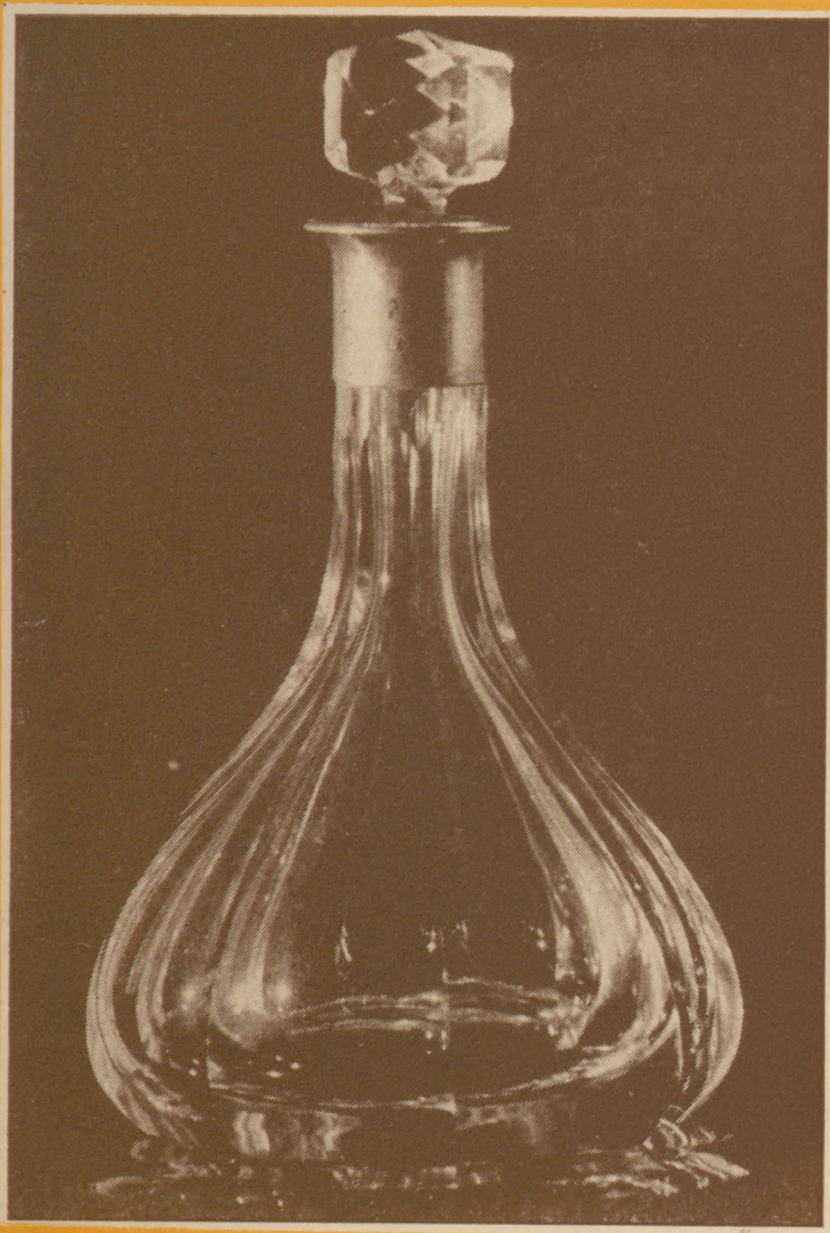


ÉPÍTŐANYAG



CEMENT, MÉSZ
TÉGLA, KERÁMIA
ÜVEG ÉS KŐIPAR

4. SZÁM

AZ ÉPÍTŐANYAGIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

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

★

Főszerkesztő :

dr. Korach Mór

★

Szerkesztő :

Hinsenkamp Alfréd

★

Szerkesztőbizottság :

Baritz Árpád

Beke Béla

dr. Déri Márta

Erdély Imre

dr. Knapp Oszkár

dr. Lehmann Edit

★

Szerkesztőség :

Budapest, V., Szabadság
tér 17

Telefon : 124-438

★

Kiadja :

Műszaki Könyvkiadó,

Budapest, V.,

Bajcsy-Zsilinszky út 22

Telefon : 113-450

★

Felelős kiadó :

Solt Sándor

TARTALOM

	Oldal
<i>Dr. Juhász Zoltán</i> : Kaolinok égetési zsugorításának tanulmányozása	121
<i>Tasnádiné Marik Klára</i> : Az asztali üveg művészete	132
<i>Dr. Milan Matoušek</i> : Metakaolin alapú duzzadócement	144
<i>Ing. Julius Kazimir</i> : Nem zsugorodó és duzzadó portlandcement	148
<i>Erdély Imre, Serédi Béla, Vajda László</i> : A tályai kőbányaüzem rekonstrukciója	152
Lapszemle	B/3

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<i>Д-р Золтан хас</i> : ЮИсследование спекания каолинов при обжиге	121
<i>Ташнадине Клара Марик</i> : Искусство столового стекла	132
<i>Д-р Милан Матушек</i> : Вспучивающийся цемент на основе мета- каолина	144
<i>Имре Ердей, Бела Шереди, Ласло Вайда</i> : Реконструкция каменно- ломного завода в тайя	152

I N H A L T

	Seite
<i>Dr. Zoltán Juhász</i> : Das Studium der Brennsinterung (Brennklin- kerung) der Kaoline	121
<i>Klara M. Tasnádi</i> : Die Kunst im Glasgeschirr und Schmuckglas	132
<i>Dr. Milan Matousek</i> : Quellzement auf der Basis von Metakaolin	144
<i>Erdély Imre, Serédi Béla, Vajda László</i> : Die Rekonstruktion der Steinbruchwerke in Tállya	152

ÉPÍTŐANYAG

12. ÉVFOLYAM 4. SZÁM

Kaolinok égetési zsugorodásának tanulmányozása

AZ ÉGETÉSI ZSUGORODÁST MEGINDÍTÓ REAKCIÓ MEGISMERÉSÉRE VÉGZETT
MODELLKÍSÉRLETEK

D R. J U H Á S Z Z O L T Á N (Ásványbányászati Iparági Központi Laboratórium)

I. RÉSZ:

Az iparág földtani kutatásainak minősítő vizsgálata során — mely vizsgálatok túlnyomó részét az Ásványbányászati Laboratórium végzi — állandóan változó minőségű és sajátos egyedi tulajdonságokkal rendelkező anyagokkal találja magát szemben az anyag vizsgálója. Ezeknek pontos, számszerű jellemzése és a kapott adatok helyes értékelése, melyek alapján a műre valóság, illetve előkészítési technológia nyer megállapítást, minden részletre kiterjedő vizsgálati metódikát és fokozott anyagismeretet követel. Érthető tehát, hogy laboratóriumunknak egyik fő törekvése az anyag viselkedésének modell-kísérletekkel való tanulmányozása, a kísérleti jelenségek értelmezése, vagyis az anyagismereti elmélet bővítése. Vizsgálati metódikánkat csak így tudtuk tervszerűen kidolgozni, a vizsgálati adatokat pedig helyesen értelmezni.

Különösen nagy nehézségeink voltak a fúrásokból kikerült kaolinok — vagyis olyan anyagfélések és elbontott tufák, melyeknek fő agyagásványa kaolinit — égetése során mutatkozó méretváltozások (zsugorodás) kiértékelésénél. Tapasztalatunk ugyanis az volt, hogy a szokásos vizsgálati módszerek — kémiai elemzés, röntgen — és DTA vizsgálat stb. — az égetési zsugorodásra vonatkozólag csak nagyon tág értelemben adnak felvilágosítást, adott esetben ezzel a vizsgálati metódikával a kezünkben levő, különböző ásványi anyagokat tartalmazó kaolinok kiértékelését elvégezni biztonságosan nem tudtuk. Úgy gondoltuk, hogy a teljesen szeszélyesnek látszó kísérleti adatokat csak akkor értékelhetjük és rendszerezhetjük, ha részletes előkísérletekkel a kaolinok égetésekor, elsősorban a „metakaolion” hőmérékleti zónájában végbemenő méretváltozásokat részletes tanulmányozás alá vesszük.

Úgy gondoltuk továbbá, hogy helyesen járunk el, ha kutatásunk szemléletének alapjául a kolloidika általános elveit választjuk, hiszen maga a nyers kaolin majdnem, vagy teljesen kolloid diszperz rendszer, melynek szabatos jellemzése a kolloid állapotjellemzők meghatározása nélkül nem valósítható meg. Szemcseméret, — alak és a fajlagos

felületi energia kitüntetett, az egész rendszert alapjaiban jellemző helyzete. E három tényező az, mely a kolloid, vagy majdnem kolloid rendszereket, így a kaolinokat is — nyers állapotban a mikroszkópos és makroszkópos diszperz rendszerektől megkülönbözteti. Meg kellett tehát keresnünk, hogy ezek a jellemzők milyen változást szenvednek égetés alatt, kutatnunk kellett a változásokat befolyásoló tényezők után, hogy a nyers kaolin és a belőle égetett cserép tulajdonságait összhangba tudjuk hozni. Olyan vizsgálati metódikát választottunk ki, mely elsősorban az égetett kaolin, mint diszperz rendszerből termikus úton előállított xerogél belső *morfológiájára* jellemző és ezzel a metódikával kerestük az égetési zsugorodás közben lejátszódó jelenségeket.

Tudatában voltunk az ilyen vizsgálatoknál fenyegető egyoldalúság veszélyének. Ezért megkíséreltük szemléletünket a kémiai és kristálytani szemlélettel — ilyen vonatkozású kísérletek végzése alapján — összhangba hozni, ami természetesen tökéletesen nem sikerült, hiszen a kísérletek csak kezdeti állapotban vannak, így a kísérleti adatok logikus egybekapcsolása nehéz feladat. A rendelkezésre álló adatok száma, annak ellenére, hogy igyekeztünk minél több vizsgálatot elvégezni, mégis kevés ahhoz, hogy véglegesen törvényszerűségeket állapíthassunk meg. Ez nem is volt célunk, és ha az adatok kiértékelésére és következtetések levonására vállalkozunk, azt inkább a figyelem felkeltése érdekében tesszük.

Az alábbi tanulmány a kaolinok égetési zsugorodását előidéző folyamatok vizsgálatával foglalkozik. Későbbi tanulmányainkban a zsugorodást befolyásoló, kísérleteink során megismert tényezőket, majd az ezek alapján kidolgozott, az új kaolin előfordulások égetési zsugorodásának számszerű jellemzésére használt vizsgálati módszerünket fogjuk ismertetni.

A kaolinok egyik általánosan ismert, jellemző fizikai tulajdonsága, hogy nyers állapotban vízzel képlékennyé tehetők, kiégetve pedig ezt a tulaj-

donságukat elvesztik, miközben kemény, kémiai-lag ellenálló, szilárd anyaggá változnak (1.). A képlékenység lehetővé teszi az anyag formázhatóságát, az égetés alatti változás pedig azt, hogy a legváltozatosabb alakban és felhasználási területen szilárd anyagot állíthassunk elő belőle. Az égetés alatt mutatózó minőségi változások egyik szembe-ötölő és technológiai szempontból igen fontos tulaj-donsága, hogy formázás és szárítás után nyert méreteit megváltoztatja, legtöbbször csökkenti. Ezt a jelenséget égetési zsugorodásnak nevezzük. Mivel a zsugorodással a minőségi változások össze-függést mutatnak, a zsugorodás tanulmányozá-sakor a hevítés közben lezajló kristálykémiai reakciókat nem hagyhatjuk figyelmen kívül. E reakciók elsősorban a differenciál-termoanaliti-kai módszer segítségével mutathatók ki. A DTA-görbéken meghatározott hőmérsékleten, a kaoli-nitnek három endoterm zsákja és két exoterm csúcsa van, s mindegyik egy-egy termikus reakció-val kapcsolatos.

Az első endoterm zsák (200 °C° alatt) a kaoli-nit szemcsék felületén adszorpció-s erő-kkel kötött víz elpárolgását jelzi. Az ún. higroszkópos ned-vességtartalom eltávolítása után a kaolinit rác-sá-ban mélyreható változásokat nem idéztünk elő.

A második endoterm zsákot (600 °C° körül) a kaolinit kristályvizének eltávo-zása okozza. Röntgen vizsgálatok szerint [2.] fokozatos fel-hevítés-kor ez a reakció hozza létre az első mély-re-ható változást a kaolinit rác-s-szerkezetében: a kristályvíz eltávo-zása ugyanis a kristályrác-s összeroppanását eredményezi. Ezt az anhidro-mó-dusulatot Rinne után metakaolinnak nevezzük. A metakaolin röntgendiffrakciót nem mutat, s bár szerkezete körül még ma is viták folynak, általában elfogadott elmélet, hogy amorf SiO_2 és Al_2O_3 bensőséges keveréke [3.].

A harmadik endoterm zsákot (900 °C° körül) nem minden kaolinit, csak a tökéletes rác-s-szerke-zetű ún. „T-kaolinit” mutatja [4.]. Grim és Bradley [5.] szerint a második endoterm reakció után visszamaradó szerkezeti víz eltávo-zása, Mackenzie [4.] szerint az atomok entrópiánöve-ke-déssel járó átrendeződése okozza a DTA-görbéken néha jelentkező harmadik igen kis endo-term zsákot.

Az első exoterm reakció (930 °C° körül) ma-gyarázata-ra több elmélet született [4.] s a vita még ma sem zárult le. Legvalószínűbbnek tart-ják az amorf Al_2O_3 kristályosodását γ Al_2O_3 -á és egyidejűleg mullit képződését. Kedvező kísér-leti körülmények között ez az exoterm-csúcs kettős [6.], valószínű tehát, hogy mindkét reakció egyszerre, vagy szorosan egymás mellett megy végbe.

A második exoterm-csúcs (1250 °C° körül) krisztobalit képződését jelzi.

Bár a DTA-görbék által jelezett reakciók értelmezése még nem egységes, általában mond-hatjuk, hogy röntgen vizsgálatok szerint 600 °C° felett metakaolin, 900 °C° körül γ Al_2O_3 , majd 930 °C° felett mullit mutatható ki, 1250 °C° felett pedig megjelenik a krisztobalit is, a mullit mellett.

E kristályszerkezeti átalakulások folytán a különböző hőmérsékleten égetett kaolin kémiai tulajdonságai is megváltoznak. A legjobban ta-nulmányozták az oldékonyságot az égetési hő-mérséklet függvényében, s ezek a tanulmányok egyöntetűen megállapították, hogy savakban a metakaolin oldódik a legnagyobb mértékben. Az oldékonyság 840 °C°-on túl ismét csökken, amit Krause és Wöhner [7.] az általuk röntgen elemzéssel kimutatott γ Al_2O_3 megjelenésének tulajdonították. 1000 °C° felett égetett kaolinok savakban gyakorlatilag oldatlanok [8.].

Thoenes [9.] a különböző hőmérsékleten ége-tett kaolin higroszkópos nedvességét és bázikus festé-kadszorpció-képességét határozta meg, egy-üttal az égetett kaolin szilárdságát is mérte. Meg-állapította, hogy a kaolin adszorpció-képessége általában 800—900 °C° között kezd el csökkenni, a szilárdság emelkedésének kritikus hőmérsékleti pontja pedig valamivel magasabb hőmérsékletre esik. A jelenséget előzetes felületi dezaktiválódás és belső kristályos diffúzió után jelentkező össze-kristályosodással magyarázta.

Az irodalomból jól ismert a kaolin többször-ös tanulmányozott dilatogramja is. Itt rá kí-vánunk mutatni a dilatogramokon 845 °C°-on jelentkező lapos könyökre, melyet Hyslop és Gworek [10.] γ Al_2O_3 képződéssel, Zwetsch [11.] a kaolin szennyeződésével, a 938 °C°-on jelentkező éles könyököt pedig mindkét szerző a mullit képződésével magyarázza.

A fenti kiragadott néhány példán kívül sok egyéb mérés is található az irodalomban (elektron-diffúzió, mágneses és dielektromos tulajdonságok mérése stb.), melyek a kaolinit hevítése köz-ben végbemenő folyamatokat igyekeznek felderíteni. Az égetési zsugorodás és a kristálykémiai reakciók közötti összefüggés mégsem tekinthető megoldott kérdésnek, hiszen még a reakciók természete sem teljesen tisztázott. Morfológiai vizsgálataink szempontjából azonban ki kell hangsúlyozni azt a kísérleti tapasztalatot, hogy 840 °C° körül a ké-miai és fizikai tulajdonságok kritikus értéket mu-tatnak. Ezzel egyidejűleg, e hőmérséklet körül kezdődik a kaolin égetési zsugorodása is. Az oldékonyság, adszorbeáló képesség, szilárdság stb., valamint az égetési zsugorodás szempontjából a 840 °C° hőmérséklet (a legtöbb kaolinnál) igen nagy jelentőségű, mert ezen a hőmérsékleten olyan reakció mehet végbe hevítés köz-ben a kaolinit-ben, mely a zsugorodás „startreakciójának” te-kinthető. A reakciót a DTA-görbék közvetlenül nem mutatják.

Morfológiai mérési módszerekkel ezt a reak-ciót kerestük.

1. Kísérleti metódika

A kísérletek mintaanyaga iszapolt zettlitz (Z) és nadapi (N) kaolin volt. Mindkettő fő agyag-ásványa kaolinit. A Z kaolin 3% kvarcot és kb. 5% illitet, a N kaolin kb. 15% kvarcot és 5% illitet, valamint valószínűleg jelentős mennyiségű hallozyt tartalmazott [12.].

A próbatést készítése. A 85 mikron alá örölt kaolint vízzel kevertük, míg könnyen gyúrható nem lett, és a kézhez kissé tapadt. Porcelántálba helyezve éjszakán át lefedve állni hagytuk, majd másnap gipszlap segítségével a felesleges vizet eltávolítottuk. $1,5 \times 1,5$ cm nagyságú henger alakú próbatesteket, valamint $6 \times 3 \times 0,8$ cm nagyságú próbatéglákat készítettünk, fémformákban. A próbatesteket levegőn való szikkasztás, majd 110°C -on való szárítás után különböző hőmérsékleten kiégettük. Az égetés szilítpálcás laboratóriumi kemencében 2 órán át történt. Felfűtési idő: 4 óra, lehűtési idő 16–18 óra. A henger alakú próbatesteket ezután lecsiszoltuk, hogy kör alakú lapjaik párhuzamosak legyenek, majd ecsettel a portól megtisztítottuk.

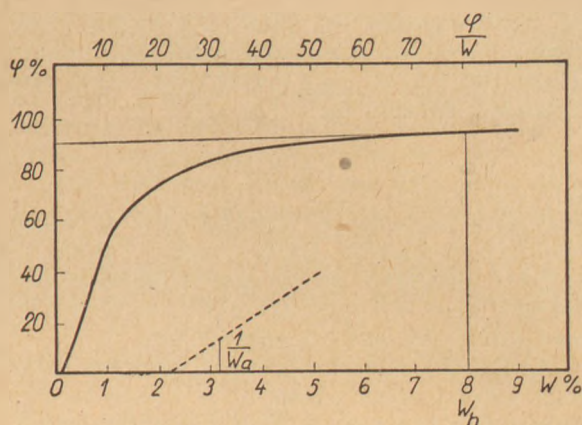
Vízgőz-adszorpciós izoterma. Mint ismeretes, a higroszkópos anyagok a nedves levegőből vizet vesznek fel. Ez a folyamat mindaddig tart, amíg a megkötött víz a levegő nedvességtartalmával egyensúlyba nem jut. Az egyensúlyi víztartalmakat ($w\%$) a levegő mindenkorai nedvességtartalmának ($\varphi\%$) függvényében ábrázolva, a higroszkópos anyag tenzió-görbéjét nyerjük (1. ábra, kihúzott vonal). A tenziógörbe alacsony vízgőznyomásoknál szabályos adszorpciós izoterma, a víz adszorpciós erők által kötődik meg a vízmolekulák számára hozzáférhető szemcse-felületen. Mint adszorpciós izotermára, a tenziógörbére a Langmuir-egyenlet alkalmazható:

$$\frac{\varphi}{W} = \frac{\varphi}{W_a} + \frac{b}{W_a} \quad (1)$$

ahol b anyagi konstans. Ha a kísérleti adatokat az egyenletnek megfelelően ábrázoljuk $\left(\frac{\varphi}{W}, \varphi\right)$, alacsony φ értékeknél egyenest kapunk (1. ábra, szaggatott vonal), melynek iránytangenséből W_a értéke, vagyis a maximálisan adszorbeált víz mennyisége kiszámítható. Ebből, ha a BET teóriát [13.] a monomolekulás adszorpciós rétegre érvényesnek fogadjuk el (ami a valóságban csak nagy megközelítésben igaz) a rendszer összes fajlagos felületét (Ω) nyerhetjük, a következő közelítő egyenlettel [12.]:

$$\Omega_p \approx 42,5 \cdot W_a \quad (\text{m}^2/\text{g}) \quad (2)$$

A tenziógörbe magas relatív vízgőznyomások felé eső ága az inflexió pont után rohamosan emelkedik (kapillárkondenzációs ág). Ezen a szakaszon a vízgőz a szubmikroszkópos pórusokban kondenzál mindaddig, míg a kapillárisokban levő víz gőznyomása a környező levegő gőznyomásával egyenlővé nem válik. A Thomson egyenlet által leírt törvényszerűség szerint minél magasabb a vízgőz nyomása, annál nagyobb (és természetesen egyidejűleg ennél kisebb) sugarú kapillárisokban kondenzál a vízgőz. Ezt a jelenséget a szubmikroszkópos pórusok méreteloszlásának meghatározására hasznosíthatjuk: a tenziógörbe két φ értékhez (vagyis az ezzel egyensúlyban levő pórusmérethez) tartozó nedvességtartalmak különbsége a kiválasztott pórusok térfogatát adja %-ban. A magas páratartalmú térből adszorpcióval és kapillár-kondenzációval felvett egyensúlyi



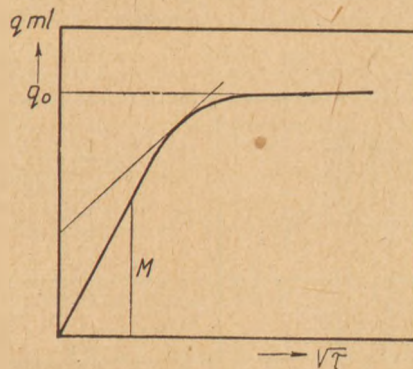
1. ábra

víztartalmat *higroszkópos nedvességtartalomnak* ($W_h\%$) nevezzük. A tenziógörbéből az adott parciális vízgőz-nyomáshoz tartozó higroszkópos nedvesség közvetlenül leolvasható. Mi önkényesen a $\varphi = 90\%$ relatív nedvességtartalmú levegőből felvett víztartalmat tekintettük higroszkópos nedvességnak, amely tehát magában foglalja a 100 g anyag összes felülete által adszorpciós úton megkötött és a $10,2 \times 10^{-7}$ cm sugarú (20°C -on) kapillárisoknál kisebb pórusokban kondenzált víz összmenyiségét.

A kísérleteknél a különböző nedvességtartalmú levegő előállítása kénsav oldatokkal történt. Ebbe a térbe helyeztük henger alakú próbatesteinket, melyeknek súlygyarapodását mértük. Az egyensúly gyakorlatilag három hét alatt állott be.

Az égetési lineáris zsugorodás ($\Delta l\%$) a téglalakú próbatesteken átlós irányban mélyített két jel közötti távolság változásával, 110°C -on szárított állapotra vonatkoztatva, a maximális vízfelvétel ($q_0\%$) pedig 4 órán át vízben forralt és 48 órán át víz alatt tartott próbatéglák súlynövekedésével, száraz állapotra vonatkoztatva lettek meghatározva a szokásos módon. A *fajsúly* (d) mérése finomra örölt égetett téglák anyagával, piknométerben történt, 20°C -on.

A durva pórusok méretét az átlagos equivalens kapilláris sugárral jellemeztük [14.]. A mérés a henger alakú próbatestek által az idő függvényében felszívott víz mennyiségének meghatározásán alapul. Ha a felvett víz mennyiségét a hozzátartozó idő négyzetgyökének függvényében ábrázoljuk, olyan görbét kapunk, melynek kez-



2. ábra

deti része egyenes (2. ábra). Az egyenes iránytangense (M), a próbatest magassága (H) és a maximálisan felvett víz (q_0) mennyisége, mint kísérleti adatok alapján az

$$\bar{r} \approx 2,75 \left(\frac{MH}{q_0} \right)^2 \times 10^{-4} \text{ (m}\mu\text{)} \quad (3)$$

összefüggés segítségével kiszámítható az átlagos equivalens kapilláris sugár, vagyis annak az idealizált kapilláris köteg egyedi kapillárisának a mérete, mely a vizet ugyanolyan törvényszerűséggel szívja fel, mint a pórusos test.

Az átlagos equivalens sugár egyetlen egyenértékű kapillárisnak a sugara. A mérési módszer azonban alkalmas arra is, hogy megadjuk az equivalens kapilláris rádiusz méreteloszlását is, melyet a kísérleti görbe grafikus differenciálásával valósíthatunk meg. A méreteloszlást egy olyan koordináta rendszeren ábrázoltuk, melynek abszcisszájára a sugár méretét, ordinátájára pedig az összpórustérfogatra számított térfogat-%-át mértük fel. Az egyes equivalens kapillárisokat tehát egy-egy vonal jelzi, melynek hossza mennyiségével arányos.

