohászatot, de még arra sem, hogy egy reális gazdaságossági számítást fektettek volna le ebből a szempontból. Népgazdaságunk érdeke, de a vastermelés önköltségcsökkentésének fontos tényezője lenne, ha ezen a téren elkövetett mulasztásokat a közeljövőben pótolnák, mert ezáltal a cementiparban felhasználható kohósalak-mennyiség a mainak két-, háromszorosára emelkednék és a megtakarított portlandklinkernek megfelelően jelentékeny szénmennyiséget megtakarítanánk.

*A habsalak* gyártásának bevezetése szintén nagy mennyiségű kohósalakot hasznosíthatna, mint a külföldi példák mutatják. Németországban és Csehszlovákiában több százezer tonnát dolgoznak fel erre a célra. Nem minden salak alkalmas a habosításra. A habzóképeség függ a salak vegyi összetételétől és a habosítás hőfokától. Főleg a „hosszú” salakok (a nagyobb kovásvartalmú, savanyú salak, amiből hosszú szál húzható) alkalmas habosításra. Lehetőleg a legforróbb, *felső salakot* alkalmazzák. A habosítás úgy történik, hogy a forró tűzfolyós salakot kevés vízzel hozzák érintkezésbe, ami által gőzök és gázok keletkeznek, amiket az izzó, folyós salakláva elnyel, magába zár és lehűlve lyukacsos anyag marad vissza. A gyártásra különböző berendezések vannak. Ezek vagy olyanok, hogy álló vízbe, esetleg lassan áramló vízbe eresztik az izzó, folyós salakot vagy pedig a vizet fecskendezik be megfelelő fúvókákkal a tűzfolyós salakba. Számos ilyen készüléket ismertet az irodalom, így pl. a legegyszerűbb a habosító medence, elterjedt a habosító kerék, a Schertler-féle habosító-korong, a Rotter-féle habosító-csiga, a Schol-féle habcsatorna, a Reiche-Giersbach-féle habdob és végül az Opterbeck-féle granuláló malomhoz hasonló habosító malom.

A habsalak térfogatsúlya 300–1000 kg között változhatik a salak minőség és a gyártási technológia szerint. Kitűnő minőségű könnyű építőelemek és monolit szerkezetek is készíthetők belőle. A beton szilárdsága 15–200 kg/cm<sup>2</sup> között változik és függ természetesen a kötőanyag mennyiségétől ami 140–300 kg/cm<sup>3</sup> cementmennyiség között mozog. A beton térfogatsúlya az adalékanyag, a fajlagos kötőanyagfalhasználás és a tömörítés függvénye s eszerint 1000–1800 kg/m<sup>3</sup> között változik. A hővezetési száma 0,1–0,15 Kcal/m·óra, tehát igen kiváló hőszigetelő anyag.

A jól habosítható salak vegyi összetétele, a habosítás technológiája részletesen ismereteseek és



publikáltak. Kohászaink feladata most már egyik kohónkat az erre alkalmas salak termelésre beállítani, hogy az építőipar régen nélkülözött könnyű építőanyagát termelhesük. A kezdeményezés Sztálinvárosban már megtörtént. Egyelőre a legegyszerűbb eszközökkel, *habosító agyagággal*, remélhető azonban, hogy nemsokára gépi felsereléssel folyamatos gyártás végezhető.

*Kohósalak-téglát* nálunk Ózdon készíténeek. A granulált és a kristályos kohósalakot 35:65 arányban keverik. A kristályosat előbb kötőrőn, hengeren és rulett-malmon porrá őrlik és a nedves granulált salakkal egy teknős keverőben kb. 8% nedvességű masszává gyúrnák össze. Ezt excenter-présen téglává formálják és a nyersidomokat keményítő kamrákban 2—3 napig 150—200 °C meleg füstgázok hatásának teszik ki, amit a torokgázzal üzemeltetett szívógázmotorok kipuffogójától kapnak. A kapacitás kb. 10 millió téglá. Ez az eljárás elavult. Ma már korszerű technológiák vannak, melyek hasonlóak a mészhomoktéglá gyártásához. Sztálinvárosban, ahol nagyon aktuális salaktéglagyár létesítése, az újabb technológiával kell megépíteni.

*A betonadalék és útépitő, valamint vasúti alépitmény* céljára felhasználható kristályos kohósalakot, amit úgy kapnak, hogy a tűzfolyós salakot száraz homokágyba öntik és lassan hűtik ki, zúzni és szemcsézet szerint osztályozni kell. A terméskő és a folyami kavics pótlására használják. Minőségi előírását az MNOSZ 2504-53 R sz. ajánlott szabvány írja elő. Az ilyen célokra használt salaknak vegyileg savanyúnak kell lenni. A lúgos modulú salaknál gyakran szétesés jelei mutatkoznak, mert a beta-dikalciumszilikát átmegy a gamma formájába. A salak szétesésének tünetei már a salakhányókon megfigyelhetők, azonban szükséges, hogy a zúzaléknak használandó salakot laboratóriumban gyorsított eljárással is megvizsgáljuk. Ez úgy történik, hogy a próbatesteket 70—80 °C hőmérsékletű kamrában 24 óráig gőzölik. Ezt a vizsgálatot hiánytalanul ki kell állnia. A nyomószilárdságnak legalább kétszeresének kell lenni a vele előállítani szándékolt beton 28 napos kockaszilárdságának, de 600 kg/cm<sup>2</sup>-nél kisebb nem lehet. Több külföldi kohónál, ahol nagyszilárdságú salakra, kb. a bazalttal egyenlő nyomószilárdságúra törekszenek, „beoltják“ a tűzfolyós salakot, azaz belekeverik a nagyolvasztó szállóporát, ami által különösen tömör kristályosodás megy végbe és nagy szilárdságú zúzalékot kapnak. Amerikában ebből a zúzalékból fogy a legnagyobb kohósalak-mennyiség, hazánkban most kezdenek vele kísérletezni az egyik épületelemgyárban.

*A salakgyapot-gyártása* kis méretekben nálunk is folyik. A salakot vízhűtésű kupolókemencében megolvasztják és az olvadékot vékony kb. 6 mm sugárban kieresztve magas nyomású gőzzel szétporlasztják. A szálak 2—60 mm hosszúak és 1,5—20 mikron vastagok. A gyártásra a savanyú salak alkalmas és bizonyos adalékokkal a nyersanyagot szálhúzásra még alkalmasabbá lehet tenni. Mint tűzálló, izoláló anyag igen széles körben alkalmazható.

*A kristályos műkö* a magyar iparnak úttörő vállalkozása a nagyolvasztó salakjának feldolgozása terén. Egyelőre csak kísérleti üzemben gyártották, de teljes sikerrel. A kohósalakot homokkal és alkalioidtartalmú üvegcseréppel keverve ömlesztik össze úgy, hogy a megfelelő SiO<sub>2</sub> tartalmú elegyet kapják. Felhasználhatósága igen sokféle, mert saválló, kopásálló és kiváló elektromos-szigetelő. Nyomószilárdsága 3000 kg/cm<sup>2</sup>, hajlítószilárdsága 500—800 kg/cm<sup>2</sup>. Ezen tulajdonságainál fogva a kémiai ipar céljaira nagyon alkalmas: saválló tartányok, desztilláló berendezések, csővezetékek, saválló padlóburkolatok készítésére, kopásállósága révén pedig fémekeket helyettesíthet az épületgépészet területén, az elektromos iparban pedig akkumulátoredények, dinamoalkatrészek, szigetelők gyártására használhatják.

A folyamatos gyártása diósgyőri kohósalakból még az 1955. év folyamán megindul a Miskolci Üveggyárban.

Nem hagyhatjuk figyelmen kívül a kohósalaknak mint *szilikát-komponensnek* alkalmazását portlandklinker gyártásánál. A Szovjetunióban, Németországban és az Egyesült Államokban alkalmazzák. Először csak az úgynevezett száraz-eljárásnál használták, de irodalmi közlések, valamint külföldet járt kartársak referátuma szerint azokat a nehézségeket, melyeket a nyersiszapban való összetömörülése okozott, már legyőzték s ezért a nedves eljárásnál is alkalmazzák. Ha szükség van rá, a vashiányt vasban dús adalékokkal pótolni kell. Az irodalmi közlések szerint a kohósalaknak nyersiszapban való alkalmazása tekintélyes hőenergia-megtakarítást eredményez és a kemence klinkerhozama jelentősen növekszik. Nálunk a hejőcsabai gyárban tudnánk felhasználni.

Végül utoljára hagytam a kohósalak felhasználását *mészpótló-anyagok* készítésére falazó és vakoló habarcsok készítésénél. Ezek lényegükben azonosak a cementes gerjesztéssel készült anyagokkal, azzal a különbséggel, hogy kevesebb gerjesztő anyagot (mész, klinker, gipsz), — kb. 100%-ot — tartalmaznak és a plaszticitásuk fokozása végett agyagot is kevernek hozzájuk. A különböző összetételű termékek most vannak kipróbálás alatt a kivitelező vállalatoknál.

Meg kell még említeni a kohósalaknak *gerjesztett betonban* való alkalmazását is, amivel *Szivercsev, Popov, Kiszeev* stb. szovjet tudósok foglalkoztak behatóan, akiknek munkái nálunk is ismertek. Erre azonban a kazánsalak és a pernye felhasználásánál fogok még visszatérni.

Áttérve a kazánsalaknak és a pernyének az építőanyagok területén történő felhasználására, előre kell bocsátanom, hogy ezeknek kémiája, különösen a hidraulikus kötés szempontjából, még nincs úgy feldolgozva, mint a kohósalaké. Itt több az empiria, mint a tudományos kutatás eredménye és ez rányomja bélyegét a felhasználásban is mutatkozó bizonytalanságokra.

A kazánsalakok és pernyék nomenklatúrája is elég zavaros s ezért a fogalmakat tisztázni kell. *Kazánsalaknak* nevezzük a kazánok rostélyán darabos szén égetése után visszamaradó salakot. Ha ez hányóra jut és ott tovább oxidálódva teljesen



kieg, ez a vörös salak. Nálunk a vörös salakhoz sorolják a széntárnák közelében hányóra hordott meddőt is, ha az a benne maradt szén öngyulladása következtében teljesen vörösre kieg. Szovjetunióban ezt „égetett bányakőzet“-nek nevezik és ugyanúgy felhasználják mesterséges puccolán gyanánt, mint a vörös salakot. Ilyent adagoltak részben Tatabányán is a cementhez mind adalékanyagot.

„Pernye“ elnevezés alatt a porszéntüzelésű kazánok tüzelési maradékát értjük. Ilyen halmozódik fel nagy mennyiségben az elektromos erőtelepeken. A pernyének egy különleges fajtája a „mozdonypernye“, amit a lokomotív füstgázai ragadnak magukkal és ami összegyűjtve a pályaudvarok fűtőházainál tárol. Az Építéstudományi Intézet, ahol ezen anyagokkal behatóbban foglalkoznak, a pernye helyett „porszénhamu“ elnevezést használja.

A magyar szénhamuk vegyi összetétele igen tág körben változik. *Grüttner Albert* volt az első, aki a magyar szénhamuk kémiai analíziseit „Szén-elemzések“ c. klasszikus munkájában összeállította. A Hőtechnikai Kutató Intézet az általa összegyűjtött adatokkal ezt 1951-ben kiegészítette. Ezek szerint a hamuk hidraulitásának alapját képező három komponens határértékei:

CaO .....	0,55—34,09%
SiO <sub>2</sub> .....	13,22—56,31%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	9,99—37,29%

Ez a nagyskálájú eltérés érthető, mert befolyásolják a szénmedence különböző kőzetei, a szénhordozó kőzet, az eltérő ásványtani képződmények. Még egy bányán belül is változik az összetétel. Befolyással vannak még a szénhamu összetételére a tüzelőszerkezet és az elégetés módja is. A kazánsalak és a pernye ipari felhasználásának feltétele és lényeges követelménye a megbízható, egyenletes minőség. Az elmondottakból következik, milyen nehéz ennek a biztosítása.

A kazánsalakban és a pernyében építőanyag-ipari felhasználás szempontjából különösen veszedelmes az el nem égett karbon- és kéntartalom. Az említett elemzési gyűjtemények szerint a magyar szénhamuk kéntartalma SO<sub>3</sub>-ban kifejezve 0,45—28,31% között változik. A hamu el nem égett karbon-mennyisége pedig függvénye a tüzelőberendezésnek és a tüzelési mód tökéletességének. Az MNOSZ 2501-54 R sz. ajánlott szabvány szerint a betonadaléknak használt szénsalak el nem égett széntartalma 10%-nál nagyobb nem lehet és a kéntartalom, SO<sub>3</sub>-ban kifejezve, vasbetéttel közvetlenül érintkező salakbeton esetén 1%-ot, vasbetéttel nem érintkező salakbetonnál 3,5%-ot nem haladhatja meg. Ezen határokon túl a salakokat javítani, „dúsítani“ kell. A javítás különböző módszerei közül a legalkalmasabbnak mutatkozik a salakok aglomerációja másodszori égetés által. A Szovjetunió Építész Akadémiájának építéstechnikai Intézetében végzett kísérletek szerint a barnaszének kazánsalakjának kén és karbon szennyezése csak a másodszori égetéssel történő dúsítás útján távolítható el olyan alaposan, hogy azok a könnyűbetonok porózus adalékanyagaként meg-

feleljenek. A másodszori égetés szenet nem igényel, sőt a fejlődő meleg esetleg felhasználható pl. szárításra. Nálunk — tudomásom szerint — *Sasvári György* kartársunk dolgozott ki ilyen aglomerációra javaslatot.

A kazánsalakok és a pernyék általában jóminőségű hidraulitok. Az Építéstudományi Intézetben, a tatabányai, és selypi cementgyárak laboratóriumában a traszokra érvényes magyar szabvány szerint végzett pernye-vizsgálatok 28 napra 16—18 kg/cm<sup>2</sup> húzási és 75—150 kg/cm<sup>2</sup> nyomási szilárdságot mutattak.

Ismeretes, hogy a hidraulitokat két csoportra osztják. Az egyik csoportba tartoznak az úgynevezett „latens hidraulikus anyagok“. Ezek önmagukban is kötnek, csak a kötési folyamat megindításához valami katalizátor módjára ható anyag kell, amit „gerjesztőnek“ hívnak; ilyen hidraulit a kohósalak. A másik csoportba azok tartoznak, melyeknél két önmagukban nem hidraulikus anyag egyesüléséből keletkezik a hidraulikus képesség; ilyen hidraulitok a puccolánok.

A barnaszénhamuk legnagyobb része ehhez az utóbbi puccolánszerű kötetést mutató csoportba tartozik. Mint cementkiegészítő anyagok egyes cementgyárunkban jól megfelelnek egyéb puccolán-anyag helyett. Felhasználásuk igen gazdaságos. Nem kell bányászni, zúzni, szárítani és örölni mint a traszt és ezért még ott is, ahol helyszínen van a trasz, az önköltség csökkentése miatt inkább a pernyét használják.

Azonban vannak egyes kazánsalakok és pernyék, melyek annyi meszet és szulfátot, illetve gipszet tartalmaznak, hogy lekötnek ugyan önmagukban, de ez a kötés nem tartós, mert csakhamar jelentkezik a duzzadás jelensége, ami a habarcsot vagy a betont szétveti. Ilyenek pl. az ajkai és az inotai erőműből származó pernyék.

A weimari Építőanyag Kutatóintézet közleményei szerint a duzzadást mutató pernyét 2—7 napig tartó áztatással használhatóvá lehet tenni. Ezenkívül trasz vagy granulált kohósalak hozzákeverését ajánlja. Leghatásosabbnak a következő keveréket javasolja: 60% pernye + 30% mészhidrátpor + 10% granulált kohósalak.

A szénsalakot és a pernyét, mielőtt építőanyagként felhasználjuk, különös gonddal kell megvizsgálni. Az MNOSZ 2501-54 R sz. szabvány erre útmutatást ad.

Az Építéstudományi Intézet, nevezetesen *Rudnai Gyula*, *Schütz Mihály* és munkatársaik igen beható kutatásokat végeztek a magyar pernyék építőipari célokra való felhasználására vonatkozólag. Ők az ajkai pernyének magas mész- és gipsztartalmát arra használják, hogy mint aktivátort alkalmazzák az építőelemek gyártásához adott receptjeikben. A mátrai pernye épület-elemé való feldolgozására készült előírásokban a granulált kohósalak, mészhidrát vagy egyéb aktivátorok mellett mindig használnak bizonyos mennyiségű ajkai pernyét is.

A tudományos kutatás, amely a mikroszkópia, a röntgenológia segítségével a hidraulitok kötési folyamatának tanulmányozása terén folyik, még nincs egyértelműleg lezárva. A legutolsó ered-



mények azt mutatják, hogy ugyanaz a komplex vegyület, a kalciumaluminátszulfáthidráttal, amelyet Michaelis „cementbacillus“-nak nevezett s amit Candlot-sónak is hívnak, eredményezi a szénhamuknak hidraulikus kötését. Ami egyik helyen rombol, a másikon épít. A Candlot-só stabilitása azonban egészen szűk határok között megsabott hidrogénionkoncentrációhoz van kötve, 11,2—12 PH között. Ez felel meg legjobban a természetben is előforduló Ettringit nevű ásvány kristályai képződésének, ami szintén kalciumaluminátszulfáthidráttal vegyület. A szulfátkohócement kötésénél ugyancsak ez a komplex-só keletkezik. A barnaszénsalakok szilárdulási folyamata tehát azonos kémiai reakció a szulfátkohócementével. Tisztázandó még az alumínát és a ferrit vagy ferrát-sók szerepe, mert kétségtelen, hogy ezeknek is része van a kötés folyamatában.

Jelezttem már, hogy a kémiai — tehát a bázikus és savanyú — gerjesztésen kívül a kohósalakok, kazánsalakok és pernyék feldolgozása történhetik *mechanikai gerjesztéssel* is. Ennek segítségével kapják a gerjesztett „beton“-t, melynek használatával a Szovjetunióban nagyon előmozdították az olcsó építkezést. Lényege abban áll, hogy a kohósalakot vagy a pernyét kollerjáraton nedvesen dolgozzák össze a gerjesztő anyaggal (mésszel, gipsszel, esetleg cementtel) és ezáltal lényegesen nagyobb kötőerejű anyagot kapnak. A módszert az Építéstudományi Intézet már kipróbálta és kísérleti üzemeiben alkalmazza.

Újabban a Hejőcsabai Cementgyárban *Pogjár László* és *Nagy István* dolgoztak ki receptet és technológiát ezzel a módszerrel téglá vagy egyéb építő-

elemek gyártására. Még nem ellenőrzött gazdasági számítások szerint a gyártás előnyösnek és a termékek jóminőségűnek mutatkoztak.

A kazánsalakból és pernyéből nagyjábani becslés szerint hazánkban kb. 1 000 000 tonna gyúlik össze évenként. Feldolgozása és értékesítése éppen olyan sürgős feladattá vált, mint a kohósalaké. Eddig az Építéstudományi Intézet foglalkozott evvel a legrendszeresebben és legalaposabban. Megvizsgálta az ország különböző helyein összegyűlt pernyéket kémiai analízis a trasz-szabvány szerinti kötési szilárdulás és az épületelemmé váló feldolgozhatóság szempontjából. Sorozatos kísérleteket végeztek a szilárdítás mindhárom módjával 1. szobahőmérsékleten, 2. 80°-os párás térben és 3. a 8 atm. gőznyomású autoklávban a mészhomok-téglagyártás analógiája szerint. Felhasználták ezzel kapcsolatban a Szovjetunióban elterjedt Szmirnov-féle örölt oltatlan égetett mészpor alkalmazását, valamint a Kühl-féle szulfátos gerjesztést és az említett mechanikai-gerjesztés módszerét is. Különösen a porózus (kömnyű) épületelemek gyártását kísérletezték ki födémbélestestre, falazóblokkokra és a laboratóriumi vizsgálatok alapján az ország több helyén kísérleti üzemeket létesítettek. A kísérletek még folyamatban vannak. Sokféle nehézség merül fel, ami új kezdeményezésnél elkerülhetetlen.

Reméljük azonban, hogy a magyar mérnökök tudása, leleményessége, ami világviszonylatban is mindig megállta a helyét, meg fogja oldani a problémákat, hogy építőiparunk szükségletét kielégítse és a jelentékeny nemzeti vagyont képező hulladékanyagokat megfelelően értékesítse.

## A szemszerkezet és az alkalmazott legnagyobb szemnagyság hatása a beton szilárdságára

SZIKSZAY GERŐ

Az új 5 éves terv beindítása és a dolgozók korszerű és emellett olcsó lakással való ellátása érdekében a cementszükséglet újabb jelentős emelkedésével kell számolnunk és ezért mind nagyobb súlyt kell helyeznünk a cementtakarékosságra.

Az elmúlt évek folyamán sok szó esett arról, hogy megfelelő szemnagyságú, jó szemszerkezet alkalmazása jelentős mértékű cementmegtakarítást eredményez. A Magyar Tudományos Akadémia Közleményeinek XI. kötet 1—2. számában *dr. Palotás László* műegyetemi tanár közölt — hazai vonatkozásban tudomásunk szerint először — részletes adatokat arra vonatkozóan, hogy a szemszerkezet javítása, ill. a finomsági modulus emelése hazai cementek esetén milyen mértékű cementmegtakarítást eredményez.

Minden alkalmat meg szeretnénk ragadni annak érdekében, hogy az illetékesek figyelmét felhívjuk az osztályozó-művek létesítésének fontosságára és ezért számszerűen is rá szeretnénk mutatni azokra a nagy lehetőségekre, melyek abból

adódhatnak, ha az építkezéseknél osztályozott adalékanyag és megfelelő mérőberendezések állnának rendelkezésre.

Ennek érdekében úgy gondoljuk, általános érdeklődésre számíthat egy részletes kísérletsorozat kivonatos ismertetése, a *Beton- und Stahlbetonbau* c. folyóirat 1954. februári cikke alapján. Az ismertetés után röviden rámutatunk az eredmények kihasználásának lehetőségeire.

### I.

#### A beton szilárdságának biztosítása a legnagyobb szemnagyság csökkentése esetén

Kivonatos fordítás a „*Beton- und Stahlbetonbau*“ 1954. évi februári számából  
*Seidel*: Über die Änderung der Druckfestigkeit des Betons bei Herabsetzung des Größstkornes

Vasbeton-készítés alkalmával gyakran válik szükségessé az adalékanyag legnagyobb szem-



nagyságának 30 mm-ről 15, sőt 7 mm-re való csökkentése.

Folyamatos szitagörbék esetén — mint ismeretes — a legnagyobb szemmagyság csökkentésének 2 módja van.

Az első esetben az elhagyott szemmagyságok helyett a legközelebbi kisebb szemmagyság mennyiségét növelik a finom anyagok mennyiségének változtatlanul hagyása mellett.

A második esetben az alacsonyabb szemmagyságnak megfelelő folyamatos szemszerkezetet választják.

Az alábbi kísérleteknél mindkét lehetőséget vizsgálat tárgyává tették. Alapul szolgáltak a DIN 1045 sz. szabvány szerinti „D”, „E” és „F” szemszerkezet, melyeknél a legnagyobb szemmagyság 30 mm, továbbá az „A”, „B” és „C” görbe szerinti szemszerkezetek, melyeknél a legnagyobb szemmagyság 7 mm. Mint ismeretes, a „D” és az „A” görbe az elsőrangú, az „E” és a „B” görbe a használható és az „F” és a „C” görbe a rossz szemszerkezetek jelzésére szolgál. 15 mm-es szemmagyságra hasonló görbéket szerkesztettek és ezeket „AD”, „BE” és „CF” betűkkel jelezték.

Ezeket a szemszerkezeteket kiegészítették olyanokkal, melyeknél a 15/30, illetőleg a 7/30 mm-es szemcsoportokat elhagyták és azokat 7/15, illetve 3/7 mm-rel pótolták. Az így előállított 0/15 szemszerkezetet D' E' F' és a 0/7 mm-est D'' E'' F'' jelzéssel látták el. Az így előállított 15-féle szemszerkezet összetételét az 1. táblázatban és a szitagörbéket az 1. ábrán mutatjuk be.