A pórusok alaki tényezőjének meghatározása. A vízfelszívás sebessége alapján számított átlagos equivalens kapilláris sugár számszerű értéke a tapasztalat szerint nem egyezik meg a fajlagos felületből és a fajlagos pórustérfogattól számítható pórusméretekkel. E két utóbbi kísérleti adatból ugyanis kiszámítható a pórusos rendszert leíró átlagos kapilláris méret (r_h), melyet Lea és Nurse [15.] hidrodinamikai rádiusznak nevezett. Ennek értéke e megfogalmazás szerint:

$$r_h = \frac{q_0}{\Omega \times 10^2} \quad (4)$$

ahol q_0 a vízfelvétel (cm^3/g), Ω , a fajlagos felület (cm^2/g).

A kísérleti adatokból megállapítható, hogy az r_h hidrodinamikai rádiusz rendszeresen nagyobb, mint az átlagos equivalens kapilláris sugár ($\bar{r}$), tehát az, melyet vízfelszívás mérése alapján határoztunk meg. Vizsgáljuk meg ennek az eltérésnek az okát.

A vízfelszívás alapján történő pórusméret meghatározásakor a kiégetett pórusos test csatorna rendszerét elméletileg idealizált kapilláris köteggel helyettesítettük [14.] és ennek az egyenértékű kapilláris kötegnek egyedi kapillárisaira vonatkoztatott ún. equivalens kapilláris sugár méretével jellemeztük a pórusos rendszert. Végeredményben — ha nincs is kihangsúlyozva —

ezt a módszert alkalmazza a többi mérési eljárás is [16., 17.]. Ezek a hidrodinamikai módszerek sem veszik figyelembe a valódi pórusos rendszer alakját (18.), mint ahogyan a Stokes — egyenleten alapuló, az ülepedési sebességet mérő szemcseméret meghatározási módszerek sem tudják a szemcsék alakját jellemezni. A pórusok alakja azonban a meghatározást rendkívüli módon befolyásolja, különösen a vízfelszívás sebességének mérésénél. Ezt egyszerű példával könnyű igazolni:

Vizsgáljuk először a folyadék szintjére merőleges tengelyű, körkeresztmetszetű és párhuzamos falú kapilláris vízfelszívását (3/a. ábra). Adott τ időpontban a meniszkusz h magasságban van. Az áramlás sebessége a Hagen—Poiseuille-egyenlet szerint:

$$v_1 = \frac{dh}{d\tau} = \frac{r_1^2 P}{8 \tau_1 h} \approx \frac{2 \sigma r_1}{8 \tau_1 h} \quad (5)$$

ahol v_1 = az áramlás sebessége, r_1 = a kapilláris sugara, τ_1 = a víz viszkozitása, σ = a víz felületi feszültsége. Az egyenletben $P = \frac{2\sigma}{r_1}$ kapilláris nyomást helyettesítettük a mozgást előidéző erő helyébe, feltételezve, hogy ez a kapilláris nyomás h magasságban olyan nagy, hogy mellette a h magasságú vízoszlop hidrosztatikai nyomása elhanyagolható [14.].

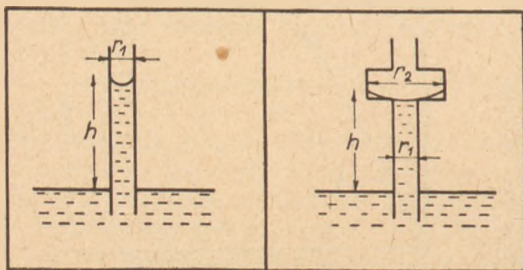
Tekintsük most a 3/b ábrán feltüntetett kapilláris vízfelszívását. A kapillárisnak h magasságban hirtelen bővülete van (r_2). Az alsó rész sugármérete az előző példában szereplő r_1 mérettel megegyező. h magasságban a víz mozgását az alsó cső ellenállása és a mozgást előidéző nyomáskülönbség eredője határozza meg. A sebesség tehát:

$$v_2 \approx \frac{2 \sigma r_1^2}{8 \tau_1 h r_2} \quad (6)$$

Az 5. és 6. egyenletet egymással elosztva és v_2 -t kifejezve:

$$v_2 = \frac{r_1}{r_2} v_1 \quad (7)$$

A bővülettel rendelkező kapillárisban tehát a vízfelszívás sebessége kisebb, mint abban, mely bővületet nem tartalmaz. (Ezt a jelenséget kísérletileg A. P. Porhajev [19.] modellkísérletei végzése közben tapasztalta.) Az így meghatározott equivalens sugár is kisebb, ha a pórusos testben erősen sarkos csatorna-rendszert alakítanak ki a pórusok. A valóságban a kiégetett kerámiai test csak ilyen csatorna-rendszert tartalmaz. Ezért mutatnak az áteresztőképesség mérése alapján kidolgozott pórusméret meghatározási módszerek nagyságrendekkel nagyobb kapilláris méreteket, mint a vízfelszívás sebességét mérő. Az áteresztőképesség mérésénél ugyanis a pórusok alakja a megnövekedett felületben jelentkezik csupán — ezen az alapon lehet a fajlagos felületet is meghatározni [15.] —, vagyis adott külső nyomáskülönbségnél csak a mozgásellenállást növeli, míg a vízfelszívás sebességét nemcsak a már vízzel megtelt cső mozgásellenállásának növekedése



3. ábra

hanem az áramlást előidéző kapilláris nyomás csökkenése is kisebbíti.

A kiégetett kerámiai test vízfelszívása sokkal bonyolultabb, hiszen már az a feltevés is, hogy a pórusok által kialakított kapilláris rendszer egyedei egymástól függetlenek. Korántsem igaz. A felhozott példából kitűnik azonban, hogy a kapillárisok falának alakja a mérést igen nagy mértékben befolyásolja. Ezért a hidrodinamikai rádiusz és a vízfelszívás alapján mért átlagos equivalens kapilláris sugár között nagy eltérés van. Minél kisebb ez az eltérés, annál közelebb áll a pórusos test pórusrendszere az idealizált equivalens kapilláris rendszerhez és a Lea, Nurse-féle hidrodinamikai sugár a vízfelszívással meghatározott equivalens kapilláris mérethez. Az eltérést viszont éppen a pórusok alakjának a jellemzésére hasznosíthatjuk. A kétféleképpen meghatározott sugárméret hányadosa:

$$F_1 = \frac{r_a}{r} \quad (8)$$

az alakra jellemző *formafaktort* (F_1) eredményezi és mértéke lehet a pórusos rendszer sarkosságának.

Az alaki tényezőre — vízfelszívás alapján — egy másik úton is következtethetünk, az alábbi megfontolás szerint:

Tekintsük ismét a 3/b ábrát. A 7. egyenlet szerint a kapillárison levő bővület a vízfelszívás sebessége alapján meghatározott pórusméretet csökkenti. Ebből az is következik, hogy ha a bővületet valamilyen módon megszüntetjük, a v_2 kisebb sebesség az eredeti v_1 sebesség értékére növekszik. Olyan bővületben, melynek görbületi sugara szubmikroszkópos méretű, az előzőek szerint vízgőz tud kondenzálni. Előzetes vízkondenzációval tehát a szubmikroszkópos, a vízfelszívást csökkentő pórusok lezáródnak, s ha ezután mérjük le a durva pórusok átlagos equivalens kapilláris méretét, nagyobb értéket kell kapnunk, mint a száraz próbatestnél. A száraz és higroszkópos nedvességet tartalmazó próbatesteken mért r_{sz} és r_v átlagos equivalens sugárméret hányadosa szintén mértéke lehet a pórusos rendszer alakjának:

$$F_2 = \frac{\bar{r}_v}{\bar{r}_{sz}} \quad (9)$$

ahol $\bar{r}_v$ a higroszkópos nedvességet tartalmazó, $\bar{r}_{sz}$ pedig a száraz próbatesten mért átlagos equivalens pórusméret, F_2 alaki tényező. Az F_2 formafaktor kísérleti meghatározása tehát úgy történt, hogy meghatároztuk a kiégetett próbatest egyik csoportjának átlagos equivalens kapilláris sugárméretét, előzetes szárítás után. A kiégetett próbatestek másik csoportját 98% relatív nedvességtartalmú levegőben három hétig állni hagytuk, majd a higroszkópos nedvességet tartalmazó próbatestnek lemértük az átlagos equivalens pórusméretét. A két érték hányadosan eredményezte az alaki tényezőt.

Végül ugyancsak az alakra vonatkozólag kapunk adatokat, ha az előzőleg különböző relatív

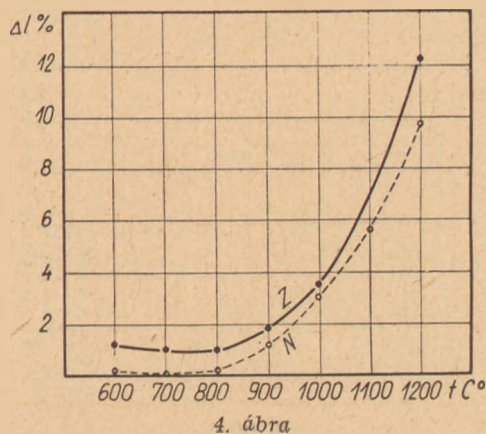
nedvességtartalmú térben tartott próbatesteknek mérjük az átlagos equivalens kapilláris sugarát. Mint az előzőkből kitűnt, a Thomson-egyenlet által leírt módon, különböző vízgőznyomásnál meghatározott méretű kapillárisok vannak egyensúlyban. Minél magasabb a levegőben levő vízgőz parciális nyomása, annál nagyobb pórusokban képes a vízgőz kondenzálni, egyúttal annál nagyobb a felvett víz mennyisége is. A különböző nedvességtartalmú levegőből kondenzált víz mennyiségét a pórusok összterfogatára vonatkoztattuk (w) és ennek függvényében ábrázoltuk az átlagos equivalens kapilláris méreteket. Az ilyen mérési metódikával a próbatest belsejének sarkossága jól jellemezhető.

II. Kísérleti adatok és azok kiértékelése

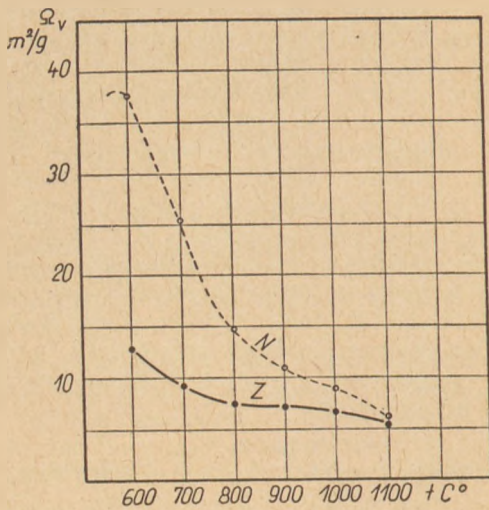
A nyers kaolinból nedves formázással készített próbatest a kaolinszemcsék halmozódásából kialakult, többé-kevésbé összefüggő szilárd vázból és a váz által felépített pórusos rendszerből áll. A pórusos rendszerben egymással és a test környezetével összefüggő, ún. nyílt pórusokat és a külvilágtól és egymástól a vázszerkezet által elkülönített zárt pórusokat különböztetünk meg. Első esetben a pórusok kapilláris (difform) rendszert, a másodikban diszperz rendszert alkotnak. Szokásos — és mint látni fogjuk ez indokolt is — a pórusokat méretük szerint is osztályozni: szubmikroszkópos (finom) és mikroszkópos (durva) pórusokról beszélünk.

Mikor a továbbiakban pórusos rendszerről lesz szó, e meghatározás alatt a nyílt pórusok által képezett kapilláris rendszer értendő, mivel a zárt pórusokat mérési módszereinkkel megközelíteni nem tudjuk.

A pórusos rendszer a pórus-térfogattal, a pórusméret eloszlással és a pórusok alakjával jellemezhető. Ha próbatestünkben égetés alatt végbe ment változásokot kívánjuk tehát jellemezni, ezeket a fizikai mennyiségeket kell égetés után tanulmányoznunk. A méret és alak, mint a kolloidika két fő állapot-jellemzője [20.] a kiégetett kerámiai testről, mint xerogélről már kielégítő felvilágosítást ad. Teljes képet csak akkor nyernénk, ha a felületi energiát is ismernénk. Ennek meghatározása azonban egyelőre kísérleti nehézségbe ütközik,



4. ábra



5. ábra

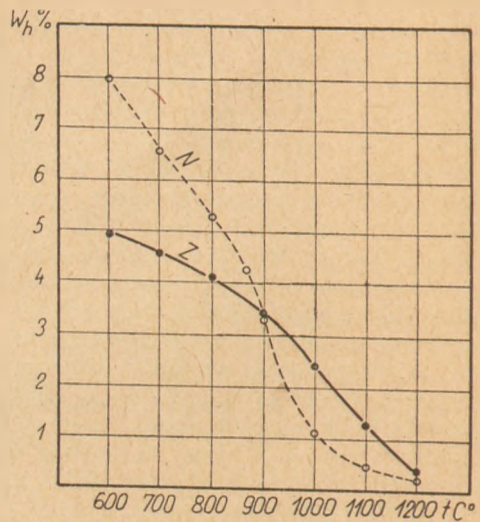
ezért a felületi energiára a méret és alak hőmérsékleti függvényeiből tudunk csak következtetni, mivel tudjuk, hogy nagy fajlagos felületű és igen sarkos szemcséket tartalmazó rendszerek nagy fajlagos felületi energiával rendelkeznek.

Mindkét kaolin esetében próbatesteink *égetési lineáris zsugorodása* 800–900 °C-on indult meg. Grafikusan interpolálva a zsugorodás kezdeti hőmérséklete kb. 840 °C (4. ábra). E hőmérséklet alatt, 600–840 °C-ig aránylag durva mérőeszközainkkel zsugorodást gyakorlatilag nem észlelünk.

Vizsgáljuk meg, hogy a külső méretváltozások és a belső szerkezet között milyen összefüggések találhatók.

A fajlagos felület az égetési hőmérséklet emelkedésekor állandóan csökken (5. ábra): alacsonyabb hőmérsékleten (kb. 840 °C-ig) nagyobb, magasabb hőmérsékleten kisebb mértékben.

Általában a xerogélek fajlagos felületének csökkenését gélöregedési folyamatnak tekintjük és kétféleképpen értelmezhetjük: 1. az eredetileg sarkos szemcsék gömbölyödésével (a szemcsék



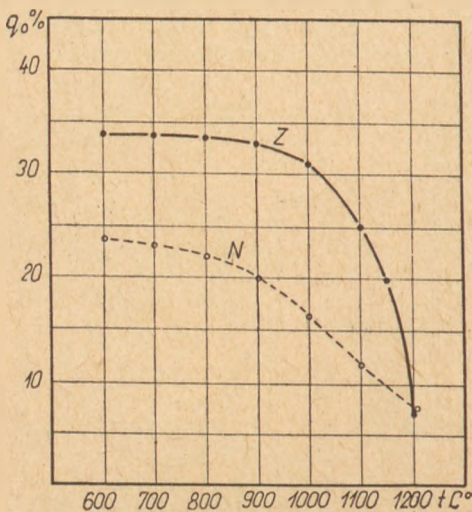
7. ábra

méreteloszlása lényegesen nem változik meg), 2. a szemcsék közötti kötőerő megnövekedésével, a felületek összenövésével (a szemcsék diszperzitás foka csökken). Esetünkben, amikor a kiégetett kaolin fajlagos felületének változását előidéző tényezőket keressük, a szokásos szemcseméret-eloszlás meghatározásával ezt a kérdést eldönteni nem tudjuk. A xerogélben a szemcsék közötti kötőerők ugyanis annyira megnövekedtek, hogy a „metakaolin” vízben nem áztatható fel. Ezért a szemcsék közötti pórusok változását kellett vizsgálnunk az égetési hőmérséklet függvényében.

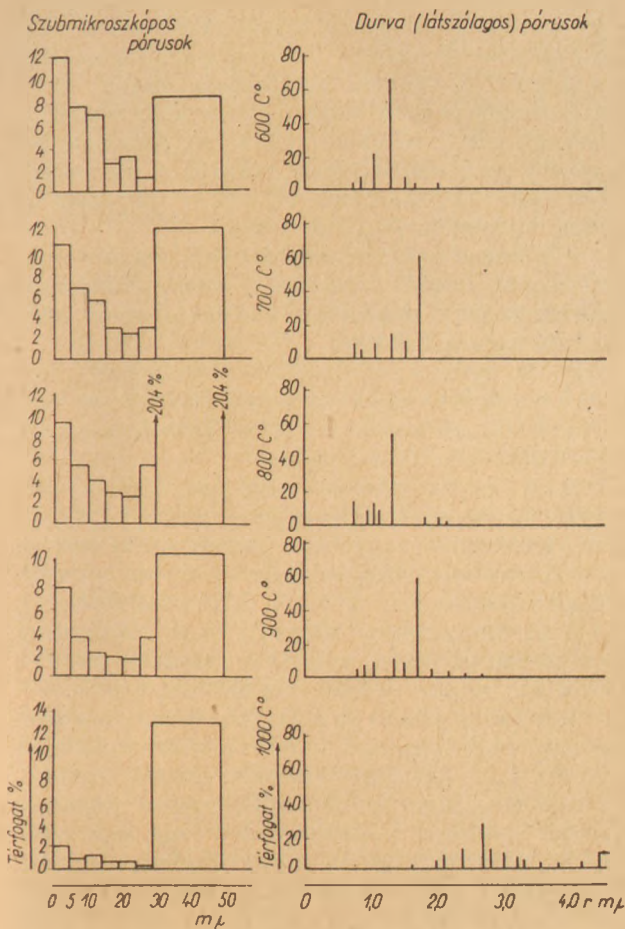
A próbatest súlyegységére vonatkoztatott *pórustérfogata* — vízfelvételének meghatározásával állapítottuk meg — égetéskor állandóan csökken (6. ábra): 800 °C-ig csak kis mértékben, ennél nagyobb hőmérsékleten rohamosan.

A szubmikroszkópos pórusok térfogatát és a fajlagos felületet együtt jellemző, egységnyi súlyú próbatestre vonatkoztatott *higroszkópos nedvességtartalom* görbéje (7. ábra) az égetési hőmérséklet függvényében szintén állandó tendenciával csökken. A görbéken kb. 840 °C-on kritikus (könyök) pontot láthatunk.

A fajlagos felület és higroszkópos nedvességtartalom görbéi a lineáris zsugorodás görbéinek látszólag ellentmondanak: az Ω_v és W_h értékek ugyanis már azon a hőmérséklet szakaszon (800 °C-ig) állandóan kisebbek lesznek, ahol a próbatest méreteit még nem változtatta meg. Ennek megfelelően a pórustérfogat is csak igen kis mértékben változott. E látszólagos ellentmondás onnan adódik, hogy mind a három fizikai mennyiség (Ω_v , q_0 , W_h) átlagérték, a pórusos rendszer finom szerkezetét nem írják le. Hogy a pórusos rendszerrel kielégítő képet alkothassunk, mindenképp a *pórusméret eloszlást* kell vizsgálnunk, mind a szubmikroszkópos, mind a mikroszkópos méret-tartományban. A 8. ábra bal oldalán a különböző hőmérsékleten égetett próbatestek szubmikroszkópos pórusainak méreteloszlását, míg a jobb oldalon a durva pórusok által kialakított csatorna-rendszer *equivalens kapilláris sugárméret eloszlá-*



6. ábra



8. ábra

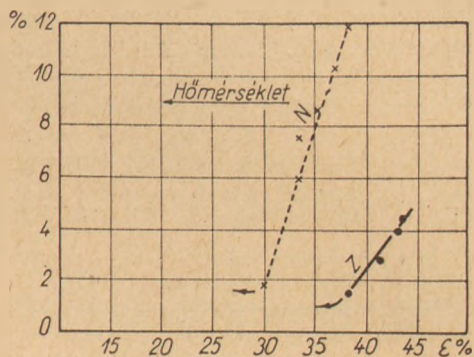
sát láthatjuk, az összes pórus térfogatára számított %-os mennyiségben.*

A pórusméret eloszlásokból az alábbiakra következtethetünk:

1. A legkisebb szubmikroszkópos méretű pórusok száma a hőmérséklet emelésekor állandóan csökken. Tehát a fajlagos felület nem a szemcsék legömbölyödése, hanem a felületek összenövése miatt lesz kisebb, amikor a hőmérséklet emelkedik.

A legkisebb szubmikroszkópos pórusokhoz hasonlóan a hőmérséklet fokozatos emelésekor a próbatest vízfelvétele is csökken. Ha a legfinomabb pórusok térfogatát (az összes nyitott pórusok térfogatára számítva) a próbatest látszólagos porozitásának függvényében ábrázoljuk (9. ábra), 600 °C-tól kb. 1000 °C-ig jó közelítésben egyenest kapunk. E hőmérséklet-intervallumban a porozitás csökkenése a legkisebb pórusok mennyiségének csökkenésétől függ. A folyamat a mérhető égetési zsugorodástól független és folyamatos.

2. A legnagyobb szubmikroszkópos méretű pórusok mennyisége kezdetben növekszik, 800 °C-



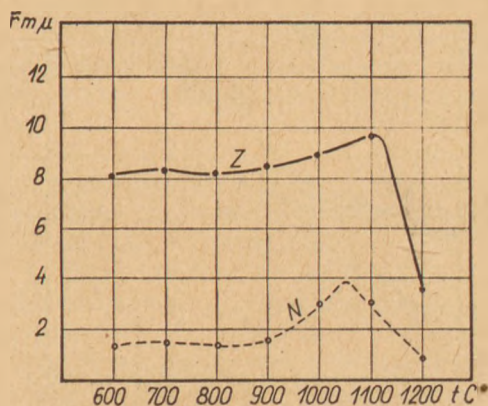
9. ábra

körül maximális, 900 °C-ig csökken, majd 1000 °C-nál ismét emelkedik. Az első, 800 °C körül jelentkező maximum értelmezésére ismét két út kínálkozik: a hőmérséklet emelésével vagy a kisebb pórusok méretének növekedését tételezzük fel, tehát a nagyobb pórusok számának és térfogatának emelkedése a legkisebb pórusok rovására történik; vagy a durva pórusok egy részének a szubmikroszkópos méretéig való zsugorodására gondolunk. Első feltevésünk indokoltnak látszik akkor, ha a legfinomabb pórusok mennyiségének egyidejű állandó csökkenését vesszük figyelembe. A fajlagos felület csökkenése azonban ezt a feltevést megdönti.

A második feltevés igazolására a durva pórusok méreteloszlását kell tanulmányoznunk.

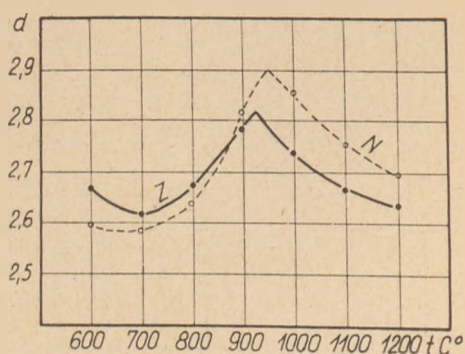
3. A durva pórusokat jellemző *equivalens* kapilláris sugárméret megoszlása szerint, ha az égetési hőmérsékletet növeljük, finomabb pórusok jelennek meg. A kaolin égetésekor tehát — 600—840 °C hőmérsékleti szakaszban — a durva pórusok egy része zsugorodott össze és ezáltal szubmikroszkópos méretű lett. Ezzel egyidejűleg, a pórusok másik része méretnövekedést szenvedett, aminek eredménye az, hogy az *átlagos equivalens kapilláris sugárméret* a hőmérséklet emelésével majdnem állandó (10. ábra).

Vizsgáljuk meg a durva pórusok alakját jellemző *sarkossági tényező* változását is az égetési hőmérséklet függvényében (11., 12. ábra). Mindkét módszerrel meghatározott formafaktor hőmérséklet-függvénye maximum görbét ír le. A hengeres, idealizált kapilláris alakjától 840 °C-on



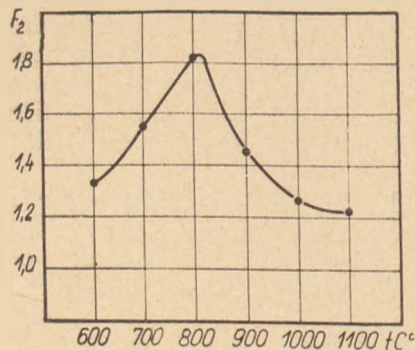
10. ábra

* Az abszcissa tengelyen feltüntetett pórusméretek nagyságrendje ne tévessze meg az olvasót, hiszen a finom pórusokat a tenziógörbe segítségével határozzuk meg, tehát valódi méretek, míg a durva pórusokat egyenértékű, idealizált kapilláris rendszerrel jellemeztük, tehát látszólagos méretek, de a durva pórusos rendszerről jó képet adnak.