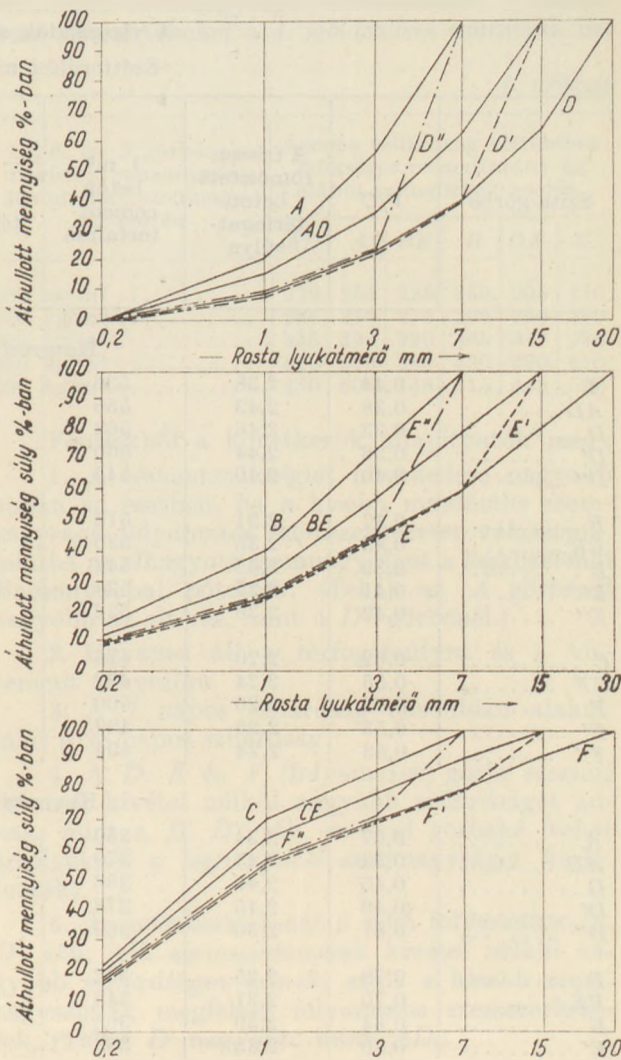
1. táblázat

A felhasznált homokos kavcsok szemszerkezete

A szitagörbe megnevezése	0—0,2 mm %	0,2—1 mm %	1—3 mm %	3—7 mm %	7—15 mm %	15—30 mm %
A .....	2	18	36	44	—	—
AD .....	1,5	12,5	22	26	38	—
D .....	1	7	14	18	23	37
D' .....	1	7	14	18	60	—
D'' .....	1	7	14	78	—	—
B .....	15	25	32	28	—	—
BE .....	12	20	25	22	21	—
E .....	9	15	19	17	22	18
E' .....	9	15	19	17	40	—
E'' .....	9	15	19	57	—	—
C .....	21	49	17	13	—	—
CF .....	19	44	15	12	10	—
F' .....	17	39	14	10	12	8
F' .....	17	39	14	10	20	—
F'' .....	17	39	14	30	—	—

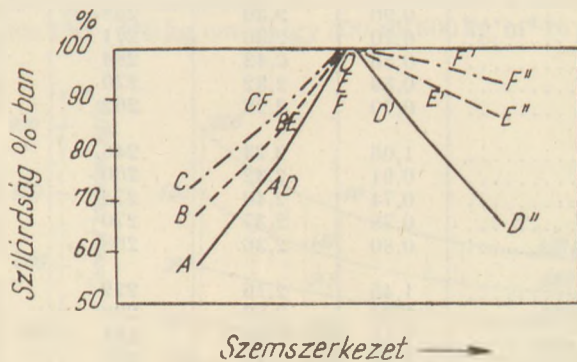
A keverési arányt 1 : 3 és 1 : 9 súlyarány között változtatták, vagyis a cementadagolás 570—200 kg/m<sup>3</sup> beton között változott.

A beton bedolgozhatóságát (konzisztenciáját) a fő kísérleteknél állandónak tartották, úgy, hogy a „szétterülési mérőszám” 42 és 45 cm között volt. Ennek megfelelően változott a vízcementtényező és — a keverék vízmennyiség törvényszerűséggel azonos módon — a szilárdság, amit 10 cm élhosszúságú kockákon mértek. A próbakockákat



1. ábra

szabványos módon készítették és érlelték. Kötőanyagul tiszta portlandcementet használtak. Minden egyes vizsgálatnál megállapították a vízmennyiséget, a vízcementtényezőt, a térfogat-



2. ábra

súlyt és a cementmennyiséget 1 m<sup>3</sup> tömörbetonra vonatkozóan. Törés előtt a megszilárdult beton térfogatsúlyát is megállapították. Az így kapott 7 és 28 napos értékeket a 2. táblázatban mutatjuk be.



## A vizsgálatok adatai és eredményei

2. táblázat

Széttérülési mérőszám 42/45 cm

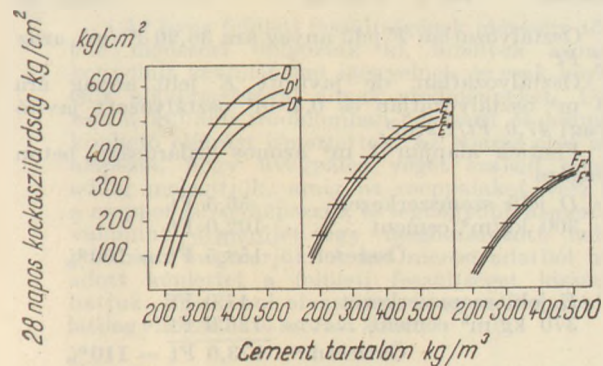
Szita-görbe	V/C	A frissen tömörített beton térfogat-súlya	1 m <sup>3</sup> beton cement-tartalma	7 nap után		28 nap után	
				térfogat-súly	nyomó-szilárdság	térfogat-súly	nyomó-szilárdság
Keverési arány 1 : 3.							
A .....	0,44	2,38	536	2,38	403 (76)	2,33	495 (77)
AD .....	0,38	2,43	555	2,43	416 (79)	2,36	580 (90)
D .....	0,33	2,46	568	2,46	530 (100)	2,40	645 (100)
D' .....	0,36	2,44	560	2,44	454 (86)	2,38	590 (92)
D'' .....	0,40	2,40	545	2,40	420 (79)	2,34	537 (83)
B .....	0,47	2,31	516	2,31	330 (86)	2,23	434 (82)
BE .....	0,43	2,35	530	2,35	353 (92)	2,31	483 (91)
E .....	0,39	2,39	544	2,39	383 (100)	2,35	530 (100)
E' .....	0,41	2,37	538	2,37	383 (100)	2,31	505 (95)
E'' .....	0,42	2,36	532	2,35	362 (95)	2,31	480 (91)
C .....	0,62	2,20	476	2,20	177 (74)	2,10	274 (78)
CF .....	0,55	2,24	492	2,22	205 (87)	2,16	307 (87)
F .....	0,52	2,26	500	2,26	238 (100)	2,20	353 (100)
F' .....	0,53	2,25	497	2,24	230 (97)	2,20	347 (98)
F'' .....	0,53	2,24	494	2,22	225 (95)	2,17	340 (96)
Keverési arány 1 : 5.							
A .....	0,67	2,34	350	2,34	160 (45)	2,27	335 (63)
AD .....	0,54	2,41	370	2,42	266 (74)	2,35	443 (84)
D .....	0,45	2,49	386	2,47	358 (100)	2,43	530 (100)
D' .....	0,49	2,45	378	2,45	269 (75)	2,39	474 (90)
D'' .....	0,57	2,36	360	2,34	178 (50)	2,29	400 (76)
B .....	0,78	2,25	332	2,26	151 (60)	2,18	284 (71)
BE .....	0,70	2,31	345	2,34	192 (76)	2,26	350 (88)
E .....	0,54	2,39	365	2,41	254 (100)	2,36	400 (100)
E' .....	0,60	2,35	356	2,39	229 (90)	2,33	387 (97)
E'' .....	0,63	2,35	355	2,37	210 (83)	2,29	360 (90)
C .....	1,00	2,13	305	2,14	84 (65)	2,01	163 (75)
CF .....	0,90	2,19	318	2,16	107 (82)	2,03	186 (86)
F .....	0,84	2,21	324	2,24	130 (100)	2,13	217 (100)
F' .....	0,84	2,20	322	2,24	126 (97)	2,13	215 (99)
F'' .....	0,88	2,20	320	2,23	117 (90)	2,09	210 (97)
Keverési arány 1 : 7.							
A .....	0,90	2,30	258	2,28	83 (33)	2,20	160 (45)
AD .....	0,70	2,36	271	2,37	158 (63)	2,29	255 (72)
D .....	0,56	2,43	284	2,41	251 (100)	2,38	354 (100)
D' .....	0,59	2,32	270	2,30	184 (73)	2,22	280 (79)
D'' .....	0,70	2,28	262	2,24	130 (52)	2,12	194 (55)
B .....	1,06	2,23	246	2,21	75 (51)	2,08	146 (51)
BE .....	0,91	2,32	260	2,31	102 (69)	2,21	220 (77)
E .....	0,74	2,40	275	2,39	148 (100)	2,28	285 (100)
E' .....	0,78	2,37	270	2,37	125 (85)	2,27	260 (91)
E'' .....	0,80	2,36	268	2,36	110 (74)	2,27	240 (84)
C .....	1,45	2,16	229	2,14	42 (75)	1,98	80 (73)
CF .....	1,24	2,20	238	2,19	48 (86)	2,02	95 (86)
F .....	1,17	2,24	244	2,24	56 (100)	2,07	106 (100)
F' .....	1,18	2,23	243	2,23	54 (97)	2,07	104 (95)
F'' .....	1,19	2,22	242	2,21	50 (89)	2,04	100 (91)

A zárójelben lévő számok középértékei :

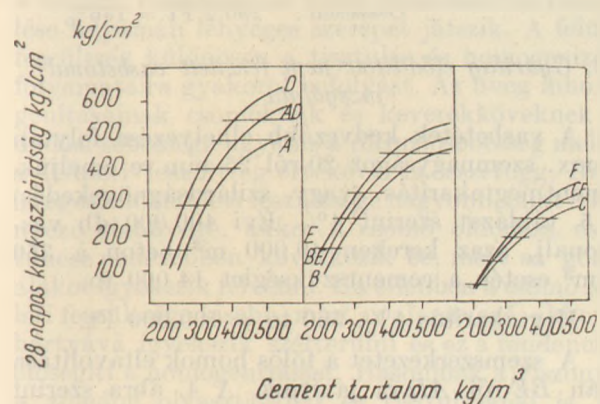
A .....	57	B .....	67	C .....	73
AD .....	76	BE .....	82	CF .....	86
D .....	100	E .....	100	F .....	100
D' .....	82	E' .....	93	F' .....	97
D'' .....	66	E'' .....	86	F'' .....	93



A táblázat eredményeit könnyebb áttekinthetőség céljából diagrammokban is felrajzoltuk és ezeket a 2., 3. és 4. ábrán mutatjuk be.



3. ábra



4. ábra

A 2. ábrán feltüntettük, hogy abban az esetben, ha a *D*, *E* és *F* görbéknek megfelelő szemszerkezetekkel kapott szilárdsági értékeket 100-nak vesszük, hogyan változik százalékosan a szilárdság a többi szemszerkezet esetén.

A 3. ábrán feltüntettük az azonos szilárdság eléréséhez szükséges cementarány változását abban az esetben, ha a 15/30, illetve a 7/30 szem nagyságot 7/15, illetve 3/7 mm-el pótoljuk. Az értékeket számszerűen a 3. táblázatban adjuk meg.

3. táblázat

<i>D</i> , <i>E</i> és <i>F</i> görbéknek megfelelő cementarány 30 mm max. szem nagyság esetén	Azonos szilárdság eléréséhez szükséges cementarány az alábbi szitagörbék esetén					
	<i>D'</i>	<i>D''</i>	<i>E'</i>	<i>E''</i>	<i>F'</i>	<i>F''</i>
200 kg/m <sup>3</sup> .....	225	250	207	215	205	210
250 kg/m <sup>3</sup> .....	275	300	260	270	255	260
300 kg/m <sup>3</sup> .....	330	365	315	330	305	310
350 kg/m <sup>3</sup> .....	390	445	370	390	357	365
400 kg/m <sup>3</sup> .....	460	550	425	455	407	415

A 4. diagramban feltüntettük, hogy hogyan változik az azonos szilárdság eléréséhez szükséges cementarány abban az esetben, ha folyamatos szemszerkezetet, de 30 mm helyett 15, illetve 7 mm

maximális szem nagyságot alkalmazunk. A vonatkozó számértékeket a 4. táblázatban mutatjuk be.

4. táblázat

<i>D</i> , <i>E</i> és <i>F</i> görbéknek megfelelő cementarány 30 mm max. szem nagyság esetén	Azonos szilárdság eléréséhez szükséges cementarány az alábbi szitagörbék esetén					
	<i>AD</i>	<i>A</i>	<i>BE</i>	<i>B</i>	<i>CF</i>	<i>C</i>
200 kg/m <sup>3</sup> .....	230	255	225	250	205	210
250 kg/m <sup>3</sup> .....	285	315	275	305	260	270
300 kg/m <sup>3</sup> .....	345	395	330	365	317	335
350 kg/m <sup>3</sup> .....	410	500	380	430	370	410
400 kg/m <sup>3</sup> .....	480	600	445	515	445	530

Fentiekből a következők állapíthatók meg:

1. A cementszükséglet növekedése nagyobb abban az esetben, ha a kisebb maximális szem nagyságú folyamatos szemszerkezetet választjuk, mintha az elhagyott szem nagyságot a legközelebbi alacsonyabbal pótoljuk. (Tehát az *A* görbénél nagyobb az eltérés, mint a *D'* görbénél.)

2. Ugyanez áll a térfogatsúlyra és a vízcement tényezőre.

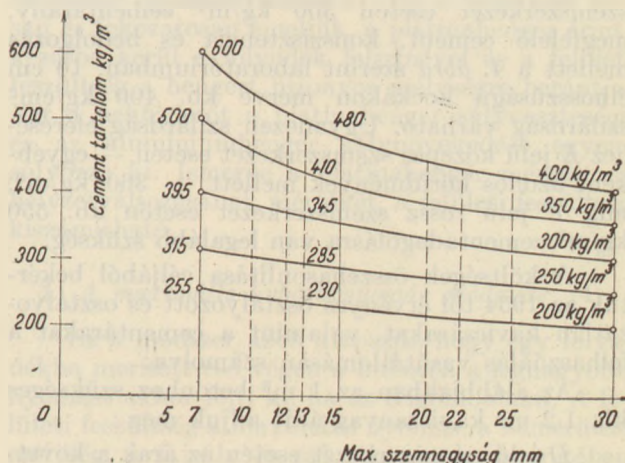
3. A 7 napos szilárdság hasonlóan alakul, mint a 28 napos szilárdság.