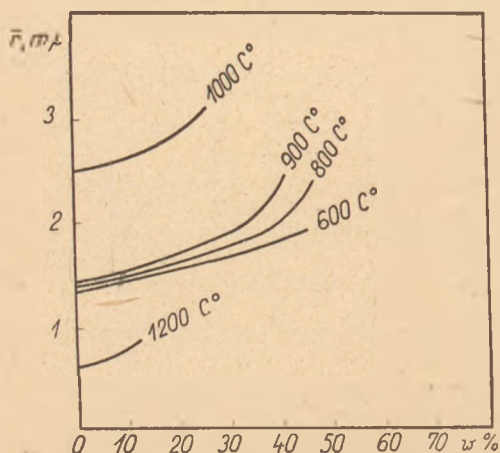
11. ábra

mutatkozik legnagyobb eltérés. Hasonló eredményeket kapunk, ha az átlagos *equivalens* kapilláris méretének a higroszkópos nedvességtartalom függvényében való változását vizsgáljuk (13. ábra). A 600 °C-on égetett kaolin *w-r* görbéje majdnem egyenes: minél több szubmikroszkópos pórust kötünk előzőleg le, annál nagyobb a vízfel szívás sebessége, annál nagyobb a látszólagos pó-



12. ábra

rusméret. 800 °C-on égetett próbatestnél kritikus higroszkópos nedvességtartalom felett a görbe hirtelen emelkedett, egyenes szakaszra rövidebb lett. Minél magasabb hőmérsékleten égetjük ki a kaolint, annál rövidebb a görbék egyes ága, a pórustérfogatnak annál kisebb részét kell előzőleg vízgőzkondenzációval lekötönnünk ahhoz, hogy a látszólagos prórusméret hirtelen emelkedését el-
érjük.



13. ábra

Mindezek a mérési eredmények azt mutatják, hogy 840 °C-ig az égetési hőmérséklet emelésekor a durva pórusok alakja torzul, a csatornarendszer sarkosodik. A durva kapillárisok falán szubmikroszkópos méretű bemélyedések keletkeznek, a csatornák fala csipkézetté válik. Az áramlást befolyásoló szubmikroszkópos pórusok a durva pórusok falán helyezkednek el, ez a folyamat az égetési hőmérséklettel fokozódik.

A pórusos rendszer méreteloszlásáról és alakjáról fevett adatok alapján a kaolinban égetés során végbemenő morfológiai változásokat az alábbiakban foglaljuk össze:

1. Az égetési hőmérséklet növelésekor a legkisebb szubmikroszkópos pórusok fala fokozatosan eltűnik felületek összenövése következtében, emiatt a próbatest porozitása csökken.

2. A durva pórusok egyrésze kisebb lesz, vagyis újabb szubmikroszkópos pórusok jönnek létre, kezdetben nagyobb, magasabb hőmérsékleten kisebb mennyiségben. Az új, finom pórusok a megmaradt durva pórusok falán alakulnak ki.

3. A formafaktor függvényének maximuma és a próbatest külső méretváltozásának kezdeti pontja kb. azonos égetési hőmérsékletre esik.

A fajlagos felület és a legkisebb szubmikroszkópos pórusok térfogata — mint a kísérleti adatokból láthatjuk — az égetési hőmérséklettel folytonosan csökken, függetlenül attól, hogy a próbatest méretei égetéskor megváltoztak-e vagy sem. Minden jel arra vall tehát, hogy próbatestünkben már akkor is zsugorodási folyamatok mennek végbe, amikor külső méreteinek megfigyeléséből erre még nem következtetnénk. Mivel próbatestünk kaolinszemcsékből felépített vázszerkezetből és a közte levő pórusos rendszerből áll, mindazokat a folyamatokat, melyek az égetés folyamán akár az összes pórus, vagy csak azok egy részének méretcsökkenését okozzák, zsugorodást előidéző folyamatoknak tekinthetjük. E folyamatok következtében a vázszerkezet megváltozik, s e változást szerkezeti zsugorodásnak nevezzük, mely a külső méretváltozásoktól független. Ha a belső morfológiai változások következtében, a xerogélnak nemcsak szerkezete, de külső méretei is megváltoznak, külső zsugorodásról beszélünk. A külső zsugorodás tehát a xerogél szerkezeti zsugorodásának a következménye. Ha külső zsugorodást észlelünk, mindig szerkezeti zsugorodásra is következtetünk, de ha próbatestünk külső méretváltozást nem mutat, csupán ebből a jelenségből a vázszerkezetben esetleg végbemenő, zsugorodás jellegű változásokra következtetni nem tudunk.

Vizsgáljuk meg, mi okozza a szerkezeti és külső zsugorodás közötti ellentmondást.

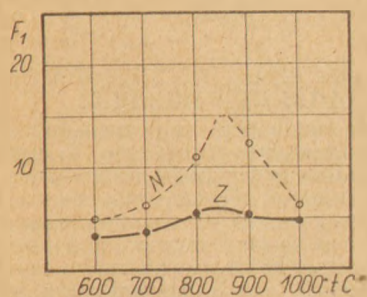
Mindenekelőtt tisztáznunk kellett, hogy milyen kristálykémiai reakciók mentek végbe a kísérleti anyagul szolgáló kaolinban 600 °C—1000 °C-ig. E célból a 700, 900 és 1000 °C-on égetett Z-kaolin röntgen felvételét elkészítettük.* A felvételekből kiderült, hogy 700 °C-on az egyetlen kimutatható kristályos komponens a γ Al_2O_3 volt igen kis mennyiségű és rendkívül kis méretű

* A vizsgálatokat Mándy Tamás végezte.

kristályok formájában. Emellett diffúz, de a kaolinitre emlékeztető vonalak is láthatók voltak, vagyis a metakaolinban a kaolinit kristályrács szerkezete még felismerhető. Az égetési hőmérséklet emelések a kristályok mennyisége állandóan növekszik, 900 C°-on a kristályok kb. 60%-a γ Al_2O_3 és 40%-a mullitból, 1000 C°-on égetett ókaonban kb. 40% γ Al_2O_3 és 60% mullitból állt.

A γ Al_2O_3 mennyiségével arányosan változik a különböző hőmérsékleten égetett kaolin *fajsúlya* is (14. ábra). Maximális fajsúlyt kb. 930 C°-on való égetés után kapunk.

Kísérleti tapasztalt tehát — melyet egyébként az irodalomból is jól ismerünk [4] — hogy 700 C°-on égetett kaolinban már γ Al_2O_3 van jelen, a DTA-görbéken ez az exoterm reakció mégis csak 900 C°-on jelentkezik. Erre vonatkozólag Jesztropjev és Toropov: „A szilícium kémiaja és a szilikátok fizikai kémiaja” című könyv 281. oldalán a következőket találjuk: „Néhány szerző véleménye szerint a kiégetett kaolinban levő SiO_2 gyors hevítése esetén késlelteti a γ Al_2O_3 kristályosodását, amely a lecsapott alumínium-oxidban a hőmérséklet növekedésével egyenletes ütemben folyik. Ez esetben az említett késleltetés folytán a kristályképződésben potenciális energia halmozódik fel, amely azután 900 C° felett erős exoterm csúcs alakjában jelentkezik. A kaolinit 700—900 C° körüli előzetes kiégetés esetén a γ Al_2O_3 jóval alacsonyabb hőmérsékleten jelenik meg és ezzel együtt csökken az exoterm hatás nagysága is.” Utóbbi kísérletet Insley és Ewell [4] is elvégezte, de ők azt tapasztalták, hogy az előzetesen 700—900 C° között égetett kaolinit exoterm reakciója nagyobb csúcsot írt le, mint a ki nem égetett kaolinné. Korábbi DTA-vizsgálataink szerint pedig [6] némely kaolinnál kedvező kísérleti körülmények között kettős exoterm csúcs jelentkezett. Ha a kaolint az első exoterm csúcsig előzetesen felhevítjük, majd a kemencét eltávolítva a kaolint lehűtjük, újra felhevítéskor az exoterm reakció első csúcsa eltűnik, míg a második megnövekszik. Mindezekből feltételezhető, hogy közvetlenül a kaolinit rács szétesése után a γ Al_2O_3 a stabilis kristályos módosulat, mely *valamilyen okból instabilis állapotban van*. Ezt követőleg képződik csak a mullit, γ Al_2O_3 -ból. Ha előzetes hevítéssel a γ Al_2O_3 mennyiségét megnöveljük, második felhevítéskor a mullit reakciója hevesebben zajlik le. E feltételezésnek exakt kísérleti bizonyítéka azonban még hiányzik.



14. ábra

Mint az előzőekből kitűnik, a 700 C°-on kimutatható γ Al_2O_3 rendkívül apró kristályokból áll, ugyanakkor a rendszer fajlagos felülete és a szubmikroszkópos pórusok mennyisége csökkent. E két utóbbi jelenséget a legkisebb szubmikroszkópos pórusok falának összenövésével magyaráztuk. Ezekután jogosan feltételezhetjük, hogy a γ Al_2O_3 a felületek között kristályosodott ki, a felületek nagyobb szabad energiája következtében.

Az égetési zsugorodást tehát minden valószínűség szerint a γ Al_2O_3 képződése indítja meg.

Mint minden szilárd fázisú reakciónak, a γ Al_2O_3 képződésének sebessége is igen kicsi. A reakció sebességét elősorban a hőmérséklet emelésével növelhetjük. Rá kell azonban mutatni, hogy a vázszerkezettel rendelkező rendszerben a szilárd fázisú reakciókat nemcsak a reakcióban résztvevő atomok, vagy atomcsoportok diffúzió sebessége befolyásolja, hanem a *reakcióképes helyek* száma is. A γ Al_2O_3 képződésének sebessége tehát nemcsak az égetés hőmérsékletétől és időtartamától függ, hanem a xerogél szubmikroszkópos pórusainak számától, és a xerogél morfológiájától is. Ugyanez vonatkozik mullitképzés reakciójára is.

Tehát a γ Al_2O_3 képződésének reakcióját maga a vázszerkezet felépítése befolyásolja (fékezi).

A vázszerkezetben az égetési hőmérséklet emelések végbemenő morfológiai változások olyan természetűek, hogy a vázszerkezet igyekszik kémiai reakcióra alkalmas állapotba kerülni. A legkisebb szubmikroszkópos pórusok eltűnésével egyidejűleg újabb szubmikroszkópos pórusok, tehát újabb reakcióképes helyek jönnek létre, s így lehetővé válik a további reakció. E feltevésünket a durva pórusok egy részének méretcsökkenése igazolta.

Együttal azt is tapasztaltuk, hogy a formafaktor 600—840 C°-ig növekedett, ami annak tulajdonítható, hogy az újabb szubmikroszkópos pórusok a durva pórusok falán jelentek meg. A durva pórusok több elemi részecskékből felépült kötegeket foghatnak körül, melyekben belül nagy számú szubmikroszkópos pórus található. A reakció (γ Al_2O_3 képződése) először e kötegen belül, a szubmikroszkópos pórusokban indulhat meg, létrehozva ezek zsugorodását. A kötegek azonban *kitámasztják, kiboltozzák egymást*, s így alacsonyabb hőmérsékleten a kötegek belső zsugorodásának arányában a durva pórusok másik része megnövekszik, külső zsugorodást nem észlelünk. A próbatest külső méreteit csak akkor változtatja meg, ha a γ Al_2O_3 , de itt már elsősorban a mullit nagymérvű képződésére a sok szubmikroszkópos prós és elegendő termikus aktiválási energia folytán lehetőség nyílik.

A külső zsugorodást tehát maga a vázszerkezet, elsősorban a vázszerkezetben jelentkező független szigetek, másodlagos részecskék száma és halmozódási módja befolyásolja.

(Fel kell hívnunk a figyelmet arra, hogy a tanulmányban szereplő kritikus hőmérsékletek

mindig az adott kísérleti körülményekre vonatkoznak, hiszen szilárd fázisban végbemenő folyamatokról lévén szó, a reakciók sebessége kicsi, így másfajta égetésnél — elsősorban égetési időtartamnál — a kritikus értékek is más hőmérsékleten jelentkeznének.)

*

A kaolinok égetési zsugorodását megindító reakciót kerestük és úgy találtuk, hogy a reakció γ Al_2O_3 kristályosodása, amorf oxidból.

A külső zsugorodás már inkább mullit képződésével kapcsolatos. (Természetesen a magasabb hőmérsékleten bekövetkezett zsugorodást már egyéb kristálykémiailag folyamatok, olvadás stb. okozzák.)

Megállapítottuk, hogy a kaolin szemcséinek halmozódásából létrejött váz szerkezetének a kaolin zsugorodására befolyása van, és pedig:

1. Befolyásolja a kristálykémiailag reakciók sebességét.

2. A már létrejött reakció által előidézett méretváltozásokat a test külső méreteinek változásával arányosan követni nem tudja, mert elsősorban olyan belső morfológiai átalakulások mennek végbe a vázszerkezetben, melyek a külső zsugorodást csökkenteni igyekeznek. E külső zsugorodást csökkentő hatás a váz szerkezetének felépítésétől függ.

E két megfigyelésből következik, hogy ha a kaolinok égetési zsugorodását értelmezni akarjuk és nem elégszünk meg a külső zsugorodás technológiailag kétségtelenül elsőrendű fontosságú pusztán leírásával, akkor ismerteteinket nemcsak az atomos méretekben végbemenő kristálykémiailag folyamatokra kell kiterjesztenünk. Az atomok halmozódása révén ugyanis elsődleges kristályok, továbbá másodlagos részecskék jönnek létre, s ezek építik fel a makroszkópikus testet. Mivel a másodlagos részecskéknél önálló törvényei vannak, a makroszkóposan észlelhető folyamatok és az ezeket előidéző atomos folyamatok közötti összefüggéseket sem érthetjük meg, ha a másodlagos részecskékből felépülő vázszerkezet törvényeit nem kutatjuk, vizsgálatainkból önkényesen kihagyjuk. A vázszerkezet — mint átmenet a két szélső (atomos és makroszkópos) mérettartomány között, mindkét tartományban a folyamatokat befolyásolja. Fenti tanulmány célja az volt, hogy erre a tényre a figyelmet felhívja. Természetesen igen sok nyitott kérdés maradt. Ilyen pl. az, hogy hol helyezkednek el — kristálykémiailag értelemben — a reakcióképes szubmikroszkópos pórusok. Milyen a faluk atomos felépítése. Milyen összefüggés van a γ Al_2O_3 képződése és a kaolin eredeti kristályszerkezete, valamint morfológiája stb. között. Ezekre a kérdésekre a kísérleti adatok hiánya miatt még nem volt megadható a felelet. Hogy a kérdésekre, legalábbis azok egy részére választ kaphassunk, kísérleti módszereinket kell finomítanunk. Mi elsősorban arra voltunk kíváncsiak, hogy valamilyen nyers kaolin kolloidkémiailag tulajdonságai, elsősorban szemcseeloszlása, szemcsealakja és a szemcsék halmozódási módja,

valamint a szennyezések természete milyen mértékben hat ki a kaolin külső égetési zsugorodására. Ezeknek megismerésére folytatott kísérletekkel későbbi tanulmány foglalkozik.

IRODALMI UTALÁSOK

- [1] U. Hofmann : *Tonind.* Ztg. 24. (1959). 602.
- [2] I. Shearer : *Trans Brit. Ceram. Soc.* 23. (1924). 314.
- [3] K. Sz. Jesztropjev és N. A. Toropov : A szilícium kémiaja és a szilikátok fizikai kémiaja. Budapest, 1951. 281. old.
- [4] R. C. Mackenzie : *The Differential Thermal Investigation of Clays.* London, 1957.
- [5] R. E. Grim, W. E. Bradlay : *Amer. Min.* 33. (1941). 50.
- [6] Juhász Z. : *Építőanyag*, 1—2. (1959). 17.
- [7] Krause, Wöhner : *Ber. DKG.* 13. (1932). 485.
- [8] Neumann, Kober : *Z. angew. Chem.* 40. (1927). 337.
- [9] H. K. Thoenes : *Ber. DKG.* 31. (1954). 103.
- [10] J. F. Hyslop, J. Gworek
- [11] A. Zwetsch : *Ber. DKG.* 32. (1955). 63.
- [12] Juhász Z. : *Építőanyag* 9. (1955). 336.
- [13] S. Brunauer, P. H. Emmet, E. Toller : *J. Am. Chem. Soc.* 60. (1938). 309.
- [14] Juhász Z. : *Építőanyag* 4. (1957).
- [15] F. M. Lea, R. M. Nurse : *Symposium on Particle Size Analysis.* *Trans. Inst. of Chem. Eng.* 25. (1947). 47.
- [16] O. Carlsson : *Ber. DKG.* 31. (1954). 230.
- [17] K. Konopický, W. Lohre : *Ber. DKG.* 33. (1956). 101.
- [18] K. Konopický : *Tonind.* Ztg. 22. (1959). 535.
- [19] Likov : A szárítás elmélete. Budapest. 73. old.
- [20] Buzágh A. : *Kolloidika*. 1. rész, 1. kötet 58. old.

Dr. Juhász Zoltán : Kaolinok égetési zsugorításának tanulmányozása

A tanulmány a kaolinok égetési zsugorodását megindító kristálykémiailag reakció megismerésére végzett kísérletekkel foglalkozik. E reakció felderítése céljából mértük a kaolin próbatestek irreverzibilis égetési lineáris zsugorodását, mint a külső méretváltozások jellemzőjét, a fajlagos felületet, a pórusméret eloszlást, vízfelvételt és a pórusok alakjait tényezőjét (erre külön mérési módszert dolgoztunk ki), mint a belső szerkezet jellemzőit, valamint a fajsúlyt (kiegészítve röntgenanalízissel), mint a kristálykémiailag szerkezet jellemzőjét, 600 °C—1200 °C hőmérséklet intervallumban.

Megállapítottuk, hogy a kaolin szerkezetében már alacsonyabb hőmérsékleten is zsugorodás jellegű folyamatok mennek végbe, bár ezen a hőmérséklet szakaszon a kiegészített próbatest méretváltozásokat alig mutat. E belső szerkezeti zsugorodást a γ Al_2O_3 képződésével hoztuk összefüggésbe. Alacsonyabb hőmérséklet szakaszon a próbatest durva pórusainak egy részénél méretcsökkenést, másik részénél méretnövekedést találtunk. Az első folyamat nagyobb γ Al_2O_3 és mullit képződést teszi lehetővé, azáltal, hogy a szerkezetben a reakcióképes helyek száma megnövekszik, a második a másodlagos szemcsék kitámasztó hatásának volt tulajdonítható, ami a külső zsugorodást megakadályozza. A belső szerkezeti zsugorodást tehát a γ Al_2O_3 a külsőt zömmel a mullit képződése okozza. A zsugorodást megindító reakciónak a γ Al_2O_3 képződése tekinthető.

Д-р Золтан Юхас : ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКАНИЯ КАОЛИНОВ ПРИ ОБЖИГЕ

Спекание каолинов при спекании вызывается реакцией образования кристаллов. С целью выяснения этой реакции измерялись необратимое линейное спекание каолиновых образцов при обжиге, как основной показатель внешних изменений размера, удельная поверхность пор, водопоглощение и форменный коэффициент пор (с этой целью разрабатывался отдельный метод измерения), как характеристики внутреннего строения, и удельный вес (дополняя рентгеновским

анализом), как показатель кристаллохимического строения в температурном интервале порядка 600 C°—1200 C°.

Установлено, что в строении каолина происходят процессы спекательного характера даже при более низкой температуре, хотя в этом температурном интервале обожженный образец обнаруживает незначительные изменения в размере. Была установлена зависимость между внутренним конструктивным спеканием и образованием гамма Al_2O_3 . При более низкой температуре одна часть крупных пор образца обнаруживала уменьшение размера, а другая часть показала интенсивное образование гамма Al_2O_3 и мрллита за увеличение размера. Первый процесс позволяет более счет увеличения количества способных к реакции мест. Второй процесс оказывался причиной поддерживающего влияния вторичных зерн, препятствующего внешнее спекание. Следовательно, внутреннее конструктивное спекание вызывается гамма Al_2O_3 , а внешнее — образованием муллита. Реакцией, начинающей спекание, считается образование гамма Al_2O_3 .

Dr. Zoltán Juhász : Das Studium der Brennsinterung (Brennklinkerung) der Kaoline.

Das Studium befasst sich mit den Versuchen von Erkennung der kristalchemischen Reaktionen, die die Brennsinterung der Kaoline in Gang setzen. Zur Aufklärung dieser Reaktion haben wir die lineare

Brennsinterung der Kaolin Probekörper, als charakteristik der äusserlichen Maassänderungen, die spezifische Oberfläche, die Verteilung der Porenmaasse, die Wasseraufnahme und den Formfaktor der Poren (zu diesem Zwecke haben wir eine besondere Messungsmethode ausgearbeitet) als charakteristik der inneren Struktur, weiter das spezifische Gewicht (mit Röntgenanalyse ergänzt), als Charakteristik der kristallchemischen Struktur in 600° C—1200° C Temperaturintervallen gemessen.

Wir haben festgestellt, dass sich in der Struktur des Kaolins bei niedrigeren Temperaturen Prozesse abspielen, die auf die Sinterung charakteristisch sind, obgleich bei diesen Temperaturen der gebrannte Probekörper keine Maassänderungen zeigt. Diese innere Struktursinterung haben wir mit der Bildung von γAl_2O_3 in Zusammenhang gebracht. An niedrigeren Temperaturabschnitten haben wir bei den groben Poren des Probekörpers teilweise Massverminderung, teilweise Maaszunahme gefunden. Der erste Prozess hat grössere γAl_2O_3 - und Mullitbildung möglich gemacht dadurch, dass in der Struktur die Zahl der reaktionsfähigen Plätze wächst. Den zweiten Prozess können wir mit der Ausspreitzwirkung der Sekundären Granülen — die die äusserliche Sinterung verhindert — begründen. Die innerliche Struktursinterung hat das γAl_2O_3 , die äusserliche Sinterung die Mullitbildung verursacht. Die γAl_2O_3 -Bildung kann als eine Reaktion, die die Sinterung eröffnet, betrachtet werden.

Nemzetközi műszaki könyvkiállítás Budapesten

Ez év május hó 20-án ismét megnyitja kapuit a Budapesti Ipari Vásár és a vásáron megnyílik a nemzetközi műszaki könyvkiállítás, amely bemutatja a baráti államok — élükön a Szovjetunió — szakkönyvkiadásának termékeit. Mintegy 1200 műszaki könyvet és több száz szakfolyóiratot állítanak ki.

A kiállításnak az ad időszerűséget, hogy ebben az évben ünnepli a magyar műszaki könyvkiadás 10 éves fennállását. A seregszemlén felvonultatják az elmúlt időszak tartalmi és kiviteli szempontból legsikerültebb magyar műszaki könyveit, a könyvművészeti versenyek díjnyertes kiadványait. Ugyanakkor a könyvbemutató azt a nagyarányú fejlődést is szemlélteti, amely a magyar szakkönyvkiadást jellemzi. A látogató tehát képet alkothat a hazai eredményekről és egyben összehasonlítást tehet a környező államok szakkönyvkiadásának működéséről is.

A kiállítás célja továbbá, hogy a második ötéves terv irányelveinek figyelembevételével „a széles nép-

tömegek, elsősorban a munkásszótály művelődési és szakmai továbbképzési igényeinek kielégítését” szolgálja. Szakkönyvkiadásunk feladata a műszaki vezetők, a műszaki értelmiség szaktudásának fejlesztése, megfelelő, korszerű irodalommal való ellátása. A Műszaki Könyvkiadónak, hogy ezt a feladatát elláthassa, szoros kapcsolatot kell teremtenie az iparral, illetve az iparban dolgozó szakemberekkel. A Budapesti Ipari Vásár kiváló alkalom arra, hogy az érdeklődők tízezrei felkeressék a kiállítást és kizselysítsék a szakkönyvekkel kapcsolatos tapasztalataikat, ismereteiket, illetve felhívja a műszaki könyvekre azok figyelmét, akik eddig a mindennapi munka során még nem hasznították eléggé a szakkönyvekben foglaltakat.

Érdekes, tanulságos lesz a séta a magyar, szovjet, német, cseh, szlovák, román szakkönyvek és tudományos folyóiratok között. Ne mulassza el megtekinteni a kiállítást a Művészeti pavilonon a szovjet pavilonnal szemben.

Az asztali üveg művészete

TASNÁDINÉ MARIK KLÁRA

Az emberiség, kultúrájának emelkedésével eljutott arra a fokra, amelyben megtalálta ételének, italának nemcsak tárolására és elkészítésére alkalmas edényfélések kialakítását, hanem azoknak az étkezés egyre fejlettebb fokához való alkalmazását is. Az út az ivásra használt kagylóhéjtól az első cseréppohárig, a kívájt fatáltól a nemesfém edényekig, az ivótüloktől az üvegserlegig hosszú. A fejlődés folyamán az ember, — a legkülönbözőbb anyagokban — a használatra alkalmas művészi formák gazdag változatát hozta létre. Amíg elmúlt korok folyamán lényeges szerepet játszott e tárgyak anyagának értékes volta, a mai ember szemléletében képes függetleníteni magát az anyagban rejlő érték jelentőségétől és élvezni tudja a forma tiszta művészetét, funkcionális tökéletességét az anyagtól függetlenül.

Számunkra letűnt társadalmak, kultúrák, történelmi korok művészi és gyakorlati emlékei egy-egy területen vagy időbeli egységben, azonos technikák és technológiák mellett, azonos stílusjegyek alapján mint kulturális egységek jelennek meg, amelyekben az egyik formaalakítási irányból az átmenet a másikba megfigyelhető. Ez a stílus egység Európában a XVIII. sz. végén robbanásszerű társadalmi átalakulás következtében megbomlik és az egyensúlymegingás lassanként érezhetővé válik mindenütt, ahová az európai civilizáció hatása eljut.