4. A *D*, *E* és *F* (folyamatos) görbe szerinti betonok kivétel nélkül nagyobb szilárdságot adnak, mint a *D'* *D''* stb. szerinti görbéké (tehát amelyeknél a legnagyobb szem nagyságot korlátozták).

5. Az utóbbiak, tehát a nem folyamatos *D'*, *D''* stb. jelű szemszerkezetek kivétel nélkül nagyobb szilárdságot adnak, mint a kisebb szem nagyságnak megfelelő folyamatos szemszerkezetek. (Tehát *D'* nagyobb, mint *AD*.)

6. A szilárdság csökkenése 15 vagy 7 mm-re való áttérés esetén legnagyobb a *D*, *D'* és *D''* görbékénél, kisebb az *E*, *E'* és *E''* görbékénél és legkisebb az *F*, *F'* és *F''* görbékénél.

7. Megállapítható továbbá, hogy a cementmennyiségnek 400-ról 500 kg/m<sup>3</sup>-re való növelésénél a szilárdság 60—80 kg/cm<sup>2</sup> értékkel nő. 250-ről 350 kg/m<sup>3</sup> cementarányra való áttérésnél a növekedés 130—180 kg/cm<sup>2</sup> és így 500-ról 600 kg/m<sup>3</sup>-re való



5. ábra



áttérés esetén mindössze mintegy 30—40 kg/cm<sup>2</sup> szilárdságnövekedéssel lehet számolni.

8. Fentiek szerint abban az esetben, ha például szűk vasalás, vagy kis betonkeresztmetszet a szemmagyság csökkentését kívánja, helyesebb a  $D'$   $D''$  stb. görbéket választani az  $AD$ ,  $A$  stb. görbék helyett.

9. Az 5. ábrában feltüntettük  $D$ ,  $AD$  és  $A$  jelű elsőrangú szemszerkezetek esetére a cementarány szükséges növelésének értékét, ha azonos szilárdságot kívánunk elérni, de a legnagyobb szemmagyságot csökkentenünk kell és végig folyamatos szemszerkezetet alkalmazunk. A csökkentés értékét az 5. táblázatban százalékosan összefoglaltuk.

5. táblázat

Szemmagyság csökkenés	A szükséges cementtöbblet %-a, ha a keverési arány, kg/m <sup>3</sup>		
	400	350	300
30 mm-ről 20 mm-re ..	11%	8,5%	8%
30 mm-ről 15 mm-re ..	19%	16%	16%
30 mm-ről 10 mm-re ..	37%	29%	25%
30 mm-ről 7 mm-re ..	50%	43%	32%
25 mm-ről 20 mm-re ..	5%	4%	4%
22 mm-ről 12 mm-re ..	18%	16%	14%
20 mm-ről 15 mm-re ..	8%	7%	7%

10. Fenti kísérleteket kiterjesztették hígabb konzisztenciájú, 50/52 cm szétterülési mérőszámmal bíró, valamint 1:9 keverési arányú betonokra és ezek a vizsgálatok fentiekkel azonos eredményt mutattak.

## II.

A következőkben a fenti kísérlet adatai alapján Ft értékekkel alátámasztott képet igyekszünk adni arra vonatkozóan, hogy 3 határozott esetben megfelelő szemszerkezet és szemmagyság alkalmazása milyen megtakarítást eredményez.

1. *Helyszínen előállított szerkezeti vasbeton vizsgálata*

30 mm-es max. szemmagyság és elsőrangú szemszerkezet esetén 300 kg/m<sup>3</sup> cementarány, megfelelő cement, konzisztencia és bedolgozás mellett a 4. ábra szerint laboratóriumban, 10 cm élhosszúságú kockákon mérve kb. 400 kg/cm<sup>2</sup> szilárdság várható. Ugyanezen szilárdság eléréséhez  $E$  jelű közepes szemszerkezet esetén — egyébként azonos körülmények mellett — 360 kg/m<sup>3</sup>, míg  $F$  jelű rossz szemszerkezet esetén kb. 550 kg/m<sup>3</sup> cementadagolásra van legalább szükség.

A költségek összehasonlítása céljából bekértük az 1954-től érvényes osztályozott és osztályozatlan kavicsárakat, valamint a cementárakat a felhasználás vasútállomásán számolva.

Az alábbiakban az 1 m<sup>3</sup> betonhoz szükséges kb. 1,2 m<sup>3</sup> kavicsanyag árát adjuk meg:

$D$  jelű szemszerkezet esetén az árak a következők:

0—3 mm	22%	0,26 m <sup>3</sup>	55,20 Ft/m <sup>3</sup>	14,4 Ft
3—7 mm	18%	0,21 m <sup>3</sup>	47,20 Ft/m <sup>3</sup>	9,9 Ft
7—15 mm	23%	0,28 m <sup>3</sup>	45,40 Ft/m <sup>3</sup>	12,6 Ft
15—30 mm	37%	0,45 m <sup>3</sup>	43,50 Ft/m <sup>3</sup>	19,6 Ft
Összesen:	100%	1,20 m <sup>3</sup>	—	56,5 Ft

Osztályozatlan  $F$  jelű anyag ára 36,90 Ft/m<sup>3</sup>, azaz 44,2 Ft

Osztályozatlan, de javított  $E$  jelű anyag ára (0,8 m<sup>3</sup> osztályozatlan és 0,4 m<sup>3</sup> osztályozott javított anyag) 47,0 Ft/1,2 m<sup>3</sup>.

Fentiek alapján 1 m<sup>3</sup> azonos szilárdságú beton anyagára:

$D$ jelű szemszerkezet ..	56,5 Ft
300 kg/m <sup>3</sup> cement .....	102,0 Ft
Összesen:	158,5 Ft = 100%

$E$ jelű szemszerkezet ...	47,0 Ft
370 kg/m <sup>3</sup> cement .....	126,0 Ft
Összesen:	173,0 Ft = 110%

$F$ jelű szemszerkezet ..	44,2 Ft
550 kg/m <sup>3</sup> cement .....	186,0 Ft
Összesen:	230,2 Ft = 146%

2. *Gyárilag előállított nem fesztített vasbetonalj vizsgálata*

A vasbetétek kedvezőbb elhelyezése folytán a max. szemmagyságot 20-ról 25 mm-re emeljük. Cementmegtakarítás (vagy szilárdságnövekedés) az 5. táblázat szerint 4%. Évi 400 000 db vasbetonalj, azaz kereken 40 000 m<sup>3</sup> beton a 350 kg/m<sup>3</sup> esetén a cementszükséglet 14 000 to.

Megtakarítás 4%, 560 to = 190 000 Ft.

A szemszerkezetet a fölös homok eltávolítása útján  $BE$ -ről  $AD$ -ra javítjuk. A 4. ábra szerint 350 kg/m<sup>3</sup> és  $BE$  görbe esetén a szilárdság kb. 350 kg/cm<sup>2</sup>. Az  $AD$  görbe esetén ehhez kb. 310 kg/m<sup>3</sup> cementmennyiség szükséges.

Megtakarítás 13%, évi 1800 to = 600 000 Ft.

3. *Betonelemgyár*

Telepítési hely egy régebbi elgondolás szerint a Duna alsó szakasza mellett lett volna, ahol a max. szemmagyság 12 mm és a szemszerkezet rendkívül homokdús. Ha az évi kapacitást 60 000 m<sup>3</sup>-nek vesszük fel és a gyár 400 kg/m<sup>3</sup> cementadagolással dolgozik, az évi cementszükséglet 24 000 to.

Komáromkörnyéki telepítés esetén 22 mm-es max. szemmagysággal lehetne dolgozni. Az 5. táblázat szerint a megtakarítás 8%, évi 1900 to = 700 000 Ft lenne.

Fentiekhez hasonlóan számtalan példát lehetne még felsorolni. Ezekből az állapítható meg, hogy országos viszonylatban kb. 10% cementet, azaz egy teljes cementgyár kapacitását lehetne megtakarítani, ha mindenütt megfelelő szemszerkezetel dolgoznánk.

Az osztályozást az egyes munkahelyek általában nem tudják gazdaságosan megoldani, ezért ez elsősorban központi feladat. Megfelelő helyeken telepített korszerű osztályozó berendezésekre van tehát szükség, ahonnan az osztályozott anyag bármikor beszerezhető. Az osztályozás kérdésével és a korszerű osztályozó művekkel egy későbbi cikk keretében fogunk részletesen foglalkozni.



# Üvegek és zománcok felületi feszültségének mérése

KNAPP OSZKÁR és KATONA GÁBOR\*

Az üveg felületi feszültségének mérésére többféle módszert dolgoztak ki, amelyek azonban bonyolult készülékeket igényelnek és csak korrekciók alkalmazásával adnak eredményeket. Újabban a külföldi irodalomban egyszerű és könnyen kivihető eljárást ismertettek. Az eljárás elve azon alapszik, hogy üvegpálca végét szabad lánggal addig melegítjük, amíg az cseppalakot vesz fel, a cseppet lefénnyképezzük és legnagyobb átmérőjét, valamint átmérőjét egy meghatározott helyen pontosan megmérjük. A két mérési adatból megadott képlettel a felületi feszültséget kiszámíthatjuk. Egy hazai olvasztású üveg mérési gyakorlatilag elfogadható szórást adott.

Az üvegyártás technológiáját tárgyaló műszaki könyvek ismertetései alapján tudjuk, hogy a felületi feszültség az üveg olvasztása és hőkezelése folyamán lényeges szerepet játszik. A felületi feszültség különösen a tisztulás és homogenizálás folyamataira gyakorol befolyást. Az üveg inhomogenitásainak csomóknak és keverékköveknek oldódási sebessége ugyanis a diffúziósebesség mellett a felületi feszültség értékével is összefügg. Ha az üvegesomó felületi feszültsége nagyobb, mint a környező alapüvegé, akkor a csomó oldódása és eltűnése nehezebben következik be, mert az gömbalakot igyekszik felvenni. Ha ellenben a csomó felületi feszültsége kisebb, mint az alapüvegé, akkor az hártává igyekszik szétterülni és ez a tendenciája elősegíti a homogenizálást. Hasonlóak a viszonyok a zománc olvasztásánál és tisztulásánál is. Ha fúvással készítünk üvegtárgyakat, akkor is a felületi feszültség következtében kapunk gömbalak felé törekvő alakzatot. Ezt a jelenséget értékesítjük az öblös és híradástechnikai üvegek gyártásánál.

Felületi feszültségen a folyadék felületének szabad energiáját értjük. A folyadék belsejében a részecskékre — molekulákra, atomokra, ionokra — minden oldalról átlagosan azonos erők hatnak. A folyadék felületén lévő részecskékre azonban az erők hatása különböző, azok eredője a folyadék belseje felé irányul és a felületet csökkenteni igyekszik. Ennek ellensúlyozására a folyadék belsejéből részecskék igyekeznek a folyadék felületére nyomulni, hogy annak felületét növeljék. Azt a munkát, amely ehhez szükséges, a felület egységére vonatkoztatva felületi feszültségnek nevezzük. Mértékegysége a dyn/cm.

Üvegfolyadék felületi feszültségének mérésére többféle módszert dolgoztak ki, amelyeket az alábbiakban ismertetünk.

## 1. A cseppsúly módszer

Egy csőből vagy pálca felületéről lecspepülő üvegcsepp súlya arányos a cső vagy pálca sugarával és a felületi feszültséggel. Ha az arányossági tényezőt egységnek vesszük, az ily módon kapott értékek igen alacsonyak. Ezért az eljárást módosították és az üveget olyan téglében hevítették,

amelynek az alján kör alakú lyuk volt. A csepp súlyából, legnagyobb sugarából és a lyuk sugarából a felületi feszültséget ki lehet számítani. Az így kapott értékek azonban az előző eljárás eredményeivel összehasonlítva túlzottan magasak, az eljárás tehát csak összehasonlításra alkalmas.

A cseppsúly-módszert szovjet tudósok részletesen kidolgozták (2). Különleges alakú platina-tölcsér nyílásának nagyságát kúpos dugóval lehet szabályozni. A tölcsért kemencébe helyezik, amelynek két szemközti oldalán csillámlemez megfigyelő ablakok vannak. Az ablakon keresztül a tölcsér nyílásán függő olvadékcsepp megnagyított körvonalait lefénnyképezik. A csepp súlya, térfogata és maximális sugara, valamint egy kísérleti úton meghatározandó korrekciós tényező ismeretében a felületi feszültség kiszámítható.

## 2. A szálnyúlásos módszer

Ezt az eljárást üvegszál zsugorodásnak és hosszabodásnak megfigyelése alapján szovjet kutatók dolgozták ki (5). Ha függőleges helyzetű üvegszálát hevítünk, a következőket figyelhetjük meg: Hőtágulás következtében először a szál meghosszabodik, majd összehúzódik a felületi feszültség hatására, végül újra hosszabodik a nehézségi erő miatt. A szál átmérője összehúzódáskor nagyobbodik és akkor maximális, mielőtt a második hosszabbodás megkezdődik. Ha lemérjük a szál súlyát a hevített résztől a szál aljáig és a szál sugarát, akkor a felületi feszültséget ki lehet számítani. Az eljárás azonban a szakirodalom szerint általában alacsony értéket ad és aránylag pontatlan.

## 3. Hengerbehúzó módszer (3)

Kemencébe helyezett platinacsészében a vizsgálandó üveget megolvasztjuk. Az olvadék felett platinahenger függ, amely analitikai mérleg egyik karjára van akasztva. A mérleg másik karját paraffinolajba részben bemerülő alumíniumhengerrel egyensúlyozzuk ki. Ha a kemencét lassan és fokozatosan emeljük, a platinahenger érintkezésbe kerül a folyadék felszínével és a felületi feszültség a hengert bizonyos mélységre berántja. Ezt a behúzóerőt a platinahenger súlyvesztése és az alumíniumhenger súlynövekedése egyensúlyozza ki. Ismerye a platinahenger méretét és helyzetváltozásának mértékét, a felületi feszültség kiszámítható.

## 4. A maximális buboréknyomás módszere (4)

Ez a módszer azon alapszik, hogy egy folyadékba merített cső végén a buborék a legnagyobb nyomást akkor fejt ki, ha az félgömb alakú. A felületi feszültség a maximális nyomás, a bemerülési mélység, a fajsúly és cső sugarának ismeretében meghatározható.

\* Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet.







Barteltt 10 évvel megelőzve kidolgozták. Eljárásukat matematikailag is megalapozták. A kialakult cseppet két adat jellemzi, legnagyobb átmérője, valamint egy kiválasztott síkban mért átmérője. E két mérettel a csepp alakja megközelítőleg meghatározott. Az utóbbi átmérő síkját célszerűségi szempontból úgy állapították meg, hogy a csepp végétől való távolság egyenlő a legnagyobb átmérő értékével. A csepp alakját és a két jellemző átmérőt elvileg az 1. ábrán mutatja. A legnagyobb és a kiválasztott átmérők viszonya tehát a csepp alakjára jellemző érték.

$$S = \frac{d_v}{d_m}$$

ahol  $d_v$  a kiválasztott síkban mért és  $d_m$  a maximális átmérő.

Andreas és munkatársai oly koordináta rendszerbe helyezik, amelynek origója abban a pontban van, ahol a csepp forgástengelye és felülete egymást metszik; a csepp görbületi sugarát  $b$ -vel jelölik és bevezetnek két másik jelölést, amely szerint

$$\beta = \frac{gob^2}{\gamma} \text{ és } H = \beta \left( \frac{d_m}{b} \right)^2$$

ahol  $g$  a nehézségi gyorsulás,  $\sigma$  a levegő és a csepp relatív sűrűsége és  $\gamma$  a felületi feszültség

Andreas és munkatársai megállapították, hogy  $H$  és  $S$  a csepp alakjának függvénye.

$$H = f\left(\frac{d_v}{d_m}\right) = f(s)$$

Ezek az adatok birtokában a felületi feszültség

$$\gamma = \frac{g \cdot \sigma (d_m)^2}{H}$$

Az egyenlet és a felületi feszültség mértékszámát pontosan adja meg. A  $H$  függvényt matematikai úton meg lehet állapítani, annak számítási módja azonban meglehetősen bonyolult. Andreas és munkatársai ezért az  $S$  és  $1/H$  függvényt empirikusan megállapították és értékeit táblázatba állították. Az 1. táblázatban összegyűjtött értékek a csepp képződésének hőfokára, azaz első megközelítéssel a Littleton-féle lágyulási pont értékére vonatkoznak. Magasabb hőfokon a felületi feszültség értékei átlagosan 100 C°-onként 4 dyn/cm-rel csökkennek (8).

Üveg felületi feszültségének megállapítására a függőcsepp módszert választottuk egyrészt azért, mert ez a módszer nem kíván bonyolult és nehezen beszerezhető berendezést, másrészt, mert a szakirodalom szerint ezt a módszert megbízhatónak tarthatjuk. Más módszerekkel ugyanis különböző kutatók mérései azonos összetételű üvegekre erősen eltérő adatokat találtak. Így (9) egy 74% SiO<sub>2</sub>, 16 Na<sub>2</sub>O%, 10% CaO összetételű üveg felületi feszültségének mérései a hengerbehúzó módszerrel 163 és 260 din/cm közötti értékeket adtak, tehát az eltérés ±23%. A cseppsúly módszer nátrium-kalcium üvegre (2) 150—450 din/cm közötti értékeket adott, az eltérés tehát ±50%. Ezzel szemben a függőcsepp módszere — mint

később részletezzük — ±15% eltérést mutatott, és ez az eltérés a csepp gondosabb kiképzésével még csökkenthető. A módszer előfeltétele csak az, hogy a megfelelő alakú csepp készítését elsajátítsuk.

A vizsgálat kivitele a következőképp történt: Bunsen-állványban függőlegesen felfüggesztett üvegpálca végét szúrólánggal addig melegítjük, amíg a keletkezett csepp felvette megfelelő alak-



2. ábra

ját. Ha a pálcát nem legalsó részén, hanem feljebb hevítjük, akkor a csepp nem alkalmas a megfelelő méretek megállapítására. Feljebb hevítve ugyanis a hevítés helyén az üveg viszkozitása lényegesen csökken és a hevítés helye alatti részen súlya miatt fokozatosan megnyúlik és lecseppen. Ha a hevítés nem megfelelő, újabb zavaró körülmény lép fel, mert a csepp hossz tengelye és a pálca tengelye eltérnek egymástól és a mért adatok helytelen eredményeket adnak.

2. táblázat

$d_m$ cm	$d_v$ cm	dyn/cm	Átlag
0,4377	0,4112	172	177
0,4439	0,4144	180	
0,4423	0,4147	176	
0,4411	0,4110	179	
0,4299	0,4142	154	149
0,4218	0,4100	144	
0,4306	0,4092	161	160
0,4276	0,4057	159	
0,4239	0,4051	153	160
0,4304	0,4038	167	
0,4138	0,3961	146	146
0,4152	0,3962	146	
0,4095	0,3992	134	131
0,4037	0,3962	128	
0,4064	0,3933	135	133
0,4104	0,3966	130	
0,4123	0,3968	142	145
0,4222	0,4081	147	
0,4098	0,3919	143	140
0,4099	0,3968	137	
0,4155	0,4035	134	138
0,4140	0,4002	141	
0,4270	0,4150	147	150
0,4261	0,4081	152	



Abból a célból, hogy a csep alakját és annak helyes kivitelét meg tudjuk itélni, és hogy a két mérendő értéket pontosan tudjuk meghatározni, a cseppet két, kb. 90°-kal elfordított, vagy több helyzetben le kell fényképezni. A leképzést pontszerű fényforrásból, kondenzoron keresztül fényérzékeny brómezüst fotopapírra fektetett mintán végezzük. A csepp széle, mint az a 2. ábrán látható, élesen jelentkezik, amiért is felesleges a mintát tussal vagy festékekkel befesteni. A fényképen a méreteket hajszálkeresztmetszettel és nóniuszos tárgyasztallal ellátott mikroszkóppal állapítjuk meg.

Abból a célból, hogy a függőcsepp módszer hibahatárát megállapítsuk, ugyanazon pálcából egymás mellett fekvő helyekről mintákat készítettünk és felületi feszültségüket meghatároztuk. A mérések eredményeit a 2. táblázat foglalja

össze. E táblázat alapján a mérések eltérése  $\pm 15\%$ .

A függőcsepp-módszer tehát gyakorlatilag elfogadható értékeket ad, nem kíván bonyolult készüléket vagy hosszadalmas számításokat. E módszerrel úgy az üvegek, mint a zománcok felületi feszültsége meghatározható.

#### IRODALOM

- (1) *Harkins és Brown*: J. Amer. Chem. Soc., 38, 1916, 246 oldal, 41. 1919, 499 oldal.
- (2) *Jevsztropjev és Toropov*: A szilícium kémiája, 1951.
- (3) *Lenard*: Annal. d. Phys., 74, 1924, 381 oldal; *Macy*, J. Chem. Educ., 12, 1935, 573 oldal.
- (4) *Vidars, Sugden és Bell*: J. Soc. Glass Techn., 18, 1933, 224 oldal.
- (5) *The Glass Ind.*, 1952, 453 oldal.
- (6) *Anal. d. Chem.*, 1948, 1182 oldal.
- (7) *J. Phys. Chem.*, 1938, 1001 oldal.
- (8) *Dietzel*: Sprechsaal, 1942, 82 oldal.
- (9) *Kilajgorodszkij*: Üvegtechnológia, 1951.

## Országos Építőipari Tanácskozás

### Szokup Lajos miniszterhelyettes elvtárs hozzászólása

Az építőanyagipar, amint beszómolójában Szijártó elvtárs említette, az elmúlt évi tervét nem teljesítette. A lemaradás miatt súlyos hiány volt szinte egész éven keresztül cserépben, mészen, építőkőben, valamint porcelánedényben és üvegarúban.

Hozzászólásomban egy-két olyan kérdéssel kívánok foglalkozni, amely a külső okokon kívül nagymértékben hozzájárult az anyagipar múlt évi lemaradásához és amely problémák megoldása egyben feltétele az ezévi tervünk teljesítésének is.

Az egyik ilyen kérdés a munkafegyelem terén meglévő hiányosságok. A múlt évben az anyagiparban igen súlyosan jelentkezett a munkaerőhiány. A finomkerámiaipar kivételével egyik iparágban sem tudtuk egész éven keresztül a szükséges létszámot biztosítani. A feladat az lett volna, hogy a meglévő létszámmal jól gazdálkodjunk és a lehető legjobban használjuk ki a terv teljesítése érdekében.

Ezzel szemben a múlt évi eredmények azt mutatják, hogy a munkaidő kihasználása csak a cementiparban javult, a többi iparágban visszaesett. Ennek az az oka, hogy üzeink egy részében a vezetők megalkuvó, liberális magatartása miatt elszaporodott a lógás, nőtt az igazolatlan mulasztók száma és nőtt az önkényesen kilépők száma is. A téglaiiparban 20%-kal, a cementiparban 30%-kal, a kő-kavicsiparban 25%-kal, az üvegiparban 80%-kal és a finomkerámiaiparban 50%-kal nőtt az igazolatlanul mulasztott napok száma 1953-hoz képest.

Az önkényesen kilépők arányának növekedése még rosszabb képet mutat. Súlyosbította a helyzetet az, hogy a kilépők, vagy igazolatlan mulasztók munkájának elmaradása mellett akadályozva volt sokszor egy prés, vagy brigád egy, vagy több napi munkája. A fegyelemsértők ellen

az eljárás a legtöbb esetben elmaradt és általában azon a címen, hogyha felelősségre vonást alkalmazunk, elhagyják az üzemet és még nagyobb lesz a munkáshiány.

Ennek ellenkezőjét megmutatta a Bécsi-úti Téglaárban történt eset, ahol egyszer a bányászok nagyrésze elment, mert az ott folyó bérézési szabálytalanságokat megszüntettük. A vállalat vezetői kitarítottak a helyes álláspont mellett és a bányászok néhány nap múlva — egy-két kivételével — visszajöttek. Vagy ugyanitt előfordult, hogy a művezetőnek megtagadták a nehezebb munka végzését. Az igazgató nem alkalmazott szinte egy esetben sem felelősségrevonást. Ugyancsak arra való hivatkozással, hogyha felelősségrevonást alkalmaz, otthagynak a dolgozók az üzemet és nem tud a helyükre kit állítani. Amikor az új igazgató első esetben elbocsátotta azt, aki a munkát megtagadta, ez a jelenség megszűnt és a gyár munkája is jelentősen megjavult.

Hiba lenne azonban nem látni azt, hogy a fegyelmetlenséget, a munkafegyelem romlását nagymértékben elősegítik a munka szervezése, a műszaki feltételek biztosítása terén meglévő hibák. A múlt évi létszámihiány például nagyrészt annak tudható be, hogy a nagyjavításokkal elkéstünk, a dolgozókat ezeken a helyeken időbérben foglalkoztattuk és emiatt az év elején az átlagkereset rendkívül alacsony volt. Ezért sok olyan munkás, aki a telet nálunk töltötte, tavasszal otthagya a vállalatot és elment az iparból.