Igen messzire vezetne, ha az okokat mélyebben fejtegetni akarnánk. A számos komponens közül a legjellegzetesebb és valószínűleg alapvetően leglényegesebb az iparosodás, a kézműipart felváltó gépi termelés, amely a XIX. században véglegesen magához ragadja a hatalmat. Ezzel úgyszólván párhuzamosan indul meg a harc a gépipar könnyűipari jellegű ágaihoz a tömegtermelés művészi színvonaláért. Az eszme harcainak hosszú, nehéz küzdelmet kellett vívni a gyors haszonra dolgozó gyárparral szemben, amely a művészi tervet kerékkötőnek tartotta, de ugyancsak nehezen tudták megnyerni az ízléstelen gyártmányokba beletörődő, részben kellő nevelés hiányában színvonalasabbat nem igénylő vásárlók tömegét is. Csak több évtizedes küzdelem után vált tudatossá, hogy a termelésnek gépesítése nem jelenti a minőségi és művészi igényről való lemondást, amint hogy a kézműipar sem alkotott mindenkor csakis kiválót, s hogy a helyesen irányított gépi termelést, mint az alkotó művészi szellem mindenki számára hozzáférhetővé tételét kell tekinteni. E tény felismerése után a helyzet természetesen nem változott egyik napról a másikra. Az új eszközök nyújtotta lehetőség és a különböző forrásokból fakadó igények által támasztott követelmények szövevényében ezt az időszakot a tervezők számtalan kisiklása jellemzi. De ennek ellenére haladás már ekkor is mutatkozott.

Einstein korunkra az eszközök tökéletesedését és a célok összehangolását tartotta jellemzőnek. Az eszközök tökéletesedése, az ember tör-

ténete folyamán egyik állandó alapja a kultúra fejlődésének. A gépkorszakra legfeljebb az eszközöknek egyenetlen, ugrásszerű fejlődése jellemző és ez valóban az eszmék tisztázásának hiányában gyakran súlyos zavarokat okozott és okoz néha még ma is. De a művészi kézműipar helyébe lépő gyáripár esetében, mint már fentebb említettük a célok, habár csak eszmei alapon, már régen tisztázódtak. Ma pedig már eljutottunk odáig, hogy nem képezi vita tárgyát az, hogy minél nagyobb tömegben készülő terüetről van szó, annál fokozottabb a kivitelre kerülő tervnél, — a funkcionális célok és a gyártási processzus szem előtt tartása mellett, — a *művészi igény*. A cél tehát nem vitatott, hogy mennyiben kerül maradéktalanul megvalósításra, ez már képezhetné vita tárgyát, pedig a gyáripárnak *nemcsak lehetősége, de kötelessége is* e cél szolgálata.

Gyáripárunk lassú fejlődése, el-elmaradott volta erősen elhanyagolta ezt a kérdést, főleg az üveg terén. A múlt század végén a magyar művészi üvegipar szórványos kezdeményezések után komoly fellendülést mutatott és századunk elején mérvadó külföldi szakvélemény állapította meg, hogy „Csehszónak ott támad versenytársa, ahonnan legkevésbé feltételezhető, — Magyarországon —”. Ez pedig, ismervé a cseh üveg-művészet több évszázados múltját, sokoldalúságát, mozgékonyágát, — igen nagy szó volt.

A művészi üvegformák és díszítmények tervezése ott is számtalan problémát vett fel, ahol a fejlődés jelentős múltra tekinthet vissza és töretlen egyenes vonalban ment végbe. Fokozottan vet fel problémákat ott, ahol néhány évtizedes fellendülésre hosszú évek tespedése következett. Folyamatosság nélkül egy magasabb szint elérése sokkal nagyobb erőfeszítést igényel s az alapeszmék változásának tisztázása is nehezebb. A művészi igényű tömegtermelésre irányuló tervezés az üvegművesség terén nálunk viszonylag új

1. ábra. XVI. Lajos stílusú hengerpohár. Magyar 1800 körül. (Iparművészeti Múzeum, Feltick gyűjtemény)

2. ábra. Sokoldalú hasábfarmára kiképzett hengerpohár, cseh, XIX. század első fele. (Iparművészeti Múzeum)

3. ábra. Nyújtott hengerpohár, jegecelt üveg, Orrefors 1930-as évek

4. ábra. Vizespohár Lobmeyr 1850 körül. (Magántulajdon)

5. ábra. Orrefors 1930 körül

6. ábra. Hutában formált, köszörült díszítésű, peremtálpas pohár, Orrefors 1940—50 körül. (Iparművészeti Múzeum)

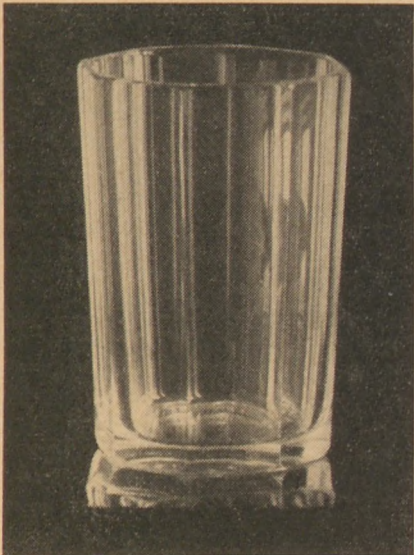
7. ábra. Jegecelt pohár, Orrefors 1930-as évek

8. ábra. Jegecelt ürmőspohár. Orrefors 1930-as évek

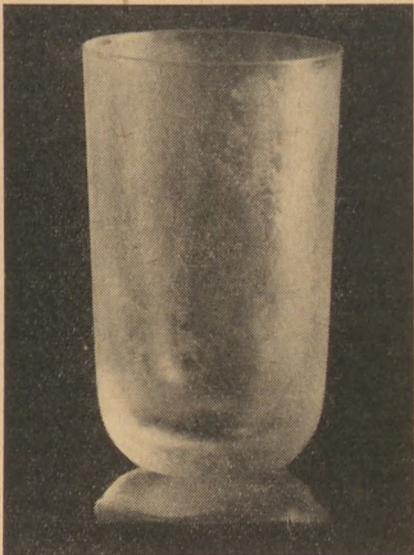
9. ábra. Jó tektonikájú poharak. Tervezőjük élt a vastagabb s vékonyabb üvegfalak által nyújtott fénytörési hatással. Foto: Steuben Glass Inc. 1949.



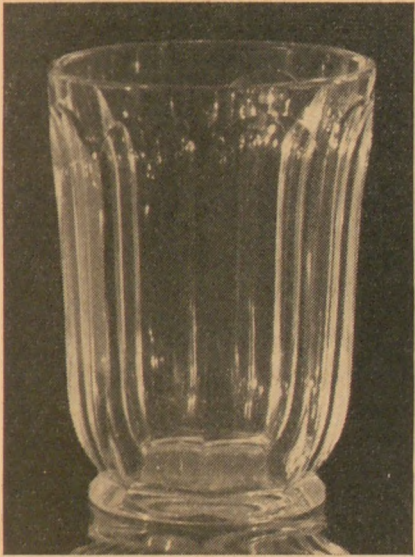
1



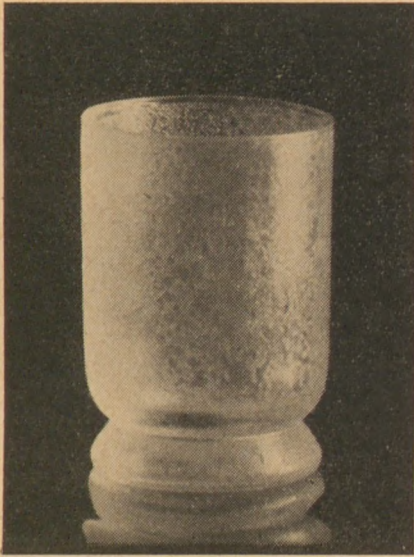
2



3



4



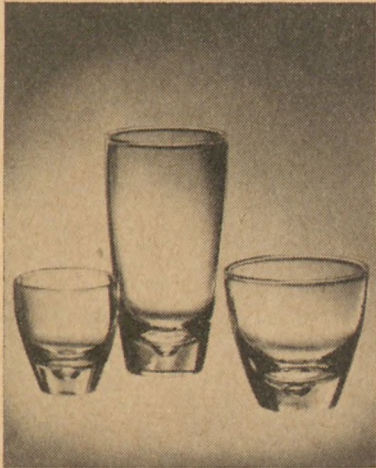
5



6



7



8



9

törekvés. Az Iparművészeti Tanácsnak egyik fontos programpontja ez. Magunk részéről néhány elméleti kérdés tisztázásával s az Iparművészeti Múzeum üveggyűjteményének, valamint néhány magángyűjtő asztali üvegeinek bemutatásával kívánunk e programponthoz hozzájárulni.

Minden anyagban elképzelt alkotásnál, elsősorban az alapanyag lényegéből kell kindulni. Ez a képzőművészet egyes alkotásaira is áll. A szobrásznak másképp kell megterveznie alkotását, ha márványban, másképpen ha bronzban, vagy fában kívánja kivitelezni. A művész az alkotás folyamatában, teremtő fantáziájában mindenkor a már kész mű, elkészítendő anyagában elképzelt. Annak, aki üveg számára tervez formát vagy díszítést, az üveg lényegében kell éreznie és gondolkodnia. Ismernie kell a gyártási folyamaton kívül a különböző üvegfajták fénytörő tulajdonságát, színét (még szintelen állapotban is), hogy a tervezés folyamán ezeknek előnyével, vagy előnyök hiányában a hátrányok lehető kiküszöbölésével élhessen. De ennél tovább ismernie kell az anyag jellegét struktúráját is, és mindezeket túl a tervező figyelmének a tárgy *funkcionális esztétikájára* kell összpontosulnia. Ez a tény feltétlenül nagyobb ösztönző lendületet ad az alkotáshoz, mintha csak az lebeg szeme előtt, hogy több ezer példányban előállítandó darabot tervez, bár ez a szempont ilyen cél esetében sem hanyagolható el.

Az üveg lényegét illetőleg a tudományos felfogás újabban megváltozott. Több évszázadon át mesterségesen előállított ásványi anyagnak tekintették. Ez a szemlélet három és fél évszázadon át Európa jelentékeny területén határozta meg az üveg művészi megmunkálását. Kémiai összetétele alapján az üveg valóban rokona a természetben egyre ritkábban előforduló mindenkor nagy becsben tartott hegyikristálynak. E nehezen elérhető kincsnek pótlására irányult évszázadokon át az üvegművességben az a törekvés, hogy elérjék víztiszta szintelenségét, fokozzák fénytörését. Az ókortól kezdve a különböző színes üvegek gyakran a drágakövek nehezen elérhető pompáját voltak hivatva pótolni. Azóta, hogy a XVII. század drágakő vésnőkei átvitték a kristálymetszés technikáját az üvegre, a kezdetben igen magas színvonalú művészet a társadalmi átalakulások és az üvegnek egyre szélesebb körben való elterjedése következtében jelentős változáson ment át. Művészi felfogásban, technikában, igényességben általában egyre szerényebbé válva — de még mindig a keményen megmunkálható munkaanyag szemléletében —, eljutott a cél kettéválásáig, vagyis az egyedi mesteralkotáshoz és a széleskör számára készülő szériakészítményhez. Ennek a technikának végső fokon sajnálatos eltorzulása, a nálunk „szudéta modernak, vagy köszörülésnek” nevezett csiszolási stílus, amely már zsákutca, értelmetlen geometrikus díszítmény halmozásával. Ez a stílus megfosztja teljesen az üveget alaplényegétől, az átlátszóságtól és a kezdeti fokon kitűzött célját az ólomkristály magas fényvisszaverését fénybontását —

amely bizonyos szempontból helyeselhető volt — már nem szolgálja.

A tudomány ma az üveget szilárd folyadék-nak tekinti. A modern asztali üveg tervezésénél az új formaképzés érdekében ebből a szemléletből kellene kiindulni. Ha ennek a vonzó sokarcú, valóban csodálatos anyagnak ezt a tulajdonságát vesszük a tervezés alapjául, föl kell ismernünk azt a tényt is, hogy a modern asztali üveg sarkalatos követelménye a tiszta, hibátlan, magasminőségű üveganyag. Tudjuk, hogy ilyen üveganyag elérése sok körülménytől függ. Viszont reprezentatív művészi tervet, ami a munkaanyag optimális tulajdonságainak feltételezésével készül, csak kifogástalan anyagban szabad kivitelezni. Az üveg esetében a legkitűnőbb tervet a szegényes, silány munkaanyag hatástalanná teheti.

Ha a tervező tudatában lesz, hogy milyen komoly jelentősége van a kifogástalan minőségű üvegnek s hogy ez önmagában is már mennyi esztétikai hatás forrása lehet, fáradságot és figyelmet fog szentelni egyszerű, de hatásos formák tervezésére. A terített asztalon az üveg már egymagában is díszítésként hat, tehát takarékosan kell bánni a díszítésre szánt elemekkel, amelyeket az asztali üveg esetében feltétlenül az új szemléletnek kell alárendelni.

De maradjunk egyelőre a formánál. Az asztali üveggel szemben mi is az általános követelmény? A kellemes szemhatás mellett, még vékony falvastagságú kivitelében is legyen stabil. Legyen jól kézhezálló, vagyis minden fölösleges ügyeskedés nélkül megfogható. Az egyes készlet-részek a lehető legjobban feleljenek meg rendeltetésüknek. Vagyis a poharakból lehessen inni, kompótos és salátás tálak, tányérok legyenek megfelelő mélyek, a csemegés és süteményes stb. tálak, tányérok ennek ellentétéképpen laposak. Fontos szempont, hogy a tisztítás se okozzon különösebb problémát. A poharak és palackok esetében a formaadás fokozhatja az esztétikai hatást, az italok színét átvevő öblös rész, illetve a falvastagság kialakításával, vagy azáltal, hogy az öblösrésztől a nyél vagy talp, vagy pohárfenék tömören üveganyagában elválik. Palackok és kancsók esetében lényeges, hogy könnyen adjanak a pohárba töltéshez jó fogást. A kancsók-nál nem könnyű megtalálni a jó kiegyensúlyozást

10. ábra. Coca cola pohár, zománcfestésű betűkkel, külföldi terv után készítette Salgótarján 1952 körül

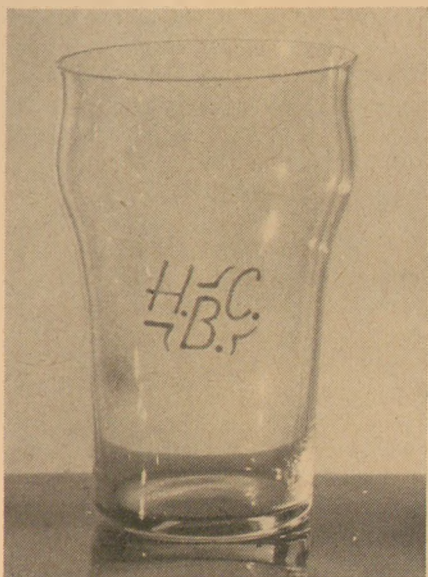
11. ábra. Barokk gyümölcscsésze, metszett és köszörült díszítéssel. Szilézia XVIII. század első fele (Iparművészeti Múzeum)

12. ábra. Nemesacélformába sajtolt, kagylóalakú kristály-üveg tál. Belga, 1930 körül (Magántulajdon)

13. ábra. Kompótos tál, kristályüveg. Belga (?) (Iparművészeti Múzeum, Fettiék gyűjtemény)

14. ábra. Csemegéstál, márványozott zöld üveg, kevés arany díszítéssel. Magyar (?) 1880 körül (magántulajdon)

15. ábra. Formabafüvött, szintelen tányér, arany díszítéssel. Magyar, XVIII. század körül. (Iparművészeti Múzeum)



10



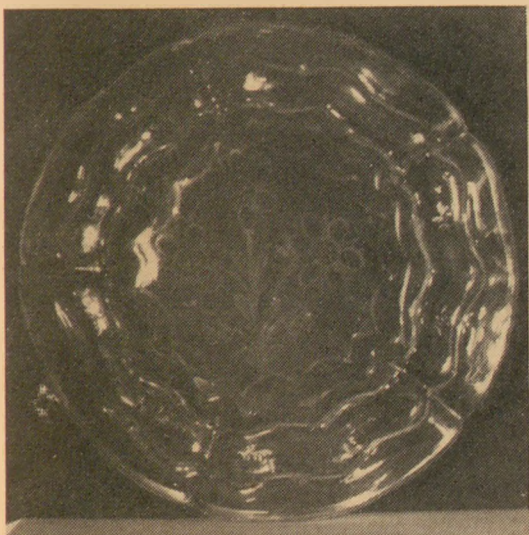
12



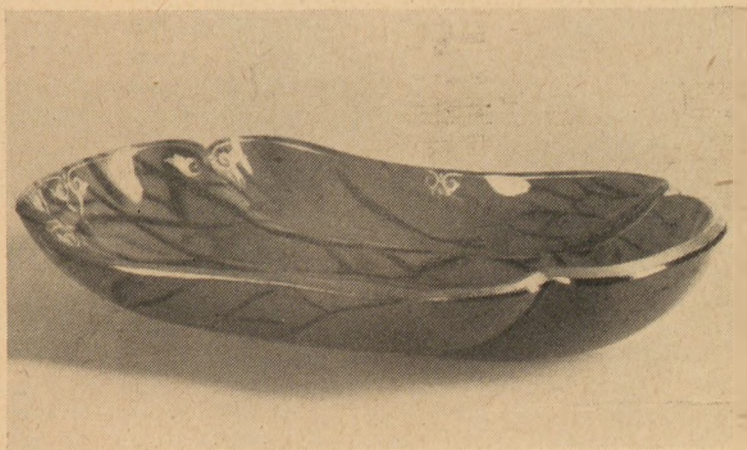
13



11



15



14

biztosító fül elhelyezését s a biztos kiöntéshez alkalmasabb, előrehúzott ívelt kiöntőcsőrt mint kis ajakformát. Ezeknek a készletrészeknek megtervezésénél az alkotó képzelet szentelhet néhány gondolatot a mozdulatok esztétikájára is.

A mai terített asztal, a kötelező illemen felül nem akar senkit sem feszélyezni, tehát lehetőleg kerülendő a túlhoszú és túlvékony nyél. A kis úrtartalom — pl. likőrös készletek poharai —, a szokásos kis forma mellett lehetőleg legyenek olyan kiképzésűek, hogy erősebb alkatú kezek számára is könnyen megfoghatók legyenek.

Nagy tömegben készülő ivóedények, palackok mindenkor csakis átlátszó üvegből készüljenek. Az üveg átlátszósága tette lehetővé az ember számára, hogy italának, poharának tisztaságáról meggyőződhessen. Ez egyformán higiéniai- és kulturális igény! Különleges készletek lehetnek jegecetek részben vagy egészben maratottak. Ez amellett, hogy a szemlélőben az ital hűvösségének hatását kelti, összhangban van az üveganyag modern szemléletével. Ugyanígy lehetséges az üveg színezése is. A jól megválasztott zöld szín, a vörösboros poharaknál már hagyományos. A dán Kastrup művek Bang J. E. tervezésében egyszerű, érdekes formákat készít „tengerzöld” (28. kép) és „estikék” színben hétköznapi használatra. Lényeges, hogy a színek mindenkor könnyed, halvány ún. pasztell árnyalatok legyenek s az edény mindenkor megtartsa maximális átlátszóságát. A mértékkel alkalmazott lüszternek is helye van különleges készleteknél. Ez a magyar üveg esetében mondhatnánk kötelező tradíció, mert az első modern lüszteres üvegek Magyarországon készültek a múlt század hatvanas éveiben.

Az asztali üveg minden időben híven tükrözte korának stílusát. A modern asztalkészleteknek tehát a ma stílusában kell készülniük. A kézművesgyakorlat idejében az emberi környezetet képező használati tárgyak létrejötténél, tervező, kivitelező s a kivitelezéshez szükséges eszköz készítője sokkal közelebbi kapcsolatban voltak egymással, mint a gépesedés kezdeti korszakában a hasonló funkciót betöltők. Ez az eltávolodás zavarólag hat, sőt egyenesen gátlója lehet egy művesség stílusának továbbfejlődésében. Az üvegiparban a művészi üvegek, napjainkban is még mindenütt kézi fúvással készülnek a hagyományos, de korszerűen kivitelezett eszközökkel. Hasonló az eset a finomító eljárásoknál is. (Itt az eszközök tökéletesedésén kívül még a technikák is bővültek, ha nem is mindig a művészi színvonal irányában.)

Az alapjában változatlan kivitelezési eljárások következtében az okot — ott, ahol a korszerű üvegművészet egészséges stílusfejlődése nem indul meg, vagy megrekedt, zsákutcába jutott — másutt kell keresnünk. A művészi manufaktúráis üvegipar komplex természetű. Művészi érzékű technikai vezető, a huta technológiai lehetőségeit és a kivitelező szakmunkásokat jól ismerő tervező művész, valamint képzett és gyakorlott tehetséges szakmunkások együttese hozhat csak létre átütő értékű komoly művészetet, stílust.

E három tényező közül a színvonalas eredmény érdekében egyik sem nélkülözhető, de egymást sem nélkülözhetik. Viszont, hogy eredményesen együttműködhessenek, föltétlenül szükséges, hogy állandó össz munkában kialakítsák azt az atmoszférát, amely minden olyan művészi munkához szükséges, amely kollektívához kötött. Ez minden művészi igényű manufaktúra esetében érvényes, ebben az esetben a művészi üvegiparra. A technikai vezető és a gyakorlott, jól képzett kivitelezők állandósága magától értetődő. Hasonlóképpen állandó tényezőnek kell lenni a tervezőnek is. Azzal, hogy a tervező művész, hol itt, hol ott jelenik meg konzultációra, nyújthat segítséget, de ez nem elégséges egy művészi színvonalra törekvő huta esetében. A művészet, vagy művészi termelés légkörét, alapjait, irányát ilyen módon a legkiválóbb művész, a legkiválóbb szakember sem tudja kialakítani.

A zökkenés a magyar művészi üvegiparban a tervező művész hiányában — főleg az üveggyárakban nem állandó alkalmazásában —, továbbá az elméleti és gyakorlati téren művészetben iskolázott, képzett szakmunkások hiányában van. Meggyőződésünk, hogy tehetségekben nincs hiány. Üveggyárainkban számos kitűnő és a szép szakmát szerető ember ambicionálja a művészi színvonalra emelkedést, csak ki kellene előtük tárnunk e nagyszerű művészet szín- és formagazdag világát, hogy munkájuk lendületet vegyen.

Helytelen a tervezőktől mindenáron valami újat kívánni. Aki az emberalkotta edényformákat ismeri az tudja, hogy az elmúlt évezredek folyamán az egyelőre még változatlan funkciókhoz — evéshez, ívashoz — valamilyen merőben új és mégis használható és emellett művészi formát létrehozni úgyszólván lehetetlen. Amint már említettük az elmúlt korok formaalakításában egyik stílus a másiktól fejlődött, alakult, az eszközök, a társadalmi fejlődés és az életkörülmények által megváltoztatott alapviszonyok folyamánként. A tervezőnek és megrendelőnek egyaránt szem előtt kell tartania azt, hogy a jelen formái csakis a múlt formafejlődésének alapos ismeretében alakulhatnak ki. Amennyire nem kívánatos a kortársak szellemtelen másolása, olyannyira kívánatos, hasznos és megengedett egy művesség múltjához ötletekért folyamodni.

16. ábra. Mélyöblű, hullámos szélű, optikai díszítésű táányér, borostyánszín üveg. Magyar, XIX. század körül. (Iparművészeti Múzeum, Fettiék gyűjtemény)

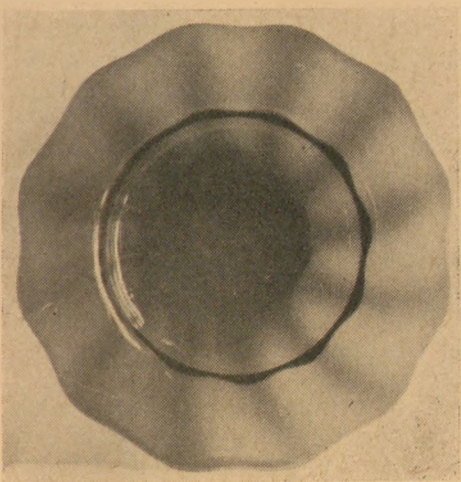
17. ábra. Tálka, formabafúvott, egyszerű köszörült díszítéssel. Magyar, XVIII. század vége. (Iparművészeti Múzeum, Bedő R. ajándéka)

18. ábra. Csemegéstányér, kemény sajtolt kristályüvegből. Német 1938.

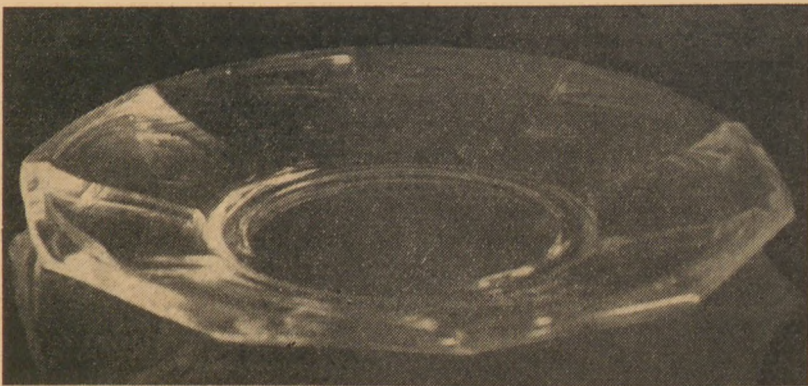
19. ábra. Butéllia, porcelánüveggel rétegelt szintelen üveg, köszörült díszítéssel. Egyesült Államok 1850 körül. (Iparművészeti Múzeum)

20. ábra. Főlrakott díszítésű, nagy lapos boroskancsó. Magyar. XIX. század első fele. (Iparművészeti Múzeum)

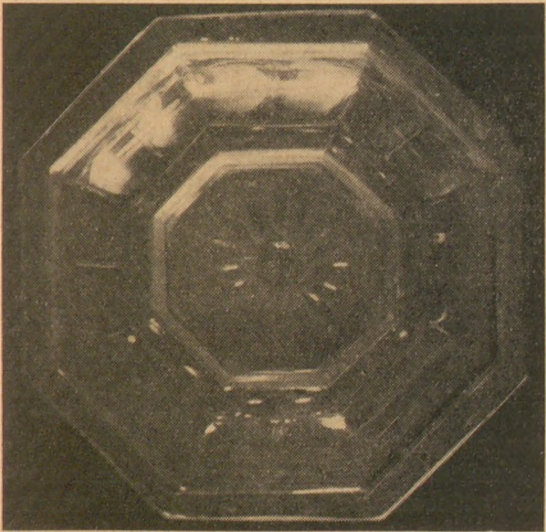
21. ábra. Borospalack, formabafúvott, szintelen üveg, magyar, XIX. század első fele. (Iparművészeti Múzeum)



16



18



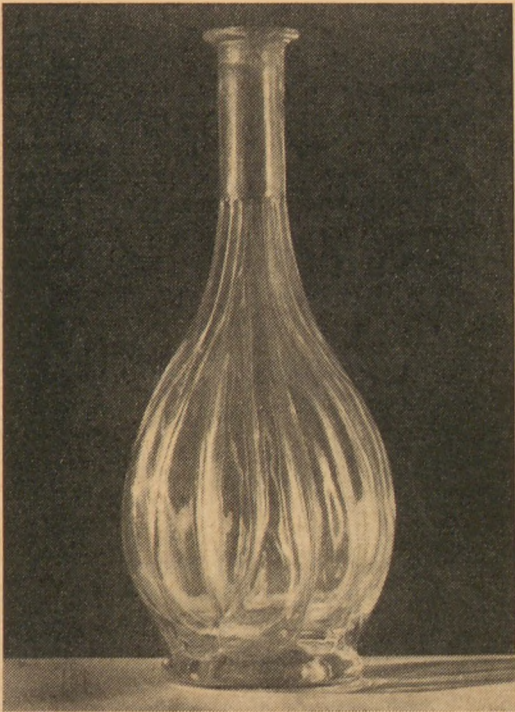
17



19



20



21

Az üvegyipar művészi részlegének föltétlenül fönn kell tartania kapcsolatát a művesség múltjával, mert amint föntebb említettük alapeszközeiben, technikájában lényegében nem is szakadhat el tőle. Elmúlt korok, más népek üvegművészetébe a bepillantás lendületet ad az alkotókészségnek. Élesíti a szemet annak megismerésére, hogy a nagy forma- és díszítmény kincstárból mi az ami végleg elmúlt s mi az ami továbbfejleszthető.

Az asztali üvegek tervezőjének az edényformák gazdag tárháza áll rendelkezésére. A történeti korok üvegedényein túl pillantást vethet az időközben rusztikussá vált formákra, vagy azokra, amelyekből a technikai üvegek formái alakultak ki. Utóbbival nem kívánjuk azt ajánlani, hogy az asztalunkra lombikban vagy retortában kerüljön a bor s hogy salátát előhívótálban tálaljanak. Csak azt, hogy indítást, ötletet mindenünnen lehet meríteni. Az állandóan újnak követelése és erőltetése helyett transzponálni kell a jelenbe mindazt, ami a múltban helyes volt s ami továbbfejlesztésre alkalmas.

Az elmondottak megvilágítására szolgáljon az egyszerű hengerpohárnak három stílustiszta változata, melyek 1790—1940 között gyártódtak (1., 2., 3. kép). Ugyanennek a pohárformának aljánál, összefűzött peremtálpas változata látható a 4., 5., 6. képen. Hasonló formákat, kissé fordított csónkakúppá képezve, megvastagított fenékkal, vagy tárcsatalppal mutat be a 7., 8., 9. kép. Végül hasonló forma, a szájerem alatt kissé kiszélesítve, látható a 10. képen. Ez a legutóbbi forma nem formalizmus szülötte. A kiszélesítés célja, hogy a tálcán egymásmellé helyezett poharak szájereme ne érjen össze.

Figyelemre méltó a XVIII. századi barokk gyümölcsescsészének transzponálása modern sajtolt kritályüvegből tálformába, a baluszternyél elhagyásával (11., 12. kép). Ez az ötlet valósul meg egyszerűbb formában a finom hatású, három kis csigás lábon álló karéjolt testű mély tálnál is, vagy a nyújtott vonalú, lapos neobarokk tálon (13., 14. kép). A víz lágy fodrozódására emlékeztető, hullámos peremű, szép régi magyar tányért, 100 évvel később — a XIX. század közepén — még ma is használható formába transzporálta valamelyik dunántúli hutánk az optikailag („optis”) hullámosított horostyánszínű tál kiképzésében (15., 16. kép). A klasszicista finom tálka elődje a kitűnő formájú, választékos megjelenésű, szögletes sajtolt tányérnak (17., 18. kép).

Az egyszerű boros butéliának művészi és korkifejező példánya a múlt század közepén az Egyesült Államokban készült palack, mely a 19. képen látható. A rusztikus magyar tarisnyakancsó alakjára készült, jellegzetes, erőteljes, fölrakott láncdíszítésű boroskancsókat a 20. kép ábrázolja. Egyszerű, kitűnő és örökéletű formák transzponálását mutatjuk be a 21., 22., 23. képen látható borospalackokon. Az alapforma nagyjában azonos, de az üveganyag különbözősége, az arányok változata s az eltérő megmunkálás merőben más összehatást ad, de mindenkor esztétikai és használhatóság szempontjából kitűnő. A jól „megépített” vizeskancsó időtálló formáját ábrázolja a

24. kép. Egy modern koktélpalack választékos, tisztavonalú megfogalmazását mutatjuk be a 25. képen.

Antik forma transzponálása a fölrakott szalagvolutás-fogantyús talpas tál (26. kép). A díszítetlen művészi alapforma esztétikáját bizonyítja a 27. kép.

Technikai formákra emlékeztetnek Bang J. E. zöld pohárkészletének részei (28. kép).

A formakérdés után a díszítménnyel kell foglalkoznunk. Az üveg alaptulajdonságainál fogva többféle módon díszíthető. Forró képlékeny állapotában a hutában vagy formakész állapotban díszítőműhelyekben. A hutabeli díszítés történhet a formaalakítással szoros összefüggésben, az edényfal vastagságának variálásával, amely változó fénytörés következtében optikailag adja a felületi megmunkálás vagy díszítés hatását. Történhet továbbá plasztikai úton, vagyis az üvegnek forró állapotban kézieszközökkel történő alakítása, hasonlító, vagy eltérő színű üveg fölrakásával, eltérő üveg rétegezéssel, fonalas vagy szalagos beágyazásával, légbuborékokkal stb. Történhet még formabafúvás és sajtolás útján is. A legutóbbi módnál a technikai berendezésekre nem kívánunk kitérni. A díszítőműhelyekben: köszörülés, metszés (gravírozás), homokfúvás, zománcfestés, lazurfestés, aranyozás stb. módon díszíthető. (A sokszorosító eljárásokat ehelyütt nem kívánjuk érinteni.) A megmunkálásnak azok a fázisai, amelyek a formaképzés szolgálatában állnak, nem tartoznak a díszítés fogalmába! Például egy nyél hámozása, vagy egy vastagfalú hengerpohárnak sokoldalú hasábjává való kiképzése (2. kép). Ez az az eset, amikor a forma önmagában is lehet dísz.

A „díszítmény” kifejezés nyelvünkben művészi vonatkozásban értékét veszítette, nem rokon-szenves. Minden ami „dísz”, feltételezi annak esetleges adaléktermészetét, amit akár el is lehet hagyni. Sokkal többet fejez ki az ékítés fogalma. E kifejezés más kapcsolásaiban, mint ékszer, ékkő mindenkor az érték megjelölésére szolgál. Ha egy tárgyat az alapformán túl — ami önmagában is képezhet művészi értéket — művészi megmunkálással még értékesebbé kívánunk tenni, inkább ezt a kifejezést kellene használnunk.

22. ábra. Boros palack, Bacarat 1920 körül (magántulajdon)

23. ábra. Likőrös palack facettált oldalakkal, ezüst foglaltalattal. Osztrák

24. ábra. Palmettázottan köszörült, smaragdazöld vizeskancsó. Cseh, 1850 körül. (Iparművészeti Múzeum)

25. ábra. Koktélpalack, Steuben Glass USA 1947

26. ábra. Kristályüveg, talpas mélytál, felrakott fogantyúkkal, Thompson Georg terve, kivitel: Steuben Glass USA 1947.

27. ábra. Tál, szintelen kemény üveg. Svéd (?) 1939.

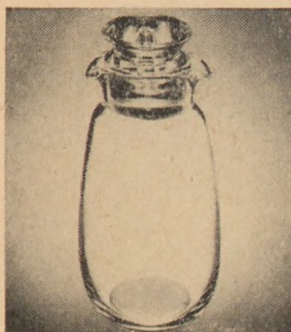
28. ábra. Halványzöld, Kastrup üvegek, Bang J. E. terve, Kopenhága, 1958.

29. ábra. Szárnyas pohár, Velence, XVI. század

31. ábra. Kristályüveg készletrészek „Könnyecsepp” díszítésű. nyéllel, Steuben Glass USA 1957.



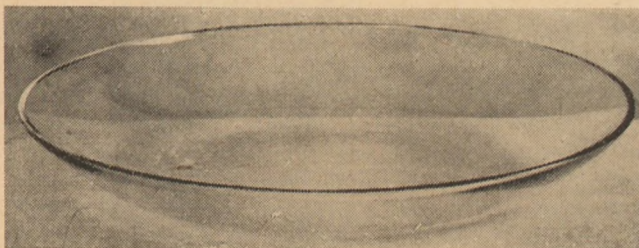
22



25



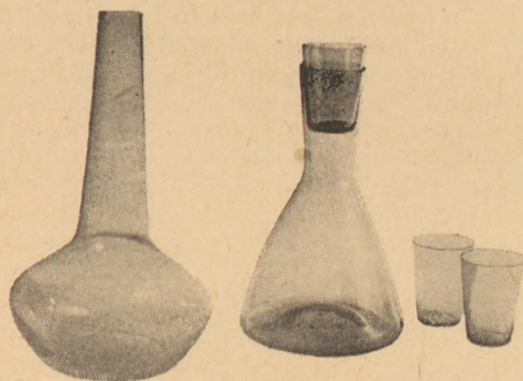
26



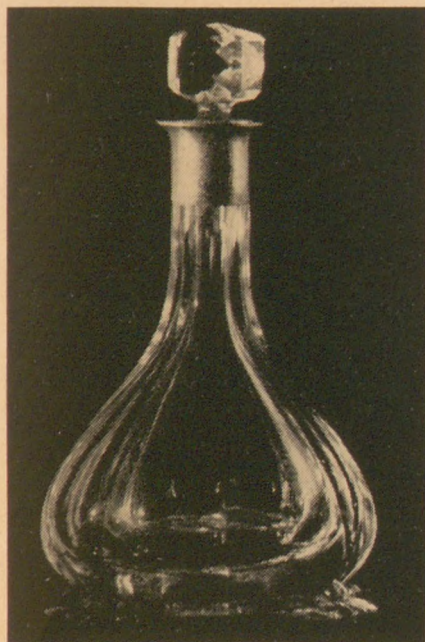
27



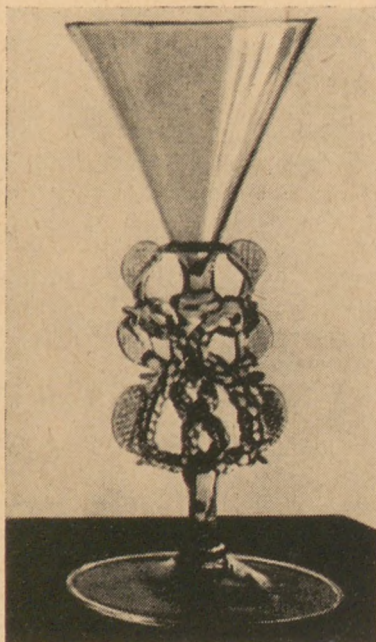
31



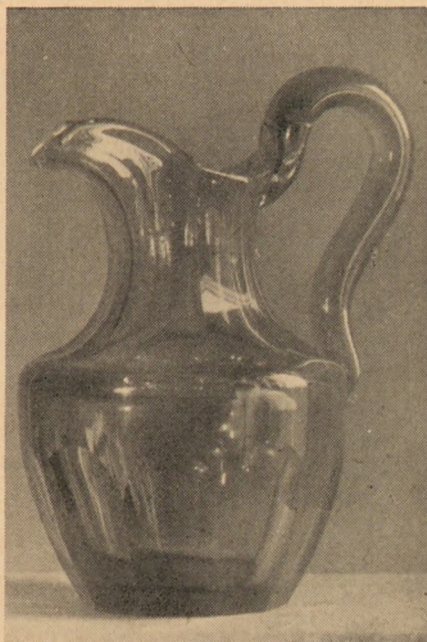
28



23



29



24

A forma lehet hordozója jellegével, stílusával, funkciójával megegyező díszítménynek. Mindenestre stílustisztaság, művészi harmónia akkor jelentkezik, ha a kiképzés a konstrukció szerves részeként a formával együttesen adja az ékítés hatását. Ennek illusztrálására bemutatjuk a velencei hutaművészet két termékét. A XVI. században készült renaissance pohár (29. kép) nyélkiképzése a formaalakítás, a konstrukció szerves része. Ezzel szemben a múlt század hatvanas éveiben készült reneszánsz stílusú pohár, modern, szépformájú kehely, amelynél a „szárnyaknak” nevezett nyéldíszítés már csak egy stílus elemeit idéző adalék (30. kép). Tehát az alapforma és annak továbbfejlesztése, vagyis díszítése mindenkör egységes elgondolás alapján kell, hogy létrejöjjön. Azonos formákra tervezhető más és más díszítés is, de ez mindenkör csakis az alapformával összhangban, annak jellegét, funkcióját szem előtt tartó, hangsúlyozottan hozzátervezett legyen. Súlyos tévedésen alapszik az a gyakorlat, amely a formáktól független díszítményterveket öletszerűen hol erre, hol arra a formára kíván alkalmazni. Kárhoztatandó az a fölfogás is, amely üzleti és bizonyos fokig kényelmi szempontból az üveg és kerámia terén a konfekció elveit érvényesíti, ahol színek és anyagok, akcesszóriumok elemeit tetszés szerinti cserélgetésével lehet egy kollekciót megjelenésben, minőségben árban változtatossá tenni. Ami a ruhaiparban lehet ötletes és hasznos, az az üveg és kerámia terén — sajnos — lehetséges, de csakis a művészi színvonal súlyos károsodásával. Használati tárgyaink művészi színvonalának az elmúlt korokhoz viszonyítva sajnálatos süllyedése nagyrészt ebből a fölfogásból ered. A formától független „dekor” terv tévedés!

Az üveganyag mai szemléletének megfelelően az asztali üvegeknél széles teret kell adni a hutatechnikának. A lényeg itt is az, hogy a kiképzés engedje érvényesülni az üveg átlátszóságát, emelje fénytörését, csillogását. Spirálisan vagy rácsozottan formabafülvott poharak, kelyhek, amelyeknél a díszítmény esetleg a perem felé finom átmenetben kisimul, nyelek, amelyek egyszerűen vagy kettősen csavartak, légbuborékokkal vagy „légcseppekkel” díszítettek (31. kép) mind idetartoznak. Komplikáltabb, de igen hatásos a nyélben egyszerű vagy kettős légspirál. Utóbbi technikák masszív nyelek díszítésére alkalmasak. Bárminő a díszítés, sohase borítsa el a felületeket. Ne bontsa meg nyugtalanítóan az üveg simaságát, fényét. Köszörült technikánál egyszerű elemek ötletes, alkalmazásával és elhelyezésével mind esztétikai-mind művészi cél elérhető (32. kép). Légbuborékhoz hasonló kisebb nagyobb golyók, olivák, gyögsorok (33—35. kép), palmetták (36. kép) számos variációt adnak. A facettálás is sok lehetőséget rejt magában, kiváltképp tálak esetében, ahol az elhelyezés és a méret adhat változatosságot (37—40. kép), mert így megőrizve az üveg karakterét, a fénytörés révén teszik élénk, változatossá az edényfelületet. A szélkiképzéseknél a fogazott, szögletes megoldást ma lényegidegennek érzik. Legcélszerűbb a sima megoldás, de elképzelhető a lágy hullámú szélmegoldás is.

Tányérekészleteknél ne idegenkedjünk a matirozott, vagy opáleszcens üvegtől, vagy annak színtelen üveggel való kombinálásától (41., 42. kép). Optikai megmunkálással, vékony arany széllel választékos, ünnepélyes hatást adnak.

Sajtolt üvegeknél kerülendő a köszörülés látzatának keltése. A félhengeres „gewalzt”, hornyolt, lágyfelületű kontúrokat célzó formaképzés jobban felel meg ennek a technikának. Ez szép üveganyagban, jó fémből készült formákkal, művészi szempontból értékesebb lehet zürzavaros, kézzel dekorált készítményeknél. Egy technika utánzata (imitáció) mindig hamis és mindig értéktelen.

Élni kell és lehet a zománcfestés adta lehetőségekkel is. A modern élet nem irányul a technikák elszegényesítésére. Szín, forma, technika össz-művészete képezte mindenkör egy-egy művészi iparág stílusát. Ezen a téren komoly szerepet kaphat a betű művészete, művészi emblémák alkalmazása.

A tervezőnek napjainkban nagyjelentőségű szerep jutott. Vele együtt az érdekelt iparágaknak célul kellene kitűzni, hogy mind szélesebb körben művészi igényre nevelje közönségünket, környezetét alakító, életét szolgáló, művészi igényű tárgyak létrehozása által.

Ez a cél hozta létre az Iparművészeti Tanácsot is, amely ezen a téren fönnállása óta komoly és hathatós munkálkodást folytat. Hogy célját átütő erővel nem tudja keresztülvinni, annak súlyos oka, hogy a magyar folyóiratkiadás nagy tömege mellett ez a fontos szerv többéves fönnállásának ellenére nem rendelkezik önálló, nyomdatechnikailag erre alkalmas, színvonalas kiadvánnyal. De jelenleg nemcsak az Iparművészeti Tanácsnak nincsen sajtóorgánuma, egyáltalán nincsen művészi folyóiratunk!

Kérdjük, hogyan szerezzen nyilvánosságot eszméinek, törekvéseinek az új formaalkotás, az új művészi stílus kialakítása terén? Hogyan magyarázza meg, hogy miért vet el művészietlen idejétmúlta formákat és díszítményeket, amelyekhez anyagilag egyre erősödő, de irányítást nélkülöző nagytömegű vásárlóink még mindig ragaszkodnak? Hogyan lehet megértetni több ezer emberrel, hogy sima, díszítmény nélküli művészi formájú edények gyakran ékesebbek, mint a fényarannyal

30. ábra. Szárnyas nyelű boroskehely, színtelen és türkizdíszítésű nyéllel, az itáliai renaissance poharak modorában. Salviati, Velece 1870—80. körül. (Iparművészeti Múzeum)

32. ábra. Tál, ún. „modern stílus” köszörült ólomkristály. Haida 1920. körül. (Prof. dr. Ollé Imre tulajdona)

34. ábra. A perem közepén két vonal között polirozott gyöngysor képezi a díszítést

35. ábra. A kelyhen ötletesen elhelyezett olivák képezik a díszítést és emelik a fénytörést. Moser 1938.

36. ábra. Koktélpohár. A pohár formája és nyélkiképzése összhangban van a kehely nagy palmettáival. Moser 1938.

42. ábra. Csemegéstányérka színtelen és opáleszcens üveg. Tiffany 1900 körül. (Iparművészeti Múzeum, Fettiék Ottó gyűjtemény)