Ez évben a jobb időjárásán kívül a nagyjavítások időbeni elvégzése, a műszaki feltételek biztosítása lehetővé tette, hogy a múlt évhez képest a keresetek mintegy 15—20%-kal emelkedjenek.

Természetesen ennek megfelelően, sőt ennél nagyobb mértékben emelkedett az egy főre eső termelési érték is. Ennek tudható be részben, hogy



lényeges elvándorlás az iparból nem volt, másrészt a létszámfeltöltés eddig nem ütközött komolyabb nehézségbe az idényjellegű iparágaknál sem.

Ahhoz, hogy a munkafegyelem terén javulást érjünk el, biztosítani kell a folyamatos munka feltételeit, a fegyembontók ellen pedig az állandó elvi és felvilágosító munka mellett adott esetben nem szabad visszariadni egyéb rendszabályok alkalmazásától sem. Olyan légkört kell teremteni üzemeinkben, hogy a lógást, a naplopást dolgozóink megbélyegezzék.

A második kérdés, amivel foglalkozni kívánok, a *termelékenység*. Az anyagiparban, amint azt a beszámoló is tartalmazta, a termelékenység 1954-ben az előző évhez viszonyítva visszaesett. Termelékenységi előirányzatát az iparágak közül egyedül a cementipar teljesítette. Amíg az egy főre eső termelési érték 3,5%-kal visszaesett, ugyanakkor az átlagbér 9%-kal emelkedett.

„Az olyan béremelkedés, amelyet nem követ a termelés egyidejű emelkedése, nem képezheti az életszínvonal emelkedésének szilárd alapját.“ Ezt leszögezte a Központi Vezetőség március 2—4-e között megtartott ülésének határozata. Ezért egyik legfontosabb feladatunkat kell, hogy képezze ez évben a termelékenységi előirányzatunk maradéktalan teljesítése. Ennek érdekében biztosítani kell a gépek, a termelőberendezések maximális kihasználását.

1954-ben a gépek állásideje minden iparágban növekedett. Ez adódott az I—IV. negyedévi energia- és szénellátási-zavarokból, de hozzájárultak egyéb belső szervezési és műszaki hibák is. Mint pl. a nagyjavítások elhúzódása, minőségileg nem kielégítő elvégzése és a megelőző karbantartás hiányosságai.

A legnagyobb volt az állásidő növekedése a téglaiiparban. A téglapréseknél 8000 órával, a cseréppréseknél pedig 14 000 órával emelkedett az állásidő száma 1953-hoz viszonyítva.

Ha az állásidőt az 1953-as szinten tudtuk volna tartani, akkor mintegy 20 millió nyerscseréppel és 35—40 millió nyerstéglával gyárthatunk volna többet.

Az állásidő ilyen mérvű növekedésének oka a munka megszervezésének hiánya, másrészt pedig a bérezés mai formája is hozzájárult. Eléggé elterjedt volt az a jelenség, hogy úgy próbáltak magasabb teljesítményszázalékot elérni, hogy a valóságnál nagyobb állásidőt írtak be és ezáltal a teljesítményszázalék növekedett. Ezt ott lehetett megcsinálni, ahol a gyárvezető, vagy a művezető nem ellenőrizte megfelelően a munkát.

A magas teljesítményszázalék folytán a bérek emelkedtek, ugyanakkor a termelés visszaesett. Pl. a *Bécsi-úti Téglagyárban* 1953-ban a 100,— forint termelésre eső össz-bér 46 forint volt. 1954-ben 62,— Ft.

A *Vasmegyei Téglagyári Egyesülésnél* ugyancsak a 100,— forint termelésre eső össz-bér 63,— forint, 1954-ben 82,— forint.

A másik oka a termelékenység visszaesésének a munkaszervezés hiánya, amely főleg a hely hiányában jelentkezett, nem volt biztosítva a folyamatos munka. A téglaiipari elvtársak tudják, hogy ez sok-

szor abból adódott, hogy az égetők közléről szívesebben hordták be a nyerstéglát, mert így nagyobb volt a teljesítményszázalék. Ugyanakkor a prések álltak helyhiány miatt.

A munkafegyelem megszilárdítása, de a termelékenység emelése is megköveteli, hogy rendet teremtsünk a bérezés terén, megszigorítsuk a bérfegyelmet és szigorúan fellépjünk a bércsalások ellen. Csak így tudjuk a bérek és a termelés helyes arányát biztosítani.

A tapasztalat azt mutatja, hogy ezen a téren hiba van a munka átvételénél is. Nincs megszervezve a munkák átvétele megbízhatóan. Időnként igen nagy hiányok jelentkeznek a nyersgyártás és a befejező munkálatok között. Pl. a *Hollóházi Kerámiagyárban* 40 000 db bögre tűnt el, amiért a nyersgyártási bért kifizették.

A *Budapesti Porcelángyárban* 50 tonna cseréptért fizettünk bért, amit valószínű le sem gyártottak.

*Békéscsabán* a II. gyárban 100 000 darab nyerstégla-hiány miatt kellett megindítani az eljárást a gyárvezető és a művezetők ellen.

A Miskolci Üvegyárban 5000.— forint bért fizettek ki el nem végzett munkáért és még számos hasonló példát lehetne sorolni. Ezek a példák azt mutatják, hogy valamennyi iparágban ki kell dolgozni a megbízható és pontos munkaátvételt.

Nemcsak rossz példák vannak. Különösen ebben az évben valamennyi iparágban javulás tapasztalható. Előzetes jelentések szerint az anyagiparban az egy főre jutó termelési érték 1954 első negyedéhez viszonyítva, mintegy 34%-kal emelkedett.

A legjelentősebb volt az emelkedés a kő- és kavicsiparban, ahol a múlt évhez viszonyítva az egy főre eső termelési érték 53%-kal emelkedett. Ezzel az eredménnyel túlszárnyalta az eddigi legjobb évek első negyedévi eredményeit is.

Ugyancsak jó eredményt ért el a mész- és cementipar, ahol az elmúlt év első negyedéhez viszonyítva az egy főre eső termelés 43,6%-kal emelkedett.

Jelentősen túlteljesítette a termelési mutatóit a többi iparág is. Ahhoz azonban, hogy ezeket az eredményeket éves szinten is tartani tudjuk, biztosítani kell a berendezéseink maximális kihasználását a téglá és kő-kavics vállalatoknál. Ahol az adottság megvan, be kell vezetni a két műszakos termelést. Ez szükséges a téglaiiparban a nyersforduló készlet biztosításához. A kő- és kavicsiparban pedig a nyári szállítási lehetőségek teljes kihasználása miatt.

Szigorú ellenőrzést kell megvalósítani az állásidő elszámolása terén. Rendet kell teremteni a munkák átvétele terén, hogy a jelenlegi állapotot, mely lehetőséget ad a visszaélésekre, megszüntessük. Biztosítani kell a termelés ütemességét, hogy minden üzem a hó elejétől kezdve napról napra, dekádról dekádra teljesítse a tervét.

Ma előfordul még, hogy a hónap első felében vállalataink egy része 70—80%-ra teljesíti a tervet és a hó végén túlórák felhasználásával, rohammunkával hozzák be a hó elejei lemaradásokat.

Megnéztük a finomkerámiipar túlóra-fel-



használatát 1954 novemberében, amikor viszonylag ütemesen dolgozott és megnéztük az ütemesség szempontjából rossz januári és februári hónapot. A túlóra felhasználása az iparágnak januárban 50%-kal, februárban 30%-kal magasabb volt, mint 1954. novemberben. Ez amellett, hogy drágítja a termelést, a fokozott túlóra felhasználás miatt növekszik a selejt, a törés, romlik a minőség is, mert csak egy feladat áll mindenki előtt, a havi terv mennyiségi teljesítése.

De az ütemesség hiánya azt is jelenti, hogy a hó első napjaiban, vagy az első két hétben nem használjuk ki a meglévő kapacitást. Ilyen módszerrel sem a minőséget, sem az önköltséget nem tudjuk javítani.

Végül néhány szóval foglalkozni kívánok az építőanyagipar önköltségének alakulásával. A múlt évben jelentős veszteséggel dolgozott vállalataink nagyrésze. A veszteség nagyrésze azokból a hiányosságokból adódott, amelyekkel a munkafegyelem, a termelékenység, a bérfejelem és az ütemes termelés kérdésénél már foglalkoztunk. Ha munkánkat e területen megjavítjuk, ez egyben önköltség csökkentésként is fog jelentkezni.

Az elmondottakon kívül azonban igen nagy feladat áll előttünk az anyag felhasználás csökkentése és az anyagtakarékosság terén. A múlt évben valamennyi iparág túllépte az előírt anyaghányadot. A túllépés egyaránt jelentkezett alapanyagok és segédanyagok terén.

Az önköltség romlása és ezen belül az anyagköltségek túllépése adódott abból, hogy az igazgatók és általában a vállalat műszaki dolgozói, elsősorban a terv mennyiségi teljesítését tartották szem előtt. Az a feladatunk, hogy azt a nézetet, amely vállalataink nagyrésznél ma is megvan, megváltoztassuk, hogy a vállalatvezetők azt is nézzék, hogy mennyibe kerül egy-egy cikknek az előállítás.

A termelés gazdaságosságának figyelmen kívül hagyásából következik az, hogy az anyag felhasználást nem ellenőrzik, a meglévő anyagnormákat nem tartják be és a terven felüli anyag felhasználásáért felelősségrevonást nem alkalmaznak.

A tapasztalat azt mutatja, hogy nagy a lazaság sok vállalatunknál az anyagutalványozás terén is. Sok a felelőtlen utalványozó, aki nem nézi meg, hogy szükség van-e valóban az anyagra. Ez arra vezet, hogy a kivételezett felesleges anyagot részben, ha olyan, ellopják, másrészt pedig tönkremegy.

A Miskolci Üveggyárban pl. ahol mindössze 8—10 karbantartó dolgozik, egy év alatt 63 kombinált fogót vételeztek ki a raktárból és ez el is fogyott. Vagy Komlón a kőbányában 4—500 villanykörtét fogyasztottak egy-egy hónap alatt. Bár ezek nem nagy tételek, de jellemzőek a laza anyaggazdálkodásra.

Az anyaggal való takarékos gazdálkodás érdekében a legfontosabb alapanyagokra reális és kötelező anyagnormákat kell kidolgozni. Meg kell szüntetni az utalványozás és raktározás terén a fennálló rendellenességeket.

A másik fontos kérdés az önköltség csökkentés terén a selejtsökkentés és minőségjavítás, elsősor-

ban az üveg, a finomkerámia és a téglaiipar terén. Bár a selejt iparági szinten lényegesen nem emelkedett, mégis ha a vállalatok veszteségét nézzük, láthatjuk, hogy ennek nagyrészt teszi ki a selejtnövekedés és a minőségromlás. A Miskolci Üveggyárnál az eredményromlás  $\frac{2}{3}$ -ad része ebből adódott. Ez az egész üvegipar veszteségében is jelentős tétel, mert a Miskolci Üveggyár a veszteséges vállalatok között a második helyet foglalja el.

A *Hőpalack és Üvegipari Vállalat* veszteségének 30%-át tette ki a selejtnövekedés. A kerámiaiparban az előírt minőségi megoszlás be nem tartása és a tervezeten felüli veszteség okozta az eredményromlás mintegy 70—80%-át. Ez azt jelenti, hogy a két iparágban az önköltségsökkenést a minőség megjavításával és a selejtvesztesség csökkentésével kell kezdeni.

Az 1955. évi terv igen komoly feladatokat állít az építőanyagipar elé, úgy a termelés, mint a termelékenység, az önköltségsökkentés terén.

Azt hiszem, annak ellenére, hogy a terv lényegesen többet követel tőlünk a múlt évi eredményeinknél, nyugodtan kimondhatjuk, hogy a tervünk reális és teljesíthető. Azok a külső tényezők — szénellátási nehézségek, villamosenergia-hiány — amelyek az elmúlt év hasonló időszakában akadályozták termelésünket, ma nem állnak fenn. Ez nem jelenti azt, hogy most, már annyi szénünk és áramunk van, hogy nem kell vele takarékoskodni. Ellenkezőleg — csak akkor tudunk kijönni a rendelkezésre álló mennyiségből, ha a legszigorúbb takarékosagot vezetjük be ezen a téren és a vállalatok maradéktalanul végrehajtják azokat az intézkedéseket, beruházásokat, amelyeket ennek érdekében el kell végezni.

Hasonlíthatatlanul jobb a helyzet ma a tervteljesítés műszaki feltételeinek biztosítása terén. A nagyjavításokat időben befejeztük és hogy minőségileg is jól javítottuk meg a termelő berendezéseinket, mutatja az, hogy a téglaiiparban a napi termelés március végén magasabb volt, mint az elmúlt év április utolsó napjainak teljesítése. Ez azt jelenti, hogy egy hónappal előbb futott fel az ipar.

A cementiparban is ezen a téren megfelelően elég idő állt rendelkezésre ahhoz, hogy a nagyjavításokat minőségileg jól el tudjuk végezni. Egyéb olyan munkák elvégzésére is sor került, ami ez évben biztosítja a termelés fokozását.