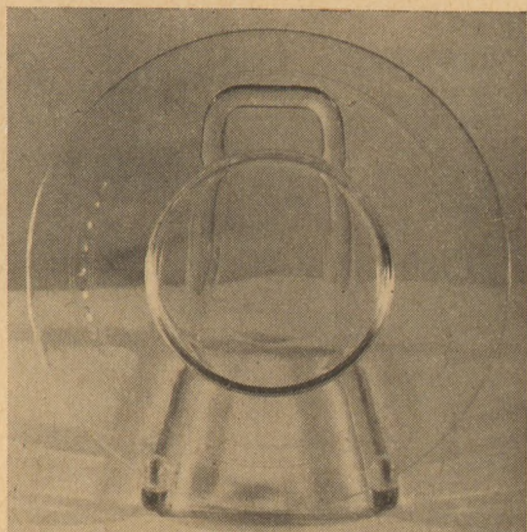
30



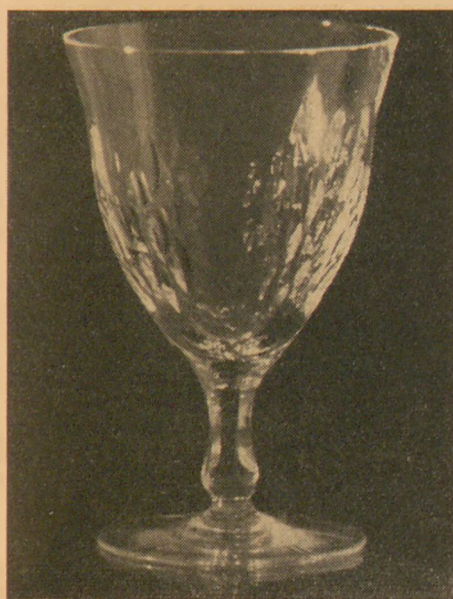
42



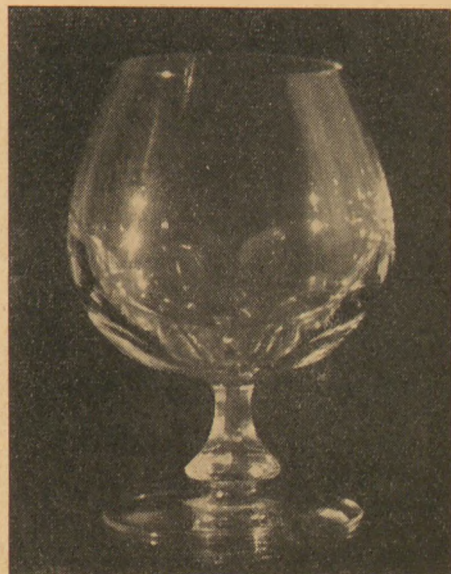
32



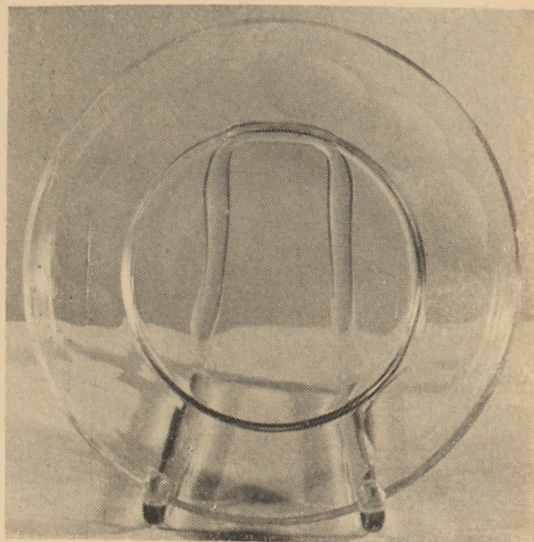
34



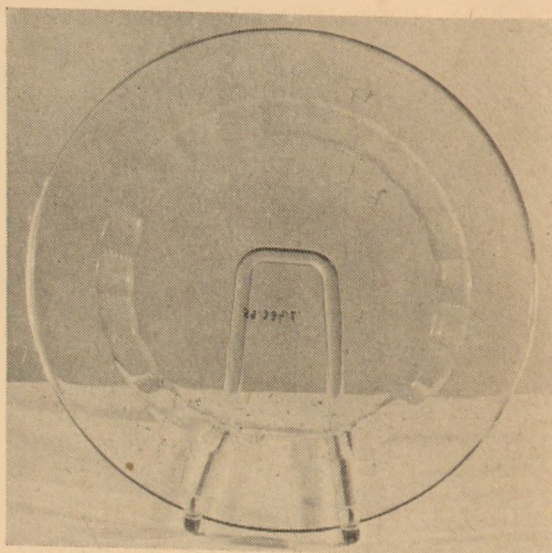
35



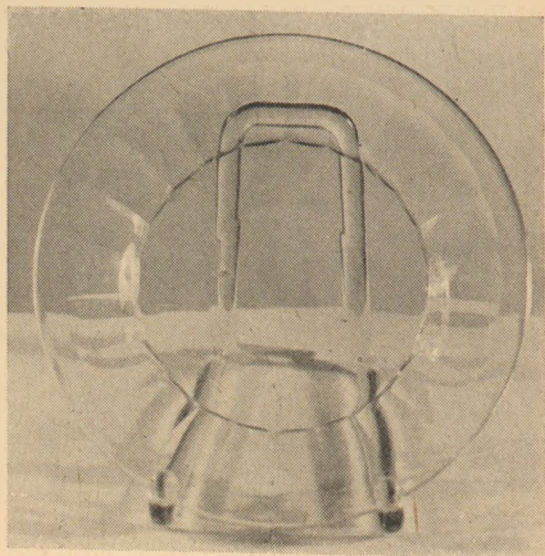
36



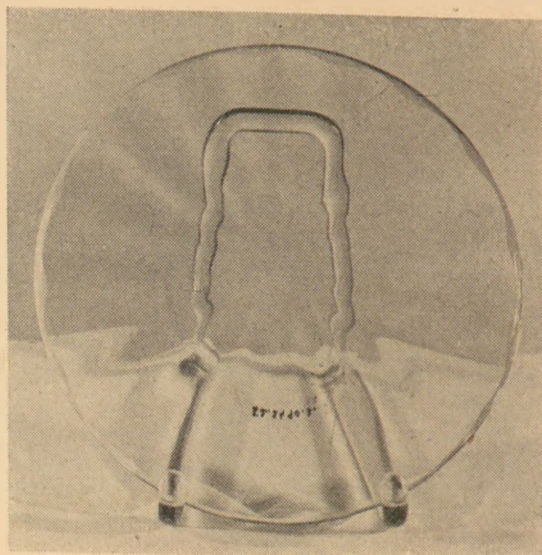
33



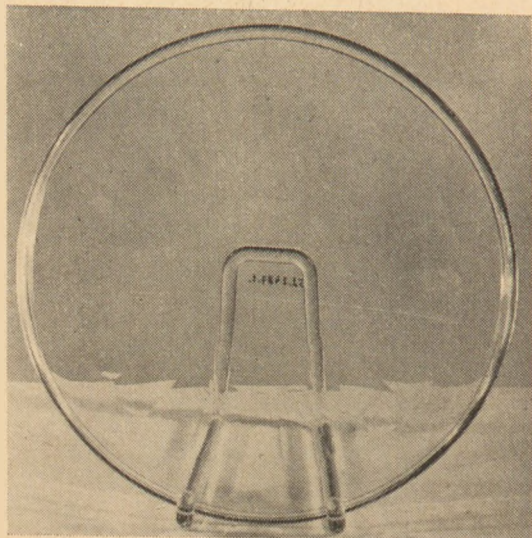
39



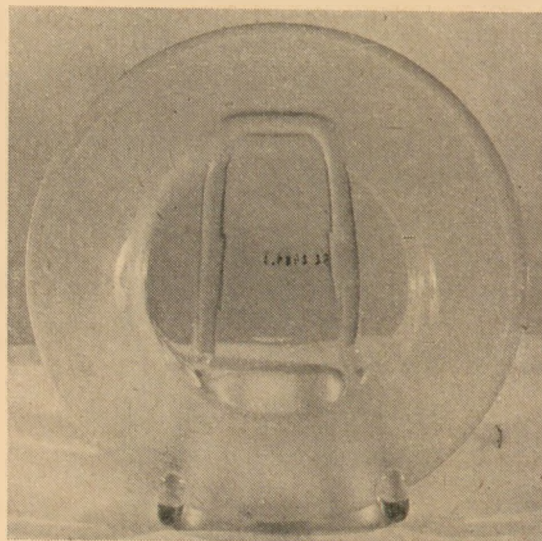
37



40



38



41

agyonpaccolt porcelán vagy a már automatikusan agyongeometrizáltan köszörült ólomkristály termék? A „hangadás”-ra, mint nevelőeszköze, a művészi ipar valamennyi ágában szükség van, amikor a közöny, az ízléstelenség falán kell át-törnünk. A textilipar lényeges hatóeszköze a divatbemutató s a divatlap is irányító és hangadó szervek. S ami a textiliparban szükséges, az a művészi üvegiparban is szükséges. Színvonalas tervekkel közönséget kell nevelnie, kultúrát és kulturált életformát kell kifejlesztenie, de erre művészeti sajtótermék és centrálisan elhelyezett, esztétikailag kifogástalan bemutatóterm nélkül minden nemes szándékú fáradozás ellenére képtelen.

Az Iparművészeti Tanács azzal, hogy igyekszik tervezőinket és üveggyárainkat színvonalasabb készítmények létrehozására buzdítani, komoly

lépést tett a helyes irányba. De mit tehet a Tanács, tervező és üveggyár, ha a helyes irányba terelt tervezés és kivitelezés eredményét a vásárlók, mint szokatlant, mint nem eléggé díszeset, ellenszenvvel fogadják?

Üzleti érdekből az ízléstelenhez, az elvetendőhöz visszatérni nem szabad. Azzal, hogy berekesztik az ízléstelenség gyártását, a kívánt hatás és cél egyáltalán nem érhető el. A közönség más híjján kényszerből vásárol, az elkeseredettség, elégedetlenség érzésével. Ha azonban színvonalas, érthető formában, írásban-képpen, bemutatásban megkapja az új formaképzéshez, stílushoz a magyarázatot, felébred érdeklődése, szeme megszokja az új, értékesebb alkotásokat s lassankint maga is felismeri szép voltukat, örömet leli bennük és igénye, ízlése a kívánt irányba fejlődik.

A közölt fényképeket, a Steuben és Kastrup üvegek kivételével, Kárász Judit az Iparművészeti Múzeum fényképezőműtermében készítette.

A Stuben és Kastrup katalógusok szíves rendelkezésemre bocsátásáért ezúton mondok köszönetet Knapp Oszkár a műszaki tudományok doktorának, illetve Kárász Juditnak.

33. ábra. Nagy, egymásbaköszörült olivák a tányér peremén láncként hatnak

37. ábra. Sugarasan facettált peremű csemegéstányér, a megmunkálás a tányér szélét simán hagyja

38. ábra. A facettálás a tányérperem közepén van

39. ábra. Apró, fogazott élű facetták a tányér öblét szegélyezik

40. ábra. Kistányér, egész felületén sugarasan bordázott, széle köszörült

41. ábra. Csemegéstányér, maratott peremmel

Tasnádiné Marik Klára: Az asztali üveg művészete

Klara Tasnádi M.: Die Kunst des Glasgeschirrs
Ташнадине Клара Марик: ИСКУССТВО СТОЛОВОГО СТЕКЛА

TIZÉVES

A MAGYAR MŰSZAKI KÖNYVKIADÁS

A MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ MEGHÍVJA ÖNT A BUDAPESTI IPARI VÁSÁRON RENDEZENDŐ

NEMZETKÖZI MŰSZAKI KÖNYVKIÁLLÍTÁSRA

A KIÁLLÍTÁSON MAGYAR
SZOVJET
NÉMET
CSEH
SZLOVÁK
ROMÁN

SZAKKÖNYVEKET ES FOLYÓIRATOKAT MUTATUNK BE A MŰVÉSZ SÉTÁNYON

A SZOVJET PAVILONNAL SZEMBEN

1960. MÁJUS 20—30 KÖZÖTT

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ

Metakaolin alapú duzzadócement

DR. MILAN MATOUSEK*
Brno

A nem kívánatos betonzsugorodás kiküszöbölésére irányuló törekvések az építőipari gyakorlatban a duzzadócement, vagyis olyan kötőanyag előállításához vezettek, mely megfelelő tárolás esetén nem zsugorodó, hanem inkább duzzadó betont ad. A duzzadásnak a beton szerkezetét nem szabad szétrombolnia. A cement duzzadása, melynek mindig nagyobbban kell lennie, mint a normális zsugorodás, lehetőleg szabályozható kell, hogy legyen. A Lossier-féle első klasszikus duzzadócement óta különböző alapelvek szerint többféle duzzadómentet állítottak elő, melyek közül a kalciumaluminátszulfáthidráttal keletkezésén alapuló eljárás terjedt el a legjobban.

Minthogy az ilyen cement duzzadása során végbemenő folyamatokat közelebbről és egészen kielégítő módon még nem világították meg, a kérdéssel mi is foglalkozunk. Kitűnt, hogy a különböző gipszmennyiséget tartalmazó tiszta portlandcement hidratációja során a szulfátok lekötése elsősorban az aluminátszulfáthidráttal szulfátszegény alakjában történik, amint ezt már korábban Forsen is kimutatta. Másrésztől beigazolódt az a vélemény, hogy csak gipszadalék a portlandcementnek duzzadómentté való átalakításához nem elegendő (1), mivel nagyobb mennyisége esetén az aluminátszulfáthidráttal topokémiai reakció mehet végbe, mely nagyobb mértékű nedvesség jelenlétében káros duzzadáshoz vezet. A $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SO}_3-\text{H}_2\text{O}$ rendszer elemzéséből ismertté lett, hogy a duzzadás növelése céljából alumíniumoxid tartalmú anyagokat kell adni a duzzadómenthez. Ezt az adalékanyagot úgy kell megválasztani, hogy hazai nyersanyagokból könnyen kitermelhető legyen. Az alumíniumoxid a rendszerbe tetszés szerinti, de reakcióképes alakban bevihető. Megfelelőnek látszanak az ún. metakaolintartalmú anyagok, mint pl. az égetett kaolin típusú agyagok, amelyeknek alkalmazása, mint a cement tulajdonságait javító anyag, már régebben is ismeretes volt (2). A metakaolinnal ugyanis tudjuk, hogy amorf alumíniumoxid és szilíciumdioxid kolloid diszperziója, amelynek a kaolinnitkristályoknak megfelelő pseudomorf formája van (3).

Kísérletileg megvizsgáltunk egy metakaolin adalékkal készült portlandcementet, amelyben egyidejűleg a gipszmennyiséget is felemeltük. Az első kísérlethez szükséges metakaolint különböző kaolinok 700°-on történő kiegészítésével állítottuk elő. Ezután megvizsgáltuk a cementkeverékek kötését, a normál konzisztencia eléréséhez szükséges vízmennyiséget, a térfogatváltozások menetét, a szilárdság növekedést és a szulfátlekötés menetét. A térfogatváltozásokat a Kallauner professzor által módosított Bauschinger

próbatetekken ($22 \times 22 \times 100$ mm) vizsgáltuk. Egyidejűleg Hoeppler-féle konzisztométeren mértük a keménységet is. A keménységmérés az elkészített keverékek mechanikai tulajdonságainak mértékül szolgált. A kéntrioxid lekötését a nedves levegőn vagy vízben tárolt, tiszta cementből készült próbatest oldható alkatrészeinek vízzel történő kilúgozásával mértük.

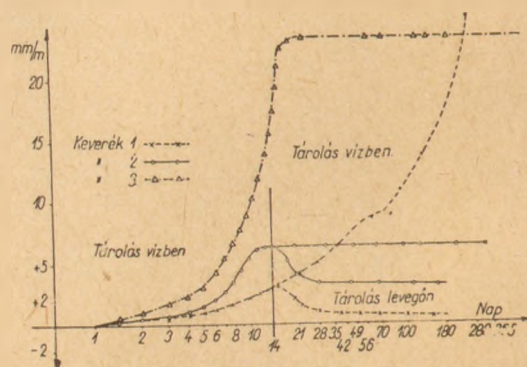
Az elvégzett mérések azt mutatták, hogy a metakaolinadagolás a normál konzisztencia eléréséhez szükséges vízmennyiséget növeli, mégpedig olyan mértékben, mintha a kalcinált kaolin önmagában 60–80% vizet igényelne. Ennek következtében a kötési idő is némileg meghosszabbodott. Egyébként a kisebb — kb. 5%-ig terjedő — metakaolinadagolás az egyes cement tulajdonságokra alig volt hatással. Ez vonatkozik a térfogatváltozásokra is, mind vízben, mind levegőben történő tárolás esetében. Az egyes tulajdonságoknak e nagyobb metakaolinadagolás következtében fellépő megváltozását az alábbi táblázat szemlélteti:

Keverék	Klinker	Gipszkő	Égetett kaolin*
1	70	20	10
2	70	10	20
3	55	15	30

* Az 1. és 2. keveréknél Zettlitz-i, a 3. keveréknél Unanov-i kaolint használtunk.

A térfogatváltozásokat mm/m-ben az 1. ábra mutatja. A duzzadási értéket 24 órával a készítés után a formából kivett, de még vízbe nem helyezett próbatetek megfelelő méretére vonatkoztatjuk. Az 1. keveréknél látjuk, hogy a próbatetek hosszúsága a vízben állandóan növekszik, először a metakaolin hatására, ami azonban mintegy 10 hét után tipikus, káros gipszduzzadásba megy át. Itt tehát érvényre jut a gipszfelesleg, melyet a jelenlevő kisebb kaolinneménység nem tud szabályozni.

A 2. és 3. keverékek egészen más térfogatváltozási képet mutatnak. A duzzadás 11, illetve



1. ábra. Klinker, gipszkő és metakaolin keverékek térfogatváltozása

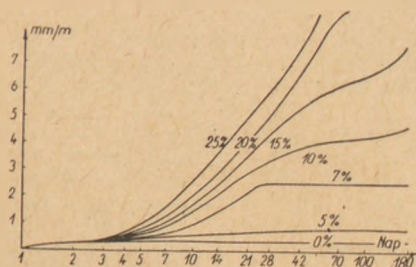
* Az V. Szilikátipari Konferencián elhangzott előadás.

18 nappal a készítés után hirtelen megáll és a próbatetek térfogata azután hosszabb ideig állandó maradt, még akkor is, mikor a víz, melyben a próbateteket tároltuk, igen magas kalciumszulfáttartalmúvá vált. A 2. keverék duzzadása 6 mm/m volt, a 3. keveréké kb. 24 mm/m, ami a szabályozható duzzadásnál körülbelül az elérhető maximumot jelenti. A térfogatváltozások itt csak a harmadik naptól kezdve mutatkoznak erősebben. Ez a duzzadási folyamat teljesen azonos a Lossier, Hendricks és Perré klasszikus cementjeinél fellépővel (4), sőt azzal is, amit Wesche követelményként állít fel a duzzadócementek esetében (5).

Amikor a próbateteket kivettük a vízből és a továbbiakban szabad levegőn tároltuk, ahogy ez az 1. és 2. keverékeknél 14 nap után történt (1/d 1. ábra), fellépett a normál portaland cementeknél ismert, a klasszikus duzzadócementek esetében is megfigyelt zsugorodás (6). Fontos azonban, hogy a metakaolin alapú duzzadó cementnél, aminek voltaképp a 2. keverék tekinthető, a végső térfogat mindig nagyobb marad, mint a kiindulási. Ami a zsugorodás mértékét illeti, megállapítható, hogy az a metakaolin- és a gipszkóadagolás következtében valamivel nagyobb lesz s ebben a vonatkozásban a gipszhatás a relatív nedvességtartalom okozta változás hatása mellett figyelemreméltónak tűnik.

Az alábbi kísérletek még közelebbről megvilágítják a gipsz és a metakaolin hatását. A vonatkozó térfogatváltozásokat azonos aktivitású metakaolin és azonos klinker esetében az alább közölt diagram tünteti fel. A 2. ábra mutatja a metakaolinadalék hatását konstans gipsztartalom (10%) mellett. A 3. ábra pedig a gipszadalék hatását mutatja be olyan cementkeverék térfogatváltozásaira, mely konstans 10% metakaolinadalékkal készült. A görbék közül látható, hogy a metakaolinadalék növeli a duzzadást, de kisebb mennyiségben a káros duzzadást nem tudja megakadályozni. Nagyobb metakaolinadalékkal előállíthatók a tipikus duzzadócementek, amelyeknél a duzzadás mértéke szabályozható.

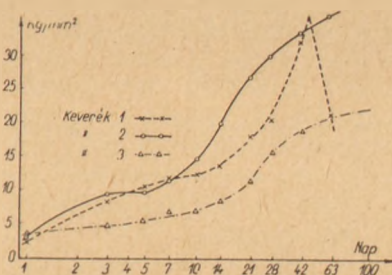
Ezeknél a metakaolinadagolás már nem növeli a duzzadást, hanem megrövidíti a duzzadási időt. A gipszkóadagolás a szabályozható duzzadó cementek esetében először növeli a duzzadást, majd a metakaolinhoz való változó arányától függően meghosszabbítja a duzzadási időt. A gipszkó túlságosan nagy mennyisége azután azzal jár, hogy a metakaolinos duzzadás káros duzzadáshá megy át. A kritikus gipsztartalmat, melynek



3. ábra. A gipszadalék hatása a térfogatváltozásokra 10% állandó metakaolintartalom mellett

túllépése a káros duzzadás megindulásának veszélyét rejt magában, az a mennyiség határozza meg, amely a hozzátartozó klinker- és metakaolin-alkotórészekkel csaknem maradéktalanul reakcióba tud lépni. A szabályozható duzzadású cementeknek azonban nagyobb metakaolin mennyiséget kell tartalmazniuk, mint amely ennek az egyenértéknek megfelel, hogy a duzzadás gyorsabban menjen végbe és hogy biztosítsuk a térfogatállandóságot, azaz a cement káros duzzadást ne mutasson.

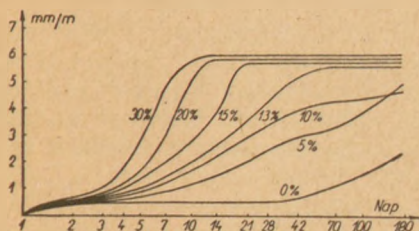
Mint már említettük, a térfogatmérésekkel egyidejűleg az egyes keverékek keménységét is megvizsgáltuk. Az 1. és 3. keverékeknél kapott értékeket a 4. ábra tünteti fel. A mérések-



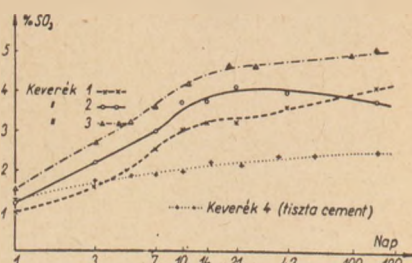
4. ábra. Szilárdságnövekedés vízben való tárolásnál

azt mutatták, hogy a mechanikai tulajdonságokat elsősorban a klinkertartalom szabja meg. A metakaolinadagolás azonos klinkertartalom mellett a rendszerint csak a víz hozzáadásától számított hetedik nap után, — valamivel növeli a szilárdságot. Azoknál a keverékeknél, amelyeknek összetétele azonos a szabályozható duzzadó cementekével, azt látjuk, hogy közvetlenül a kötés után határozott keménységnövekedés lép fel, azonban 3 nap múlva, vagyis amikor az erősebb térfogat növekedés bekövetkezik, a további keménységnövekedés észrevehetően meglassul. Körülbelül a hetedik naptól kezdve azonban, jöhetnek az expanziós erők ekkor még működnek, újabb hirtelen keménységnövekedés lép fel, amely még 2—3 hónap után is követhető. Ezzel ellentétben, azoknál a keverékeknél, amelyek túlságosan magas gipsztartalmuk következtében káros duzzadási jelenségeket mutatnak, hirtelen szilárdságcsökkenés figyelhető meg, mint ez az 1. keveréknél 63 nap után be is következett.

Ami a metakaolin alapú duzzadó cementek esetében a duzzadás lényegét illeti, erről a gipsz-kötés folyamata révén felvilágosítást kaphatunk.



2. ábra. A metakaolinadagolás hatása a cement térfogatváltozásaira, 10% állandó gipsztartalom mellett



5. ábra. Az SO_3 oldhatatlan formában való lekötésének folyamata

Igy pl. az említett 1–3 keverékek esetében az SO_3 lekötése oldhatatlan vegyület alakjában történt, amint ezt az 5. ábrából is láthatjuk. Ezen az ábrán egyidejűleg feltüntettük a felhasznált tiszta, magas vastartalmú, 10% gipszsel készült cement (4. keverék) gipszlekötési folyamatát is. Megfigyelhetjük, hogy a vízben oldhatatlan vegyület alakjában lekötődött szulfáttartalom az égetett kaolin-típusú agyagok hozzáadása következtében megnövekedett és hogy a metakaolinnal származó alumíniumoxid ugyancsak résztvevett az aluminátszulfáthidrárok képzésében. Az első napokban megnehezíti az összehasonlítást, hogy az egyes keverékek és a tiszta cement klinkertartalma különböző. Az 5. ábrából azonban megállapítható, hogy a metakaolinnal tartalmazó keverékekben a szulfátlekötés a duzzadáshoz igen hasonlóan megy végbe. A metakaolinnal tartalmazó szabályozható duzzadású cementeknél (2. és 3. keverék) azután azt látjuk, hogy egy bizonyos idő után a gipszlekötés megszűnik, és pedig még a gipsz felhasználódása előtt. Azoknál a keverékek-nél, amelyekben az adagolt gipsz mennyisége nem volt túlságosan magas, mint pl. a 2. keverék-nél, hosszabb idő után azt tapasztaljuk, hogy a kéntrioxid újból az oldatba megy, amit az aluminátszulfáthidrárt nem állandó voltával lehet megmagyarázni. Ezt több szerző is megfigyelte (7). A gipszfelesleget tartalmazó próbáknál, mint amilyen az 1. keverék, a szulfátok oldhatatlan vegyület alakjában történő lekötődése még hosszabb idő után is megfigyelhető. Minthogy az ide tartozó próbatesteken egyidejűleg káros duzzadási jelenségek is fellépnek, az aluminátszulfáthidrárt átkristályosodását és a Candlot-só esetleges kialakulását a jelenség lényegének tekinthetjük.

Az SO_3 lekötésének mibenlétéről a kötés és a szilárdulás első időszakában csak közvetett módon tudunk. Valamennyi résztvevő anyag közül, amelyek az SO_3 -al reakcióba lépnek, az alumíniumoxid játssza a legnagyobb szerepet. Mennyiségét az 1–3. keverékben és a tiszta cementben (4. keverék) az alábbi táblázat tünteti fel:

% Al_2O_3	1	2	3	4
A klinkerből	2,88	2,88	2,52	3,70
u kaolinokból	4,53	9,06	10,64	0

Ha az 1–4. keverék Al_2O_3 tartalmát összehasonlítjuk az oldhatatlan SO_3 -al, látjuk, hogy

az alumíniumoxid itt nagy molekuláris feleslegben van jelen, még az 1. keverékben is, amelynél a gipszfelesleg következtében káros duzzadás is fellépett. Pontosabb számítás útján azután meg lehetett állapítani, hogy az égetett kaolinnal származó alumíniumoxid-molekulák csak mintegy 0,45 molekula SO_3 -t kötöttek le.

A metakaolinnal származó alumíniumoxidról fel kell tételezni, hogy aktív alakban van jelen és hogy $\text{Ca}(\text{OH})_2$ jelenlétében elsősorban a mészhidroaluminátokkal reagál, melyek közül elsősorban az oldhatatlan $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ jön számításba (8). Minthogy a folyékony fázist a kalciumszulfát telíti, viszonylag hamar bekövetkezik az aluminátszulfáthidrátképződés. A feleslegben levő alumíniumoxid azután lassúbb reakció által $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ alakjában is lekötődhet (9). Ami a keletkező aluminátszulfáthidrárt fajtáját illeti, az előző számítások alapján fel kell tételeznünk — még akkor is, ha itt bizonyosan fellép a reakciók átfedése és más cementalkotórészek (elsősorban az Fe_2O_3) is résztvesznek a reakciókban — hogy a metakaolin alapú duzzadó cementnél a kéntrioxid lekötődése a szulfátszegényformában, azaz $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ alakjában történik, s ebben résztvesz mind a klinkerben, mind a hozzáadott metakaolinban levő alumíniumoxid. A Candlot féle só ezzel szemben csak egészen kis mennyiségben képződhet, mégpedig valószínűleg csak hosszabb idő elmúltával. A metakaolin kovasavjáról feltételezhetjük, hogy mint kalciumhidroszilikát (Taylor szerint), vagy mint a feljebb említett gehlenithidrárt (Strätling szerint) kötődik le (10).

Kitűnt továbbá, hogy metakaolin helyett olyan égetett kaolintípusú agyagokat is lehet használni, amelyek esetleg más agyagásványfeleségeket is tartalmaznak. Igen nagy szerepe van itt az előállítási hőmérsékletnek. A leghatékonyabb és legaktívabb az a metakaolin volt, amelyet a legalacsonyabb hőmérsékleten, 600°C -on állítottuk elő. Az égetési hőmérséklet emelkedése az aktivitás csökkenését vonta maga után, ami többek között a duzzadás csökkenésében is megmutatkozott. Az aktivitás csökkenése a magasabb hőmérsékleten előállított metakaolin esetében könnyen követhető a HCl -ben és a szódoldatban fel nem bomló alkatrészek mennyiségének növekedésével, valamint és főképpen pedig a DTA-nál 900 – 1000°C közötti hőmérsékleten fellépő exotherm jelenség csökkenésével. Hozzá kell még tenni, hogy itt, éppúgy, mint egyéb duzzadócementeknél, a maximális duzzadás eléréséhez az egész duzzadási idő alatt igen erős nedvesen tartásra van szükség.

Az említett kísérletekben 1-es aluminátmodulusú magas vastartalmú klinkert használtunk, mivel ez a metakaolin alapú duzzadócementnek nagyfokú szilárdságot, bizonyos szulfátállóságot és a kiszáradásnál csekély mértékű zsugorodást biztosított. Kitűnt, hogy erre a célra egyéb, egészen közönséges összetételű cementklinkerek is felhasználhatók. Egyébként a metakaolin alapú duzzadócement nemcsak az alkotórészek együttes őrlésével állítható elő, hanem kiindulhatunk a

kereskedelmi forgalomban levő portlandcementből is, úgy, hogy azt alaposan elkeverjük az őrlt, megfelelően kiégetett kaolinnal és gipszkövel. Az elvégzett munkák tehát megmutatták, hogy a metakaolinadagolás felemelt gipsztartalom esetén, meghatározott koncentrációkban, a portlandcementben egyenesen duzzasztó komponensként hat, anélkül, hogy szükség volna a metakaolin speciális, például méshidrátkezeléssel történő előkészítésére. A duzzadási folyamatot azután az összetétel változtatásával széles határok között szabályozhatjuk.

Ennek a cementnek, valamint a belőle készített betonnak, mely vízben történő tárolásnál több mint 2 mm/m duzzadást mutatott, néhány további jellemzőjét az alábbi összeállításban adjuk meg ;

A duzzadócement összetétele :

Klinker	65%
Égetett kaolin	22%
Gipszkő	13%
A normál konzisztenciák eléréséhez szükséges víz	34%
Kötés kezdete	3 óra 10 perc
Kötési idő	5 óra 20 perc

A tiszta cementpép jellemzői vízben történő tárolásnál

Idő napokban	Kemény-ség kg/mm²	Duza-dás mm/m	Oldódó SO ₃ %	Oldha-tatlan SO ₃ %
1	9,3	alapmérés	4,19	2,20
2	18,6	1,7	3,56	2,83
3	21,8	2,7	2,84	3,55
5	34,5	5,1	1,89	4,50
7	45,0	5,4	1,54	4,85
10	57,0	5,4	1,33	5,06
14	62,7	5,4	1,23	5,16
21	65,0	5,4	1,17	5,22
28	68,2	5,4	1,16	5,23
56	71,8	5,4	1,24	5,15
84	72,3	5,4	1,35	5,04

Szabványos habarcsok mechanikai jellemzői kg/cm²-ben

Konzisz-tencia		Földnedves CSN szerint		Képlékeny DIN szerint	
nap	nyomó	húzó	nyomó	hajlító-húzó	
3	236	15	100	24	
7	571	35	241	58	
28	822	44	281	81	

Az 500 kg/m³ cement adagolással készült beton duzzadása mm/m-ben
Földnedves konzisztencia, Vízcementtényező 0,4

Nap	Vízben tárolva	Levegőn tárolva
1.	alapmérés	
2.	0,18	0,15
3.	0,80	0,25
4.	1,59	0,22
6.	2,08	0,15
7.	2,17	0,12
8.	2,17	0,12

IRODALOM

(1) Guttman A. : Der Einfluss von Gips und Chlor-kalziumzusätzen zum Zement auf sein Schwinden. Zement 9 (1920), H. 25, S. 310—313 und H. 34, S. 429—432.

(2) Kallauer O., Bárta R. : Tschechoslowakischer Patent N. 8905—1922 : Způsob zlepení vlastností portl. cementu (Verfahren zur Verbesserung einiger Portlandzementeigenschaften).

(3) Bárta R. : Změny kaolinu pálením. (Veränderungen von Kaolin während des Brennens. Silikáty 3 (1959), H. 3, S. 287—292.

(4) Perré M. R. : Ciments sans retrait. Ciments expansifs. Trauvau 27 (1943), H. 6, S. 205—208.

(5) Wesche K. : Grundlagen für die Anwendung von Quellzement. Zement—Kalk—Gips 8 (1955), H. 4, S. 118—128.

(6) Bechyně S. : Betonové stavitelství I. — Technologie betonu I. (Die Betontechnologie I.) SNTL Praha 1954, S. 553—558.

(7) Astreeva O. M., Lopatnikova L. Ja. : Sostav i svojstva gidrosulfoaluminata kalcija. Cement 23 (1957), H. 6, S. 11—15.

(8) Carlson E. T. : The system Lime—Alumina—Water. Cement and Lime manufacture 32 (1959), H. 2, S. 21—22.

(9) Sträuling W. : Die Identifizierung der Reaktionsprodukte von gebranntem Kaolin im Zusammenhang mit dem System Kalk—Kieselsäure—Ton—Wasser. Zement 29 (1940), S. 427—432 441—445, 455—460, 475—477.

(10) Turriziani R. : Produits de réaction de l'hydrate de calcium avec la puzzolane. Ricerca Scient. 24 (1954), H. 8, S. 1709—1717. Nach : Tonindustrie Zeitung 8 (1958), H. 9, S. 168 : Reaktionsprodukte von Kalziumhydrat mit Puzzolanen.

Dr. Milán Matousek : Metakaolin alapú duzzadó-cement.

Megvizsgáltuk gipsz és alacsony hőfokon égetett agyag formájában adagolt metakaolin hatását a cement tulajdonságaira. — Sikerült ilyen módon metakaolin alapú duzzadócementet előállítani, melynek duzzadását, kellő nedvesentartás mellett elég széles határok között (20 mm/m felett), duzzadási idejét pedig bizonyos mértékig szabályozni lehet. Közelebbi vizsgálat tárgyává tettük a metakaolinadalek hatását a térfogat-változásokra, a szilárdságot és a kéntrioxid oldhatatlan formában történő kötésének folyamatát, amiből következtetni lehetett a hidratáció és a duzzadás lényegére. A továbbiakban ismertettük az új metakaolin alapú duzzadócement főbb sajátosságait, megállapítottuk, hogy a kötési idő normális, kedvezően alakuló magas szilárdságokat ér el és lehetővé teszi közepes duzzadású betonok készítését.

Д-р Милан Матушек : ВСПУЧИВАЮЩИЙСЯ ЦЕМЕНТ НА ОСНОВЕ МЕТАКАОЛИНА.

Проводились исследования для установления влияния гипса и метакеолина на свойства цемента (метакеолин добавляется в виде глины, обожженной при низкой температуре). Таким образом удалось производить вспучивающийся цемент на основе метакеолина, вспучивание которого регулируется в достаточно широких пределах (выше 20 мм/м) выдержкой при достаточной влажности, а в некоторой степени регулируется также время вспучивания. Проводились исследования по влиянию добавки метакеолина на изменение объема, прочности и процессу схватывания трёхоксида серы в нерастворимой форме, из которой можно заключить вывод о сущности гидратации и вспучивания. В дальнейшем излагали основные свойства нового вспучивающегося цемента на основе метакеолина и установили, что время схватывания является обычным, достигается высокая прочность и позволяет производство бетонов среднего вспучивания.

(Folytatás a 151. oldalon.)

Nem zsugorodó és duzzadó portlandcement

ING. JULIUS KAZIMIR*

Vyskumny ustav stavebnictva Bratislava (Építőipari Kutató Intézet,
Bratislava)

I. A betonok zsugorodása

Az építőipari gyakorlatban felhasznált betonoknak, különösen pedig a szerkezeti betonoknak kedvező és kedvezőtlen tulajdonságait különböztethetjük meg. A betonok kedvező tulajdonságai közé tartozik az elérhető ár és a bedolgozás egyszerűségén kívül a beton tartóssága és szilárdsága, amely tulajdonságok lehetővé teszik monolit és előregyártott építőelemek készítését, valamint a legváltozatosabb architektonikus elemek kialakítását.

A szabványos tulajdonságú „350”, illetve „450” márkájú cementek felhasználásával készült beton azonban még ma is rendelkezik olyan kedvezőtlen tulajdonsággal, mint a zsugorodás, amelynek káros hatása a betontechnológiában mutatkozik meg.

A beton zsugorodása, különösen a szerkezeti célokra és az előregyártott elemek készítésére használt betoné, továbbá a zsugorodástól függő alakváltozás a mai cementbeton egyik legnagyobb hibájának tekinthető, amely hibát nagy erőfeszítések ellenére sem sikerült mindeddig kiküszöbölni. A zsugorodás, valamint a betonnak és vasbetonnak (ideszámítva az előfeszített betont is) a zsugorodástól közvetlenül függő alakváltozása annál veszélyesebb, mert ez nemcsak a szilárdulás első hónapjában — hanem amint azt a legújabb kutatások bizonyítják — folytatódik még ezen idő után is és nem fejeződik be még 16 év eltelte után sem. Klock és Sheridan (1) amerikai szakemberek egy betontól készült hétemeletes épület zsugorodását vizsgálták és megállapították, hogy ennek mértéke 16 év eltelte után is vízszintes irányban 0,46, függőleges irányban 0,985 mm/m. Abban az esetben, ha a szerkezetben statikai okok következtében nem lehet hőtágulási hézagot hagyni, a beton zsugorodásával keltett erők meghaladhatják a beton húzószilárdságát is, repedések keletkeznek, melyek veszélyeztetik a kész építmény stabilitását. Az időjárás hatásával szemben nem védett vékony acélbetétes szerkezetek esetében a betonban lévő repedések következtében az acélbetét korróziója is előfordulhat, amint azt a 15 évesnél idősebb betonszerkezeteken végzett statisztikus megfigyelések mutatják (2). A zsugorodás még veszélyesebb oly betonszerkezetek esetében, amelyek ki vannak téve az időjárás és a hőmérsékleti változások befolyásának. Legmarkánsabban mutatkozik ez a betonutak és repülőterek építésénél, amint arra H. Kühl egyetemi tanár (3) rámutat, a beton zsugorodása különösen káros, a beton megrepedését okozhatja és csökkenti a beton tartósságát. R. Grün (4), O. Graf (5) éppen úgy, mint több más betonszakértő, rámutatnak a be-

tonzsugorodás káros befolyására az útépitéseknél. Egy másik szakértő, F. Keil (6) megjegyzi, hogy a hőváltozások és a betonzsugorodás kiküszöbölésére szolgáló dilatációs hézagok a betonútban szükséges rossznak tekintendők és a mai betonutaknak ezek a leggyengébb helyei. A mai helyzet elemzésénél rámutat arra, hogy e fogyatékoság kiküszöbölésére leggazdaságosabb út az, ha az utak építésénél nem zsugorodó cementet használunk. Hasonló véleményen vannak más csehszlovák útszakértők is, mint például Z. Schwarz (7) és dr. Ing. Kvapil (8).

A betonzsugorodás mint nagyon kedvezőtlen tényező mutatkozik a vasbetonokban, sőt még az előfeszített betonokban is. A betonban lévő vasbetét — amint arra az amerikai Th. Chohnoky (9) munkájában rámutat — csökkentheti ugyan a zsugorodást a betonban, teljesen kiküszöbölni azonban nem tudja. Hasonló eredményekre jutottak A. L. Müller (10) és K. Walz (11) a zsugorodás következtében a betonban előálló rongálódások vizsgálatkor és megállapították, hogy ezek a beton szilárdságának egészen 59%-ig terjedő csökkenését idézhetik elő. A beton zsugorodását és alakváltozását részben kiküszöbölhetjük a beton hőkezelésével, mint például gőzöléssel és szárítással. Amint arra G. Balázs és J. Kilián (12) magyar szakértők rámutattak, a gőzölésnél az acél feszültségében, az egész feszültséget alapulvéve 7—9% veszteség következik be. Ezzel szemben F. Lenhard (13) rámutat munkájában arra, hogy a feszültségvesztesség a levegőn szilárduló betonokban a hosszú ideig tartó zsugorodás következtében az eredeti feszültség 38—45%-át teszi ki.

A betonzsugorodás káros hatása mutatkozik még a tartályok és víztartályok építésénél, ahol, amint azt a Franciaországban végzett vizsgálatok megállapították (14) igen gyakran előfordulnak kedvezőtlen jelenségek és károk. Hasonlóképpen káros hatású a beton és habarcsok zsugorodása a víziművek, bányaépítkezések és alagutépítkezések falazataiban, továbbá az injektálásnál, a megsérült beton és vasbeton épületek rekonstrukciójánál. Mindezekben az esetekben a betonzsugorodás káros tényezőként hat, amit a további műszaki haladás érdekében a lehetőség szerint ki kell küszöbölnünk.

II. A betonzsugorodás okaira vonatkozó új nézetek

T. C. Powers (15) legújabb kutatásai szerint a szilárd beton, mint egyensúlyban lévő kőcement-víz rendszer gyanánt képzelhető el. Amint ismeretes, a betonban lévő közmecskéket cementvízrendszerből álló kolloid filmréteg borítja. A könyagot egységes betonná összekötő cement ragasztóanyag hidrált és nem hidrált cementszemcsékből áll. A szilárdulás első stádiumában jelentékeny

* Az V. Szilikátipari Konferencián elhangzott előadás.

plaszticitásával tűnik ki, amit gélyszerű jellege biztosít. A szilárdulásnál és öregedésnél fokozatosan keményedik és veszít a képlékenységből, amit a gélyszerű új képződmények fokozatos kristályosodása idéz elő. A betonban lévő cement ragasztóanyag tulajdonságairól és a hidrációs folyamatokról szóló legújabb elmélet szerint — melyet Brunauer, Emmett és Teller (16) dolgoztak ki — nagyon fontos szerepet játszanak a cement hidratált összetevőinek kolloid méretei és gélyszerű jellege. Ezek igen kis méretű és igen nagy fajlagos felületű egészen apró kristályok. A rendszerben igen nagy szerepet játszik a víz. A betonban adagolt víz egy része a szilárdulás folyamán kémiaiilag lekötődik azokban az új képződményekben, amelyek a beton szilárdságát biztosítják. A víz nagyobb része a cement hidratációjakor a kőanyag felületén képződött gélen adszorbeált vízből áll. Ezenkívül a víznek egy részét a kapillaris erők is lekötik. A legújabb kutatások bebizonyították, hogy a cementgép multimolekuláris rétegeiben adszorbeált víz mennyiségének növekedése vízbehelyezéskor, illetve csökkenése a kiszáradás következtében tekintendő a beton duzzadásának és zsugorodásának. A beton duzzadását és zsugorodását olyan folyamatnak kell tekintenünk, amely csak részben reverzibilis. A beton öregedésével törekvés mutatkozik az irreverzibilis állapot elérésére, vagyis a metastabil állapothól a stabil állapotba történő átmenet felé. Adott összetételű és meghatározott tulajdonságú betonban a zsugorodás vagy duzzadás csak a hőmérséklettől és a betont körülvevő környezet relatív nedvességtartalmától függ. A hőmérséklet és nedvesség befolyását a betonra néhány külső tényező hatásának segítségével nagyobb részt ki lehet zárni. Így például, amint arra Powers rámutatott, magasabb hőmérsékletek hatásának segítségével nagy részben kiküszöbölhető a környezetnek a beton térfogatváltozására gyakorolt hatása.

III. A cementek befolyása a zsugorodásra

A fentiekből és főképpen Brunauer által megállapított úgynevezett BET elméletből következik, hogy a betonban bekövetkező térfogatváltozások nagy részben a felhasznált cement tulajdonságaitól függenek. Számos szakértő vizsgálta a kőadalékok — melyek a vizen és cementen kívül a beton összetevőjét képezik — befolyását a zsugorodásra. A kőadalékok, fizikai és kémiai tulajdonságai (állapot, tartósság, porozítás, a szemcsék formája, agyagtartalmuk stb.) kétség kívül befolyással vannak. Így például a nem megfelelő szemcsemegoszlású, agyagos vagy túlórlott anyagokat tartalmazó kőadalékoknak betonkészítéshez való felhasználása esetében a víz az agyagos vagy túlfinomra őrlött anyagok felületén adszorbeálódik. A beton későbbi szilárdulása folyamán a levegőn a Freysinet elmélettel megegyezően (17) bekövetkezik a víz elpárolgása. Az így felépő kapillaris feszültségek a pórusok falait összehúzzák, aminek következtében a beton zsugorodik. A zsugorodás agyagos és túlfinomra őrlött adalékok esetében nagyobb lesz. Meg kell még

jegyeznünk, hogy a szovjet szakértők, Alexandrovskij S. V. (18) legújabb kutatásai szerint Sejkina egyetemi tanár elméletének megfelelően ezek az erők, amelyeket a felületi feszültség erőinek nevezhetünk, a beton zsugorodásánál csak másodrangú jelentőségűek. A zsugorodás — amint azt már az előbb megemlítettük — elsősorban a multimolekuláris rétegből elpárolgó víztől, a cementgépen adszorbeált víztől függ.

Azt a körülményt, hogy a beton, illetve a habarcs zsugorodását elsősorban kémiai folyamatok okozzák, nagyon könnyen bebizonyíthatjuk már a szilárdulás első periódusában mindjárt a Vicat módszerrel mert a kötés befejezése után. Már Le Chatelier is megállapította, hogy röviddel a víz és a cement összekeverése után a térfogat csökken. Ezt a körülményt sok más szerző is kutatta és legutoljára nagyon részletesen foglalkozott ezzel a kérdéssel W. Czernin (19). Ezt a térfogatsökkenést az idézi elő, hogy a hidratálódó cement új képződményeinek térfogata kisebb, mint a cement és víz térfogata. A zsugorodás mértéke körülbelül $1/20$, ami a habarcsoknak és betonoknak szabad levegőn hosszú idő alatt történő kiszáradása után következik be. A fiatal betonban fellépő zsugorodás okozta feszültség néha a friss betonban repedéseket idéz elő. Ezek a repedések különféle időjárás mellett keletkeznek és gyakran megfigyelhetők útbeton készítésekor, amint arról a legutóbb W. Lerch (20) referált. A beton megfelelő kezelésével és a cement helyes megválasztásával ezt a jelenséget teljesen kiküszöbölhetjük.

A beton zsugorodására jelentékeny befolyást gyakorol maga a cement és a cementtartalom. Ismeretes, hogy minél kisebb a betonban lévő cement mennyisége, annál kisebb lesz a zsugorodás. A cement kémiai és ásványi összetételének a zsugorodásra gyakorolt hatását már nagyon régen ismerjük. Általában megfigyelhetjük, hogy a nagyobb mennyiségű C_3S -t és C_3A -t tartalmazó cementek — tehát a gyorsan szilárduló cementek — nagyobb mértékben zsugorodnak, mint a kisebb mennyiségű C_3A -t tartalmazó cementek. A C_3A befolyása különösen kedvezőtlen és megközelítőleg háromszor nagyobb, mint a C_3S és C_2S -é. Ezzel szemben a kisebb mennyiségű C_3A -t és nagyobb mennyiségű C_4AF -t tartalmazó cementek kisebb mértékben zsugorodnak, amint arra Satalkin szovjet kutató (21) rámutatott. A zsugorodásra nagy befolyást gyakorol még a cement finomsága is. A nem megfelelő szemcsemegoszlási görbével rendelkező nagy fajlagos felületű cementek jobban zsugorodnak, mint a durvábban őrlött cementek. A durván őrlött cementek felhasználása azonban gazdaságossági szempontból nem célszerű, mivel a 40—50 mikront meghaladó cementszemcsék a betonokban nem hidratálódnak és nem növelik a szilárdságot, amint arra J. Wuhrer (22) rámutatott. A cement zsugorodására még a klinker mésztelítettsége és a gyártási eljárás is befolyással van. A nagyobb telítettségű, erősebben égetett — forgó kemencében előállított klinkerből készült — cementek kevésbé zsugorodnak. Nagy szerepet játszik még a klinkerhűtés sebessége is. A cementekhez különböző célokból gyakran ada-

golt savanyú jellegű hidraulikus adalékanyagok többnyire kedvezőtlen befolyást gyakorolnak a cement zsugorodására.

Általában mondhatjuk, hogy a szerkezeti célokra és előregyártott elemek készítésére használt „350” és „450”-es szilárdságú cementek habarcsba történő általános felhasználás esetében 0,6—0,7 mm/m zsugorodást mutatnak. A különleges cementek zsugorodása 0,4—0,5 mm/m-t teszi ki, míg a Ferrari típusú cementeknél a zsugorodás körülbelül 0,3 mm/m.

A cementek által okozott betonzsugorodás — amint azt R. Grün munkái mutatták — valamivel kisebb, mint a kisméretű habarcspróbatestekben észlelt zsugorodás és jelentékeny mértékben a betonszerkezet méreteitől és alakjától függ. Egészen azonban megállapíthatjuk, hogy a nagyobb mértékben zsugorodó cement a betonban is nagyobb zsugorodást idéz elő.

A beton és habarcs zsugorodásának megszüntetésére egy lehetőség van, olyan cementeket kell felhasználni, amelyek nem zsugorodnak.

IV. A portlandcementek zsugorodásának kiküszöbölése

Mind a cementek gyártói, mind a betonok készítői már nagyon régen arra törekednek, hogy kiküszöböljék a cementek és ezzel együtt a betonok zsugorodását. Igen sokan próbálkoztak olyan cementek előállításával, melyek felhasználásával a beton zsugorodása megszüntethető, illetőleg amelyekkel még szabályozható duzzadást is el lehet érni. Már Guttman (23) is megkísérelte a cementek zsugorodását csökkenteni olymódon, hogy sokat adagolt a betonba, melyek kémiaiilag lekötik az adsorbeált víz egy részét. Ezek a vizsgálatok nem jártak eredménnyel, mivel az általa használt sók oldhatók voltak és csak igen kis mennyiségű vizet kötöttek le. Jobb eredményeket ért el W. Dyckerhoff (24), aki az úgynevezett bitumen-cement alkalmazását javasolta. Még a korszerű betonadalékok, mint például a plasztifikátorok, a légbuborékképző, a hydrofob és más adalékok, sem tudták teljesen megszüntetni a zsugorodást, bár néhány közülük, mint például a plasztifikátorok a víz-cementtényező csökkenése következtében csökkentik a zsugorodást. Még a szerves „polyplastok”, mint például a vizes polyvinilacetát emulzió sem tudta megoldani ezt a kérdést. Amint azt W.—Frank igazgató munkája eredményeiből láthatjuk a PVAc emulzió adagolása növeli a beton duzzadását a vízben, ugyanakkor azonban növeli a levegőn való zsugorodást is (25).

A helyes úton haladt és a probléma megoldására rámutatott H. Lossier, francia építész, aki Hendrick J. javaslatai szerint igyekezett kiküszöbölni a beton zsugorodását, oly nem zsugorodó, illetve duzzadó cement felhasználásával, amelyet a duzzadó komponensnek a közönséges portland-cementhez való hozzáadásával állítottak volna elő. Ilyen duzzadó komponens a cementbacillus néven ismert Candlot só ($C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$). Parré kémikussal együtt már 1935-ben sikerült olyan cementeket előállítani, melyek felhasználása

esetén a betonok nemcsak hogy nem zsugorodtak, de ellenkezőleg már a szabad levegőn történő tárolás folyamán is duzzadási jelenséget mutattak (26). Poliet et Chaussou cég már 1936-ban szabadalmaztatta (27) a nem zsugorodó és duzzadó cementek gyártási módszerét. E cementekben a legfontosabb komponens a duzzadást előidéző anyag a vízmentes sulfoaluminát, amelyet termikus eljárással, őrölt kréta, bauxit és gipszkőből készült iszap forgókemencében történő kiegetésével állítottak elő. Az égetést 1250 °C hőmérsékleten forgókemencében végezték nem minden nehézség nélkül, amint azt a szakfolyóiratból megtudhattuk (28). A francia nem zsugorodó és duzzadó cementet a fent említett duzzadó komponens, kohósalak és portlandcementklinker összeörlése útján állították elő. A kohósalak a főösszetevő SO₃ lekötésére és a duzzadás stabilizálására szolgál. A nem zsugorodó és duzzadó cementek kísérleti gyártását már a második világháború előtt megkezdték és a legutóbbi időben ismét napirendre tűzték. Jelenleg kétfajta cementet gyártanak és pedig nem zsugorodó cement, melynek duzzadása körülbelül 3 mm/m és duzzadó cementet, melynek duzzadása 28 nap alatt körülbelül 14 mm/m. Az említett cég prospektusában ismerteti a Beaumont sur Oise üzemben gyártott nem zsugorodó és duzzadó cementek tulajdonságait. A tulajdonságokat az 1. táblázat tünteti fel. Az egyéb tulajdonságait és a cementek nem zsugorodó betonok készítésére történő felhasználásának lehetőségét legújabbban részletesen K. Wesche vizsgálta (29). Az említett cementek gyakorlati felhasználása alapján kapott eredményekből Lossier szerint arra lehet következtetni, hogy nagyon előnyösen felhasználható építészeti vonalon olyan helyeken, ahol nem zsugorodó betonokra és habarcsokra van szükség. A jelenleg gyártott francia cementek fogyatékosága a gyártási eljárás bonyolultságán és a magas áron kívül még abban is mutatkozik, hogy a cementek duzzadási mértékét nem tudják állandósítani és azok az egyes szállítmányoknál jelentékeny mértékben ingadoznak. A francia duzzadó cementet mindaddig — amint arra Wesche rámutatott — nem lehetett felhasználni a betonban levő acélbetét feszítésére, mert a nagyobb méretű betonpróbatesteknél az acélbetétben a duzzadás folytán keletkezett feszültség a megadott 30 kg/cm² helyett csak 6 kg/cm²-t tett ki. Bogue is (30) rámutatott arra, hogy a megfelelő minőségű duzzadó cement gyártása mindaddig nincs biztosítva.