Az üvegipar múlt évi lemaradásának egyik fő oka a szakmunkás-hiány volt. Ez nemcsak a termelésben jelentkezett hátrányosan, hanem nagymértékben rontotta az ipar önköltségét is, mert a kemencék nem voltak a kapacitásnak megfelelően kihasználva. Ez év elején és a múlt év végén a létszámot sikerült feltölteni és a hiányzó műhelyeket új szakmunkásokkal feltölteni.

A finomkerámiaiparban két új kemencét állítottunk be, hogy az előírt felfutást biztosítani tudjuk.

A kő- és kavicsbányászat terén a legnagyobb bányában Uzsán, ahol a múlt évben a létszámhiány miatt igen nagy volt a lemaradás, nagyfokú gépesítést hajtottunk végre, amivel a terv teljesítését ez évben biztosítani tudjuk.



Amint itt felsoroltam, egy sor intézkedés történt, hogy az 1955. évi feladatok végrehajtását biztosítani tudjuk. Részben a megtett intézkedéseknek, de nagyrészt a felszabadulási verseny lendületének köszönhető, hogy az anyagipar az I. negyedéves tervét jelentősen túlteljesítette. Ez a túlteljesítés azonban még nem adhat okot az elbizakodottságra. A tervünk a II. és III. negyedévben az I. negyedévhez képest ugrásszerűen emelkedik. Ez adódik az ipar idényjellegéből.

## A csehszlovák építőipari dolgozók országos értekezlete\*

Ez év március 7-én és 8-án tartották meg Prágában az építésügyi dolgozók országos aktíváját, amelyet az Építésügyi Minisztérium hívott össze. Ezen az értekezleten kb. 300 tervező, építész, mérnök, technikus és közgazdász vett részt, akik a kivitelező, vállalatok, építőanyagipari vállalatok, az Építésügyi Minisztérium és egyéb — építkezés-sel foglalkozó — minisztériumok dolgozói.

Az értekezlet előadását dr. Slechta mérnök professzor, építésügyi miniszter tartotta. Bevezetőben hangsúlyozta az építésügy fontos feladatait a csehszlovák gazdaság fejlesztésében. Az építésügy két alapvető feltételt teljesít: egyrészt emeli a dolgozók életszínvonalát lakások, szociális és kulturális berendezések létesítésével, másrészt az ipar és mezőgazdaság fejlesztéséhez nélkülözhetetlen előfeltételeket teljesíti ipari üzemek és hasonló épületek létesítésével. Múlt évben építőiparunk 3600 millió Kc értékű objektumokat adott át felhasználásra. Mindazonáltal a megkívánt feladatokat még nem teljesített egészen.

A miniszter a továbbiakban azokkal az okokkal foglalkozott, amelyek a csehszlovák építőipar fejlődésére és a teljes iparosodás útjában hátrányosan hatnak. Ezzel összefüggésben többek között különösen említette a vezető szakemberek meg nem felelő színvonalát, a műszaki fejlesztési tervek teljesítésének hiányát, a tervezésnek eltávolodását az építésügy tényleges követelményeitől, az ipari épületek kivitelezésével összefüggő kérdéseket és az ebből adódó problémákat, az épületelemek gyártására a kivitelezés szervezésének kérdéseit, az építőiparban dolgozók képzettségének emelését. Behatóan foglalkozott az építőipari kutatás problémájával.

A miniszter referátumának egyik része az építőanyag előállításával foglalkozott. Ennek fontosságát különösen az jellemzi, hogy az építőanyag az építési költségeknek egészen 60%-át is elérheti és, hogy az építőanyagok súlya aránylag nagyon nagy: 1 millió Kc építési költségre kb 3000 t építőanyag jut.

Ezért elsősorban szükséges, hogy figyelmünket az épület súlyának csökkentésére és az egyes építőelemek fajlagos súlyának csökkentésére fordítsuk. Egyidejűleg szükséges, hogy az anyagok

A téglaiipar terve háromszorosa az első negyedévinek, a cementipar termelése mintegy 100%-kal kell, hogy növekedjen. Ahhoz, hogy ezt teljesíteni tudjuk, biztosítani kell azt, hogy a fizikai és műszaki dolgozók, s az ipar összes dolgozói olyan lendülettel végezzék a munkájukat, amint a felszabadulási hét idején tették. Ha ezt meg tudjuk valósítani, akkor az építőanyagipar ebben az évben nem marad adósa népgazdaságunknak.

jellemző tulajdonságait megjavítsuk, rövidítsük a szállítási utakat és használjuk ki azok gyártására a helyi lehetőségeket. Az előadó hangsúlyozta, hogy az építés gépesítésének előfeltétele az építőanyaggyártás gépesítése. Ezért fontos, hogy a mechanizálást különösen téglagyárakban, mészegetekben és kőbányákban fokozzák és a munkakörülmények színvonalát minden szempontból lényegesen emeljék. Az egyik legfontosabb kérdés a nyersanyagok kérdése, azok tulajdonságai, egyenletessége és minősége. Ezeket a problémákat alapos geológiai kutatással oldják meg. A mésztermelést növelni kell és meg kell kezdeni a cement minőségének egyenletessé tételét, ami eddig igen ingadozó volt. Az égetett téglá mindig az alapvető építőanyag marad, ezért további utakat kell keresni, hogy a téglagyárak termelékenységét emeljük és a téglatermékek minőségét javítsuk. Tekintettel arra, hogy Csehországban és Morvaországban az összes téglagyáraknak 40%-a, Szlovákiában pedig 60%-a idényüzem, különös fontossággal bír lehetőleg minden téglagyárban egész éves üzembevezetése.

Befejezésül a miniszter a következőkben foglalta össze a csehszlovák építőipar jelenlegi legfontosabb feladatait: a tervezési előmunkálatoknak és tervezésnek alapos és időben való elkészítése, a tipizálásnak szélesebb alapon való bevezetése és típusokkal való tervezés, építőelemek gyárainak befejezése különösen mechnaizálás szempontjából, az építőelemek választékának növelése és minőségének javítása, egész szerelt épületek ipari előállításának bevezetése az építőanyagipari, átalakítása tényleges gyáriparrá a gépesítés magas fokán és lehetőleg teljes automatizálás bevezetése, egyidejűleg a minőség javítása és a választék növelése mellett, az építőipar szervezésének fejlesztése, a vezetés színvonalának növelése és az operatív ellenőrzés kiterjesztése.

Az előadás után a szovjet építőipar moszkvai konferenciájának három résztvevője szólott hozzá. dr. Machacek ismertette a Szovjetunióban szerzett tapasztalatait az építőanyag gyártása terén.

Ezekután a miniszter az építőipar problémáiról tartott előadásáról vita következett, melyet dr. Skoda a miniszterelnök helyettese összefoglalva kiértékelte. A konferencia végén a jelenlévők elfogadták a határozatot, amely a csehszlovák építőipar távlati legfontosabb feladatait foglalja össze.

\* Az Országos Értekezlet teljes szövegét a „Stavivo“ f. évi 5. száma közli.



## Könyvismertetés

V. A. GORSZKOV:

### MUNKASZERVEZÉS ÉS MŰSZAKI NORMÁK MEGÁLLAPÍTÁSA AZ ÜVEGGYÁRTÁSBAN

(Organizacija truda i tehnyicseszkroje normirovანიე v sztyekolnom proizvodstve)  
*Gizlegprom*, Moszkva. 1954. 350 old., 84 ábra, 137 táblázat

Az ötéves tervek folyamán a szovjet öblös-üvegyipar primitív kézi gyártásmóddal dolgozó iparból gépi iparrá alakult át és termelékenységet nagy mértékben növelte. A lakosságnak közszükségleti cikkekkel való ellátásának szükségessége a közeljövőben még jobban fokozódik, mert például 1956 évben 1953 évhez viszonyítva másfélszer annyi poharat, csészét, ötszörannyi vizes és boroskészletet és tízszerannyi kristály díszmű-árukat kell termelnie.

A szovjet öblösüvegyiparban az újítók és sztahanovisták egész sora működik. A gépesítés előrehaladásával a kiváló és magas szintet elérő gépkezelők is példát mutattak a termelékenység növelésére a munka helyes megszervezésével.

Az öblösüvegyipar további fejlődése érdekében szükségesnek mutatkozott az eddigi munkaszervezési tapasztalatok összefoglalása és az élenjáró szervezési módszerek rendszeres ismertetése abból a célból, hogy a műszaki normák egyes gyártási műveletekre egyértelműen megállapíthatók legyenek.

A könyv első része a munkaszervezés általános politikai gazdaságtani alapjait ismerteti a marxizmus-leninizmus klasszikusainak elméleti munkái alapján és az öblösüvegyártás egyes folyamataira alkalmazva. Kiemeli a kooperációs és munka megosztási viszonyokat a szakmunkásképzés és munkábaállításuk szempontjából az egyes gyártási ágazatokban. Egy táblázat bemutatja a gyártási ágazatokhoz szükséges munkamegosztási viszonyokat. Ismerteti a Szovjetunió közszükségleti cikkeket gyártó minisztériumának különféle szakmunkásképző iskoláinak rendszerét, valamint a szakmunkásoknak vagy az iskolába küldendőknél kiválasztási elveit. A munkahely megszervezésénél figyelemmel van az egészségügyi viszonyokra, a munkafegyelem betartásának lehetőségét biztosító körülményekre és a szocialista verseny előfeltételeinek megteremtésére.

Az alapelvek ismertetése után a műszaki normák megállapítására tér át. A munkaidő felosztása heti munkagrafikonok alapján történik. A munkaidő felosztására elfogadott képletek szolgálnak és az egyes munkahelyeknél ezek a mutatószámok képezik a műszaki normamegállapítás alapját. Igen figyelemreméltó, hogy különösen a teljes automatikus öblösüvegyártó gépegységek műszaki normáit a termelt üveg önköltségére vonatkoztatja.

Az általános alapelvek után rátér a gyártási folyamatoknak és azok egyes elemeinek ismertetésére. Az elemzéseket a következő lépcsőzetes rendszer alapján végzi el: gyártási folyamat, gyártási ciklus, művelet, összetett tevékenység, egyszerű tevékenység, mozdulat. Ez a felosztás,

illetőleg lépcsőzetesség lehetővé teszi a munkaidő részletezését, előkészítő idők, műveleti idők, befejező és kiegészítő idők pontos meghatározását, a nem normalizálható idők részarányának megállapítását és a gépek termelési kapacitása kihasználásának mérését a munkaidőfelosztás alapján. Mindezeket a méréseket, elemzéseket és számításokat, valamint a kész műszaki normák kidolgozásának módszerét és fajtáit példákkal mutatja be kézi, félautomatikus és teljes automatikus gyártási típusokon.

Az eddig ismertetett eljárások lényegében statisztikai tapasztalati normafelvételi módszerek voltak. Külön fejezetben foglalkozik a munkanap fényképezésével és az időmérés módszereivel. Közli azokat a táblázatokat, melyeket az időmérőnek helyes munkamódszer esetén ki kell töltenie, a képleteket, melyek segítségével a mért adatokat elemezheti és a műszaki normákat megállapíthatja.

Az időmérésről szóló fejezet műszaki előírásokat tartalmaz a helyes időmérési eljárásokra vonatkozólag különösen abból a szempontból, hogy a Kovaljov-féle módszer alapján a részidők összehasonlítása lehetővé váljék.

Ugyancsak figyelemreméltóak azok a fejezetek, melyekben ismerteti a Szovjetunió öblösüvegyáraiban alkalmazott bér- és prémiumrendszert a műszaki normatívákkal való összefüggésben. Közli a béreket és az egyes munkahelyekre vonatkozó prémiumelőírásokat, valamint a minisztérium bérügyi és prémiummegállapítására vonatkozó előírásait.

A könyv második része a minőségi öblösüvegyártás munkaszervezésével és műszaki normamegállapításával foglalkozik, kézi műveletek esetén. A technológiai rész összefoglalja mindazokat a könnyebbségeket, melyeket a kézimunkánál alkalmazni lehet és ebből kitűnik, hogy fejlődés mutatkozik még a legrégebben alkalmazott kéziszerszámok kialakításában is. A műhelyek szervezésének alapja a technológiai utasítás. A könyv például közli a teáscsészék kézigyártásának technológiai utasítását, ahol az egyes műveletek különböző mesterek tapasztalatai alapján állítottak össze a Kovaljov módszernek megfelelően. Ugyanilyen formában ismerteti a préselő műhelyek szervezését és a cseppentős adagolóval dolgozó prés-műhelyek élenjáró munkamódszereit.

Pontos műszaki normák meghatározására lehetőség van az üvegfeldolgozás, különösen az üveg durva és finomcsiszolása terén is. A könyv rendkívül érdekes csiszolásműveleti analíziseket közöl normameghatározás céljára fényképekkel és rajzvázzalokkal egy egész sor termékre vonatkozólag.



A könyv *harmadik* része a félautomata és teljes automata gépeken előállított öblösüvegtermékek gyártásának munkamegszervezésével és műszaki normalizálásával foglalkozik.

A technológia rövid ismertetése után főleg azokkal a mérési módszerekkel foglalkozik, melyek eredményei alapján az egyes gépek kapacitáskihasználási adatai meghatározhatók. Ebben a részben egy palackgyártó szívó-fúvógép, egy szívó-

fúvó félautomata gép kézi és cseppentős adagolású gyártástechnológiájának műszaki normameghatározását ismerteti

A könyv adatai és az ismertetett módszerek a magyar öblösüvegipar termelékenységének növelése céljára, az élenjáró munkaszervezési módszerek ismertetésére nélkülözhetetlen szolgálatokat tehet az öblösüvegiparban dolgozó mérnökök, technikusok és szakmunkások részére.

## Egyesületi hírek

### A CSEHSZLOVÁK KŐBÁNYÁSZ-KÜLDÖTTSEG LÁTOGATÁSA EGYESÜLETÜNK BEN

A magyar-csehszlovák műszaki tudományos együttműködés keretében folyó évi április—május hó folyamán Jaroslav Nusil, Frantisek Vejsada, Josef Macek és Jaroslav Vodicka csehszlovák szakemberek a kőbányák gépesítésével kapcsolatos tervezési, termelési és üzemszervezési problémák helyszíni tanulmányozása céljából Magyarországon tartózkodtak.

Tiszteletükre Egyesületünk Kőbányász szakosztálya május 4-én klubdelután keretében fogadást rendezett a MTESZ székházában. A klubdelután Szabolcs Rezső vezette be, üdvözölte a vendégeket és bemutatta nekik a megjelent magyar kartársakat. Csaknem három óráig tartó közvetlen beszélgetés alakult ki a kőbányászat időszzerű műszaki kérdéseiről.

Lázár Jenő az aprítás és a zúzók kérdéseit vetette fel. A beszélgetés során kiderült, hogy nálunk ezen a téren eredeti megfigyeléseket és azokat alátámasztó kísérleteket végeztek és a cseh szaktársak elismeréssel nyilatkoztak ezekről a vizsgálatokról. Az erről szóló értekezést kérésükre megkapták, hogy az eredményeket otthon is elterjeszthessék. A cseh küldött szaktársak elbeszéléséből kitűnt, hogy ellentétben a mi gyakorlatunkkal, náluk a vándor helyi zúzókat sikerrel alkalmazták épp azokon a helyeken, ahol az építkezés, utépítés miatt szükség.

Ez az ő helyi körülményeikből következik, ugyanis az ország egész területén majdnem mindenütt található megfelelő építő-kőanyag.

Bálint Tibor szaktársunk a robbantások iránt érdeklődve azt a felvilágosítást kapta, hogy Csehszlovákiában pontosabban készítik elő a nagyrobbantásokat. Műszeres kitűzéssel jelölik ki a robbantásra legalkalmasabb helyeket és előre felméri a lerobbantott kőzetanyag körülbelüli mennyiségét.

A fentiekon kívül még több kisebb időszzerű kérdés tisztázódott a megjelentek között. Többek között az egyesületi munka kérdése, melynek során megállapítást nyert, hogy náluk a kőbányászati egyesületi munka a durvakerámiai szakosztály keretén belül folyik. Egyben megállapodás történt arról, hogy a megfelelő csehszlovák és magyar egyesület között a jövőben közelebbi kapcsolatokat építenek ki.

A klubdelután közvetlen haszna volt, hogy a csehszlovák és magyar kőbányaipari szakemberek megismerték egymást, egymás munkaterületét. Egyes kérdésekben ők járnak előttünk, más kérdésekben mi mutattunk újat nekik. Ez segítséget jelent bizonyos mértékben a két ország kőbányaiparának fejlesztéséhez és a két nép barátságának további kimélyítéséhez.

*Kausz Imre*



## Tájékoztató az 1955. évi kutatási prémiumok tárgyában

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya az elmúlt évhez hasonlóan az Osztályra beérkező arra érdemes dolgozatokat ez évben is kutatási prémiumban részesíti.

Pályázni lehet olyan témákra, amelyek akadémiai témák, vagy a népgazdaság szempontjából fontos kérdések megoldását segítik elő. Ezek a témák a pályázók részére a szakelőadónál betekintés céljából rendelkezésre állnak. A kitűzött pályatételektől függetlenül szabadon választott témával is lehet pályázni.

A Műszaki Tudományok Osztálya által kitűzött témákkal kapcsolatban kutatási prémiumban részesülhetnek azok a személyek, akik tudományos minősítéssel nem rendelkeznek, nem egyetemi vagy főiskolai hallgatók, továbbá aspiránsképzésben nem vesznek részt és dolgozatuk a megkívánt tudományos színvonalnak megfelel. A kitűzött pályatételektől függetlenül beérkező szabadon választott témával foglalkozó

dolgozatok nem díjazhatók, ha a pályázó főiskolai, illetve egyetemi hallgató, aspiráns, tanácskezelő, függetlenített kutató, vagy kutató intézeti dolgozó, illetőleg tudományos minősítéssel rendelkezik.

A pályázatok elbírálása és a prémiumok kifizetése negyedévenként történik. — A pályázatok beküldésének végső határideje 1955. november 1. Az ezután beérkező pályázatok pénzügyi okokból nem vehetők figyelembe. Külön is fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a pályázatok lehetőleg folyamatosan érkezzenek be, ne pedig tömegesen a végső határidőre, mert ezáltal a dolgozatok elbírálása és a prémiumok kifizetése megkönnyíthető.

Kívánatos, hogy a pályázat iránt érdeklődő dolgozók a Műszaki Tudományok Osztályának illetékes szakelőadójával lépjenek érintkezésbe, ahol a kitűzött pályatételekre vonatkozóan is felvilágosítást kaphatnak.

## Pályázati felhívás

A Könnyűipari Minisztérium pályázatot hirdet a papírszapnak a népgazdaság bármely területén történő gazdaságos felhasználására.

A papírszap a papírgyárak végderítőiből kitermelt anyag, melynek papírgyártásra való újbóli felhasználása teljes egészében nem valósítható meg. Jelenleg több ezer tonna készlet tárolódik különböző papírgyárak területén, és a jövőre vonatkozólag is évente nagy mennyiség kerül kitermelésre.

A papírszap nedvességtartalma a kitermelés idejétől és az időjárástól függően változik, 25—85% között. Összetétele általában 50—60% papíripari rostanyag és 40—50% töltő és egyéb anyagok.

Kismennyiségű papírszap minták kísérleti célokra a Helyiipari Újításokat Kivitelező Vállalatnál (Bp. VI. Zichy Jenő utca 32.) szerezhetők be.

A pályázat elbírálására a Könnyűipari Minisztérium bizottságot jelölt ki.

A pályázatok benyújtási határideje: 1955. augusztus 31.

A pályázat jelígyesen a Könnyűipari Minisztérium Papíripari Igazgatóságára (Bp. VI. Eötvös utca 12) küldendő.

A beérkezett pályaművek jutalmazása:

I. díj .....	5000.— Ft
II. díj .....	3000.— Ft
III. díj .....	1000.— Ft

A bírálóbizottságnak jogában áll a pályadíjakat megosztva kiadni, illetve meg nem felelő pályázatok esetén az I., II., vagy a III. díj kiadásától eltekinteni.

A bírálóbizottság a pályaművek bírálatánál előnyben részesíti a részletes műszaki leírással, gazdasági számításokkal ellátott, gyakorlatban könnyen megvalósítható pályázati javaslatokat.

Ha a díjnyertes, valamint a nem díjazott pályázatra beküldött anyag újítási, vagy találmányi jellegű, a pályázó ezirányú jogai természetesen csorbítatlanul megmaradnak.

Felmerülő kérdésekre tájékoztatást a Kip. Min. Papíripari Igazgatósága ad. (Bp. VI. Eötvös u. 12. II. em. Telefon: 429—960 10-es mellék, vagy 221—615)

Budapest, 1955. április 6.



# Megjelent

SZÁSZ LÁSZLÓ:

## Építőanyagipari biztonságtechnikai kézikönyv

Feladataink végrehajtásában fontos szerepet töltenek be építőanyagipari dolgozóink. Az ipar műszaki vezetőinek kötelessége, hogy a tervteljesítésért harcoló munkások testi épségét az eddiginél még fokozottabb mértékben védjék meg. A technikai fejlődés nap, mint nap új biztonsági problémákat vet fel és a kézikönyv munkatársait — a szakma vezetőinek legjobbjait — az a cél vezette, hogy ezekre a problémákra mindenben kielégítő megoldásokat és útmutatásokat nyújtsanak. A munka egyes fejezetei a munkavédelem elvi kérdéseit, a balesetek megelőzésének módszereit, a munkavédelem büntetőjogszabályait, az előzetes munkavédelmi ellenőrzés szabályait, a szállítóberendezések biztonságtechnikáját, továbbá az emelőberendezések, a bányaművelés, a közúzás, a cement-, mész- és azbesztcementáru-gyártás, a téglagyártás és cserépgyártás, a finomkerámia és kőedény, a betonelem- és üvegyártás biztonságtechnikáját ismertetik. Külön fejezetek tárgyalják az elektromosság, a portalanítás és a munkaegészségügyi kérdéseit.

324 oldal

Ara kötve 50.— forint

KORDIK LÁSZLÓ:

## Építésszervezők kézikönyve

A nagy érdeklődést keltett munka első kötete után most jelent meg a második kötet, amely az építkezések villamos energia-, sűrített levegő-, hő- és vízellátását tárgyalja. Ezek a kérdések bonyolult feladatot jelentenek és megoldásukat még súlyosítja az építési üzem ideiglenes jellege. Ez a tény kizárja a drága berendezések alkalmazását és ránk kényszeríti a legolcsóbb megoldást. Tovább nehezíti a kérdéseket, hogy az építési helyeken nem mindig dolgozik olyan szakember, aki ezen a különleges területen teljes biztonsággal mozog és így igen sokszor a főmérnöknek, vagy építésvezetőnek kell ezt a munkát elvégeznie. Éppen ezért e kötet feladata, hogy segítséget nyújtson az építkezés organizátorainak, a főmérnöknek, építésvezetőnek, művezetőknek ezen az előttük lényegében idegen területen. Minthogy a most megjelent kötet fejezetei kitérnek e kérdések minden részletére, az építési üzemben foglalkoztatott műszaki dolgozók rendkívül hasznos segítségét jelenti.

120 oldal

Ara kötve 24.— forint

A fenti könyvek beszerezhetők, illetve megrendelhetők

az

**ÁLLAMI KÖNYVTERJESZTŐ VÁLLALAT  
SZAKKÖNYVESBOLTJAIBAN**

Szakkönyvesbolt: Műszaki Könyvesbolt, VII., Lenin körút 5



# Megjelent

KARSAY SÁNDOR:

## Kőművesmunka

A második kiadásban megjelent munka az alapfogalmakból kiindulva részletesen ismerteti a különböző — a kőművesmunkák során előforduló — számtani és mértani műveleteket. Ezután a kőművesmunkák tárgyalására tér és ennek keretében megismerteti az olvasót az épület szerkezeti részeivel, a felhasználásra kerülő anyagokkal, a téglafalazatokkal és azok kivitelezésével, a kitűzési és földmunkákkal, a vakolásokkal, az építőipari gépekkel, a betonozási munkákkal és a tervekkel, valamint tervolvasással. A függelékben a balesetelhárítási és biztonsági előírásokat, valamint a munkaszervezés és munkavezetés elveit részletezi. Az építőipari dolgozók a könyv segítségével könnyen elsajátíthatják a továbbképzéshez szükséges elméleti kérdéseket és ennek alapján gyakorlati munkájukat jobbra, könnyebbé tehetik.

224 oldal

Ára füzve 15.— Ft

## A magyar betonacélgyártás helyzete

Az építőiparban egyre nagyobb tért hódít az előregyártás és a feszített vasbetonszerkezetek alkalmazása. Ez tette szükségessé, hogy a magyarországi betonacélgyártás helyzetének megvitatására, a hibák feltárására és orvoslására ankétot hívjanak össze. A kiadvány az ankét anyagát ismerteti.

92 oldal

Ára füzve 15.— Ft

I. A. FIZDEL:

## Beton és falazott szerkezetek hibáinak kijavítása

A könyv a legújabb szovjet tapasztalatok és módszerek alapján ismerteti az ilyen természetű építkezéseken előforduló hibákat és azok kijavításának módozatait. Be-fejezésül a szükséges berendezésekről, leltári felszerelésekről, tartozékokról és a hibák kijavításával kapcsolatos munkák megszervezéséről, valamint kivitelezéséről ad részletes tájékoztatást.

115 oldal

Ára füzve 20.— Ft



A fenti könyvek beszerezhetők, illetve megrendelhetők

az

ÁLLAMI KÖNYVTERJESZTŐ VÁLLALAT  
SZAKKÖNYVESBOLTJAIBAN