Mivel a francia duzzadó cementek igen nagy fogyatékosága a cementgyártás bonyolultsága, több szerző megkísérelte a duzzadó cement előállítását hideg úton. Németországban Hummel Charisius (31), valamint Gille és Keil (32) rámutattak arra, hogy duzzadó cementet egyszerűen elő lehet állítani úgy, hogy a portland-cementet gipsszel és bauxit cementtel összekeverik. A pontos receptet azonban a szerzők sajnos, nem adják meg. Figyelemre méltó eredményt ért el az olasz Gorla és Appiano (33), akik úgy állították elő a duzzadó cementet, hogy a portland-

1. táblázat

Poliet et Chausson (Franciaország) cég által gyártott nem zsugorodó és duzzadó cementek tulajdonságai

Mutató	AFNOR szerint	
	duzzadó cement	nem zsugorodó cement
1. <i>Litersúly, szórt</i>	950 g/l	
2. <i>Örlési finomság</i> szitamaradék 0,2 mm	0,6%	
szitamaradék 0,09 mm	7,0%	
3. <i>Kötés</i> : kezdete	3,5 óra	
vége	7,0 óra	
4. <i>Nyomószilárdság</i> : kg/cm ² 7 nap	160 (250)	160 (250)
28 nap	250 (315)	250 (315)
5. <i>Lineáris duzzadás</i> Tiszta pép (10 nap nedves környezetben, ezután levegőn) 1 nap	2,1 mm/m	1,1 mm/m
2 nap	3,5 mm/m	1,6 mm/m
7 nap	11,0 mm/m	2,8 mm/m
28 nap	14,1 mm/m	1,7 mm/m
90 nap	13,3 mm/m	1,0 mm/m
180 nap	12,6 mm/m	0,75 mm/m
360 nap	12,5 mm/m	0,70 mm/m
720 nap	12,5 mm/m	0,50 mm/m
6. <i>Tárolhatóság</i> :	1 hónap	
7. <i>Duzzadó erő</i> a betonban (400—600 kg/m ³) víz	50 kg/cm ²	
kombinát tárolás	30 kg/cm ²	
8. <i>Nyomószilárdság</i> a betonban (28 nap után (500 kg/m ³)	350 kg/cm ²	
9. <i>Duzzadás</i> a betonban	3—6 mm/m	

cementet és bauxit klinkert összeőrölték 700 C° hőmérsékleten égetett pucolással és mészkővel. Hasonló duzzadó cementet ajánl az orosz Kravcsenko és Salomatina (34), ők azonban a bauxit cementet nyers bauxittal javasolják helyettesíteni.

Budnyikov professzor (35) javasolja, a duzzadó cementet olyan hydroaluminátokból előállítani, melyet 800 C° hőmérsékleten kiégetett kaolinhól és égetett mészből készítenek. Ugyancsak ő javasolja a duzzadó cement gyártását 800 C° hőmérsékleten kiégetett 5—7% dolomit adalékanyag felhasználásával is (36). Kutate-ladze és Alasanija (37) a duzzadó cement gyártását

olyképpen javasolják, hogy a portlandcementhez 15—20% nyers vagy égetett agyagos gipszkövet úgynevezett „gázsát” adagolnak.

A kevert duzzadó cementek gyártására vonatkozó javaslatokat csak laboratóriumi kísérletekkel ellenőrizték, anélkül, hogy megvizsgálták volna a félüzemi előállítás lehetőségét, vagy akár kísérleti, vagy sorozat gyártást végeztek volna. Csak Franciaországban gyártottak egyedül nagyban duzzadó cementet. A cement főtulajdonságát, azaz a duzzadási érték állandóságát a gyártó üzemek azonban nem garantálják.

(Folytatjuk)

(Folytatás a 147. oldalról)

Dr. Milan Matousek : Quellzement auf der Basis von Metakaolin.

Es wurde die Wirkung des Gips- und Metakaolin-zusatzes in Form niedrig gebrannter Tone auf die Zementeigenschaften geprüft. Es gelang auf diese Weise einen metakaolinischen Quellzement herzustellen, dessen Quellen man bei genügender Benässung in genügen Grenzen (bis über 20 mm/m) und in gewissem Masse auch die Quellzeit regulieren kann. Näher wurde die Wirkung des Metakaolin-zusatzes auf die Volumen-

veränderungen, die Härte und der Bindungsverlauf von Schwefeloxyd zu einer unlöslichen Form verfolgt, woraus man auch auf das Wesen der Hydratation und des Quellens schliessen konnte. Weiter wird eine Übersicht der Haupteigenschaften des neuen metakaolinischen Quellzementes angeführt, wobei gezeigt wird, dass dieser eine normale Abbindezeit besitzt, hohe Festigkeiten bei einem vorteilhaften Verlauf erreicht und Betone mit mittlerem Quellen aufzubereiten erlaubt.

2 db hengerrostába került. A középső törőből az anyag mindkét osztályozóba volt irányítható, attól függően, hogy melyik szélső törőt kellett átmenetileg helyettesítenie.

A két azonos méretű osztályozó henger hossza 14 m, átmérője 1300—2000 mm volt. Az osztályozott ötféle: 0—3, 3—10, 10—25, 25—40 és 40—65 mm szemnagyság tartályokba hullott és surrantók útján kötélpálya függőkocsikba volt eresztethető. A 65 mm-nél nagyobb túlfolyót a hengerrosták tengelyvonalába helyezett serleges felvonók egy-egy VI. sz. egyingás pofás utántörőbe emelték. Az utántörők 45 mm-es pofanyílással dolgoztak.

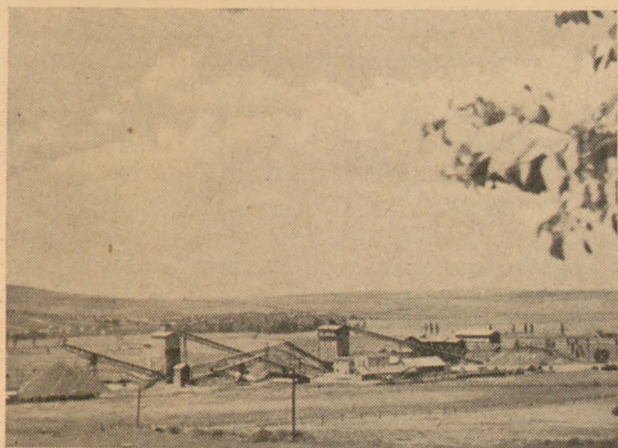
Az utántört anyag terelőtölcséreken át a kőrosták közé szerelt szállítoszalagra folyt, mely visszavitte a középső előtörő lefolyótölcsérébe, amelyből ismét a kőrostákba jutott.

A gépeket elektromotorok hajtották meg. Az épület oldalához csatlakozó transzformátorházban a 10 000 V primer feszültséget 380 V-ra transzformálták.

A zúzottkővel megtöltött függőcsillék, valamint a leeresztőn érkezett faragott és egyéb áru továbbítására 2 km hosszú, vasszerkezetű oszlopokon nyugvó kötélpálya épült. A kötélpálya két végpontja közt 110 m a szintkülönbség, ami lehetővé teszi — a feladóállomáson felszerelt fékmotor útján — villamosáram visszanyerését. A kötélpálya futóművei négykerekűek, csilléi 600 literesek.

A kötélpálya a vasúti rakodóra vezet. Itt az akkor szokásos elrendezés szerint az iparvágánnyal párhuzamosan húzódó siló épült, amelynek celláiban a leérkezett zúzottkő fajtánként tárolt. A cellákból az anyag surrantókon át közvetlenül vasúti kocsikba volt eresztethető, vagy deponálható volt az üzem udvarán.

A vasúti hídmérleg a rakodó középvonalaiban nyert elhelyezést. Felette 6 kisebb, egyenként egy vagon befogadóképességű kavicsstartány állt, amelyek a vagonok súlykiegészítésére szolgáltak. A rakodó baloldalán két leeresztő készülék épült a terméskő, ciklop és faragott árunak magasrakodóra, illetve depóniába szállítására.



4. ábra. Az 1953-ban üzembehelyezett utántörő, osztályozó és rakodó

Az iparvágány a Szerencs—Hidasnémeti vasútvonalból Tállya állomáson ágazik ki és kb. 1 km hosszú. A rakodóra kiállított vasúti kocsikat vagonvontató berendezés mozgatja.

Az üzem fejlesztése

A felszabadulás után megindult út- és vasúthelyreállítási munkák, valamint egész sor új mélyépítési létesítmény építése olyan nagymennyiségű kőanyagot igényelt, amely felülmulta a bányaberendezés eredeti kapacitását. A tállyai üzem az ország északkeleti részét és az Alföldnek Füzesabony—Szolnok—Orosháza vonaltól keletre fekvő területeit hivatott zúzottkővel ellátni. Az üzemfejlesztés ekként felmerült kérdésével az iparág vezetői 1949-ben kezdtek foglalkozni. Felvetődött korszerű, gépesített új üzem létesítésének gondolata is, azonban az iparvezetés a rekonstrukció mellett döntött, mivel az gazdaságosabbnak és könnyebben, rövidebb idő alatt kivitelezhetőnek ítélték.

A rekonstrukció célkitűzése az eredetileg 275 000 tonna (év) 2 műszak kapacitású üzem teljesítőképességének megkétszerezése, a termelékenység növelése és az önköltség csökkentése volt. Számolt azzal, hogy a gépesítés következtében a kezdetben még jelentős szerepet játszott faragottkő termelés meg fog szűnni.

A korszerűsítés három fő lépését a következőkben ismertetjük.

I. Előtörő- és kötélpálya kapacitás növelése, utántörés és osztályozás áthelyezése a rakodóra

Az előtörőkapacitás növelésére a régi 3 db VIII. sz. előtörőt 2 db Ganz X sz. előtörővel cserélték ki és a bánya 285 m szintjén további 2 db Ganz X sz. törővel felszerelt új előtörőművet létesítettek. Ez utóbbiból az egyszerűtört anyag szállítoszalagon átöntőtoronyba, onnan pedig kötélpályacsillékbe jut. A régi kötélpályával párhuzamosan új, 1500 t/2 műszak teljesítményű kötélpálya épült az új előtörőműben zúzott anyag továbbítására. A berendezések folyamatos üzemeltetése érdekében a kötélpálya-leadók előtt az egyszerűtört kőanyag részére puffertároló épült.

A megnövekedett előtöréssel összhangban a vasútmenti üzemtelepen két, egyenként két vibrátorrosta sorozattal felszerelt siló épült és 1 db Pegson és 1 db Humboldt utántörőgép nyert elhelyezést. A silókból a vagonok rögzített szállítoszalagokkal rakhatók meg.

Az üzemfejlesztés ezen első lépésének létesítményeit 1953-ban helyezték üzembe. Beruházási költségei 26 millió forintot tettek ki (4. ábra).

II. A késztermék deponálásának megoldása és az utántörés második fokozatának bevezetése

A rekonstrukció első ütemével az előtörés, utántörés, osztályozás ésállítás kapacitása 1100 tonnáról 2600 tonnára emelkedett kétműszakos naponként. A rakodón létesített puffertárolón egy napi termelésnek megfelelő egyszerűtört anyag tárolható. Szükség volt ezek után az osztályozott

zúzottkő tárolásának megoldására, hogy a termelés vagonhiány esetén se kényszereljen leállni.

A fejlesztés újabb lépése folyamán könnyű vasszerkezetű hidakra szerelt, rögzített szállítószalagok kerültek beépítésre az egyszerű és kétszertört 25—40 és 40—60 mm szemnagyságú zúzottkő deponálására, továbbá mozgatható szalagokat szereztek be az egyszerűt 5—15 és 10—25 mm szemnagyságú tárolásához. A nemeszualék termelésének fokozása érdekében beszerettek és üzembe helyeztek egy hazai gyártmányú körtörőt, amely granulátorként, mint második utántörőfokozat, a már kiosztályozott nagyobb szemcsék aprítását végzi. Szalaglancot állítottak fel az NZ 0—5, 5—12 és 12—22 mm szemnagyságú frakcióknak átszállításához az Aszfaltútépítő Vállalat szomszédos keverőtelepére. A deponált anyagok felszedésére a tárolókúpok alatt két szalagalagút épült oly módon, hogy a tárolt anyag az itt felszerelt szállítószalagok segítségével közvetlenül vagonba rakható.

A II. fejlesztési lépés létesítményeit 1956-ban helyezték üzembe. Költségei 2,5 millió forintba rúgtak.

III. A terméskő termelés gépesítése

A rekonstrukció harmadik, befejező lépése kőtermelés gépesítése volt. Ennek az átszervezésnek igen komoly műszaki, politikai és gazdasági jelentősége van.

Műszaki vonatkozásban evvel a lépéssel nyert befejezést azüzem előirányozott komplex gépesítése. A zúzó-, osztályozó-, szállító-, deponáló- és depóniafelszedőberendezéseket követnie kellett a terméskőtermelés és belső szállítás kotrógépekkel és dömperekkel való megoldásának.

A rekonstrukció politikai vonatkozású jelentőségét az 1959. szeptember 19-én Tállján tartott műszaki fejlesztési ankéton megjelent Párt- és Szakszervezeti funkcionáriusok abban rögzítették, hogy a termelés gépesítése révén a szocializmus építésének egy fontos szakasza zárult le a kőbánya életében. A beruházások eredményeképpen ugyanis:

a dolgozók mentesültek a kötörés, rakodás és csillézés nehéz testi munkájától;

az üzem több mint száz olyan dolgozót adhatott vissza a mezőgazdaságnak, akiket eredetileg onnan toborzott és naponta 40—60 km úton szállított a környező falvakból gépkocsival a munkahelyre és vissza;

kialakult az üzemi törzsgárda, mely most már csaknem kizárólag helyi lakosokból áll. Többségük szakmunkás, vagy betanított munkás és a gépek kezelését, javítását, karbantartását végzi. Keresetük jóval magasabb, mint a kézi termelés idején volt úgy, hogy a kétlakiság és a munkás-vándorlás — amely azelőtt káros kihatással volt a termelésre — gyakorlatilag megszűnt.

Gazdasági vonatkozásban a kőtermelés és belső szállítás gépesítésének jelentősége abban mutatkozik, hogy nagymértékben nőtt az üzem biztonsága, megoldást nyert időjárástól és vagonhiánytól való függetlenítése, a termelés egyenletessé vált.

Az üzemátvezetés harmadik lépésének keretében beszerzésre került 4 db Skoda RY típusú, 1 m³-es hegybontó szerelvény, Diesel motoros kotrógép és 11 db 3,5 m³-es dumper. A régi zúzóépületben felállított egyik Ganz X-es előtörőhöz etetőbunker, adagológép, meddőleválasztó vibrátor készült. A 276 m-es szinten a terméskő tárolására vasbeton siló épült, hozzátartozó dömperráccsal és meddőleválasztó berendezéssel a 315 m-es szinten, a régi zúzóépületben felállított második előtörő kiszolgálására. Hasonló meddőleválasztó berendezést kapott az 1953-ban üzembe helyezett új előtörőüzem két Ganz X-es törője is. Felszedték a kisvasúti vágányhálózatot, a siklókat, eltávolítottak minden, a régi technológiához használt és a gépesítés következtében feleslegessé vált berendezést. A bányaszinteket az új termelési módnak megfelelőbb 30 m-es fejtési frontmagasságokra vonták össze.

A felsorolt munkálatokat 1957—59-ben végezték, költségeik elérik a 8,3 millió forintot.

A rekonstrukció harmadik lépésének utolsó fázisa a régi törőépülethez csatlakozó második meddőleválasztó berendezés létesítése volt. Tekintettel arra, hogy ennek keretében néhány új-szerű és kiforrott konstrukció került megvalósításra, tervezési és építési adatait az alábbiakban részletesebben ismertetjük.

Előzetes adatok és általános terv

a 2. meddőleválasztó berendezés építéséhez

A tervezésnek elsősorban a mennyiségi adatokat kellett tisztáznia. Az ehhez az üzemrészhez beosztott törőgép óránként 50 m³ = 75 tonna terméskövet aprít. Az üzem statisztikai adatai szerint a 315 m szinten az összes lerobbantott kőanyag 25%-a tekinthető meddőnek, így óránként 100 t = 67 m³ anyagot kell a leválasztóra adagolni. A valóságban a meddő nem oszlik el egyenletesen a kőanyagban, ezért a meddőleválasztót és a meddőszállító berendezést túl kellett méretezni.

A termelőszinten a számított anyagmennyiség rakodására két 1,0 m³-es hegybontót, szállítására 3—4 dumpert szükséges üzembe állítani.

A meddőleválasztó vibrátor és az utána következő berendezések számítása, biztonságos és folyamatos üzemeltetése érdekében a bedöntés után darableválasztót kell beépíteni, amely az 50 cm méretnél nagyobb köveket visszatartja és feldarabolásukat lehetővé teszi.

A vibrátor által leválasztott meddő kihordószalagját a sikló felett, a sikló üzembiztonságának érdekében tartásával kell átvezetni és oly módon, hogy a nagymennyiségű meddő elhelyezése a hányón évekre biztosítva legyen.

A terméskőtároló a meddőleválasztó vibrátorról kap anyagot. A kövek a 312,50 szintről hullanak le. Mivel a tárolóból dumpereket kell rakodni, a tároló torlasztási szintjét a 276-os közlekedési szintről a 280,50 nivóra kellett felemelni. Eszerint a leválasztóról lehulló kövek legnagyobb esési magassága 32 m.

A leválasztóról lehulló kő egy a vízszinteshez 38 fok szögben hajló alkotóval kiképződő kúp alakjában helyezkedik el. Számításba kellett venni, hogy száraz időben és esetleg túlnyomóan nagy kövek érkezésénél a kúpalkotó hajlásszöge 38 fok fölé fog emelkedni, míg nedves időjárásnál és túlnyomóan kis szemnagyság mellett 38 fok alá süllyed. A szórt terméskőkúp a hegyfelőli oldalon a mintegy 70 fok alatt hajló meredek sziklafalra támaszkodik.

A berendezésben feladásra kerülő legnagyobb kődarab súlya mintegy 340 kg. Szabadon esve $340 \times 32 = 11\,000$ mkg mozgási energiát halmozna fel magában. A terméskőkúp lejtőjén legördülő kő ennek az eleveenerőnek kb. $\frac{2}{3}$ részét elveszíti, tehát becsapódása a tároló torlasztófalán 4000 mkg energiával vehető számításba.

A termeskötároló ürítőnyílásától az előtörő döntőhelyéig vezető úton számítás szerint két dumpert kell üzemeltetni. A dumperek a 276-os szinten döntenek, a törő etetőnyílása a 260 m szinten van. Az itt mutatkozó 16 m szintkülönbségen a legnagyobb döntött kődarab olyan mozgási energiát nyer, ami a zúzógép biztonsága érdekében megengedhetetlen. A csúszdán tehát gondoskodni kellett a kő sebességének csökkentéséről.

A közötti előzetes számítások után kétség-telenné vált, hogy a tervezett berendezés döntő jelentőségű problémája a terméskőtároló torlasztófalának megtervezése. A nehézségek elég sokoldalúak voltak. Talán a legkellemelenebbnek az mutatkozott, hogy a torlasztófal egyes felületeit semmiképezt sem lehetett megvédeni a lezuhanó kövek bombázásától, azért ezek elrombolásával kellett számolni. A lepusztulásnak viszont nem szabad olyan méreteket öltenie, hogy emiatt az üzemet az évenként előirányozott helyreállítási időszakon belül szükséges legyen szüneteltetni. A tervezőre rendkívül nagy felelősséget jelentett, hogy a kezelő és szállítómunkásokat mentesíteni kellett a tárolófelületen felütődő kövek szilánkjaitól.

Meg kell mondanunk, hogy a felmerült nehézségek mindegyikét nem sikerült már a tervezetben elhárítani és a tároló végleges alakját csak az első üzemi tapasztalatok kiértékelése után nyerte el.

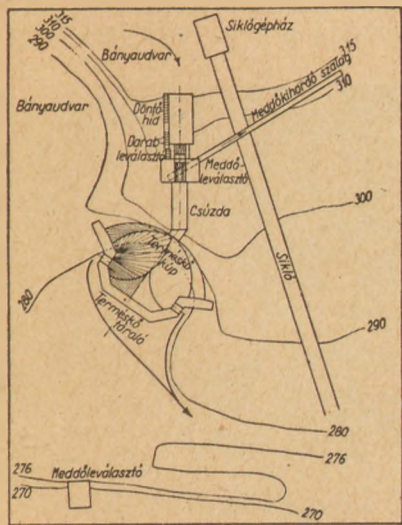
A funkciós terv az 5. ábrán látható alakban került jóváhagyásra. Az ábrán a 315. m. szinten épített döntőhíd, a döntőcsuszda, a darableválasztó alatta bunkerrel, a meddőleválasztó vibrátor, a meddőkihordó szalag, a tárolóra hulló kő terelőcsúszdája, a tárolt terméskő kúpja, a tároló falazata és lecsapolóhelyei vannak feltüntetve.

Építési terv

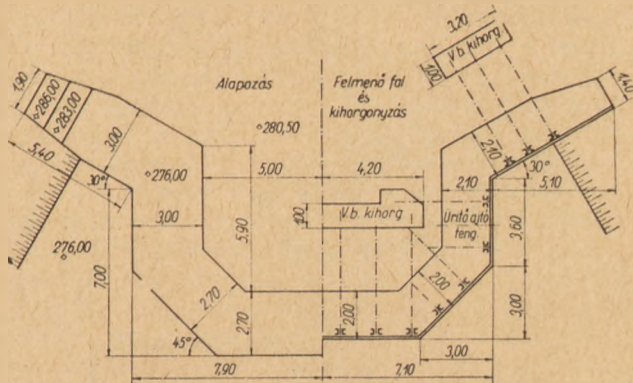
A tályjai 2. sz. meddőleválasztó berendezés építményei: a 315. és 276. m. A. f. szinten emelt döntőhidak, a csuszdák, bunkerek, a szállítószalag stb. nem térnek el a kőbányaparban szokványos, hasonló célú létesítményektől és így ismertetésük ebben a keretben szükségtelennek mutatkozik. Az építmények közül újszerűnek csupán a terméskőtároló mondható és pedig különleges alaprajzi elrendezése, szokatlan dinamikai igénybevétele és statikai méretezési eljárása, valamint a teherviselő és az ezt vezető építményrészek szerencsés összehangolása miatt.

A tárolófalazat egy a 280,50 m szinten álló, 13 m csúcsmagasságú terméskőkúpot torlaszt meg, amely kúpra ennek alapjától számított 32 m magasságról hullik a tárolót tápláló kőanyag. A tároló üritése szimmetrikusan elhelyezett, gépi berendezéssel nyitható és zárható két nyíláson át végezhető. A tároló automatikusan üríthető köbtartalma 400 m³, ami egy műszakos termelési mennyiségnek felel meg. A terméskőkúpnak mintegy 33 m átmérőjű kör-alapterülete nem alakulhat ki, mivel annak 2/3 részét a tároló mögött emelkedő meredek sziklaoldal és a tárolófalazat levágja. Ennek figyelembevételével a tároló teljes ürtartalma 1200 m³, benne tehát kb 800 m³ holt kőanyag fekszik.

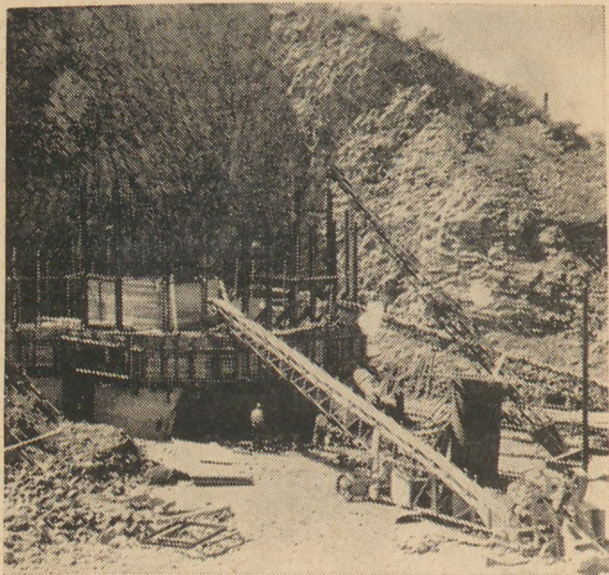
A torlasztófal eredetileg teljesen különállónak tervezett profilacélvázból és a mögéje épített terméskő falazatból áll. Az előbbi veszi fel a statikai és dinamikai terhelés vízszintes erőinek túlnyomó részét, az utóbbi térkitöltő szerepén és azon felül, hogy a függőleges erőkomponenseket viseli, az acélváz védelmét is szolgálja. A kivite-



5. ábra. A II. sz. meddőleválasztóberendezés helyszínrajza



6. ábra. A terméskötőteroló alaprajza

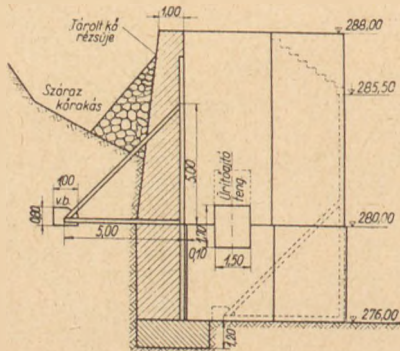


7. ábra. A terméskőtároló építés közben

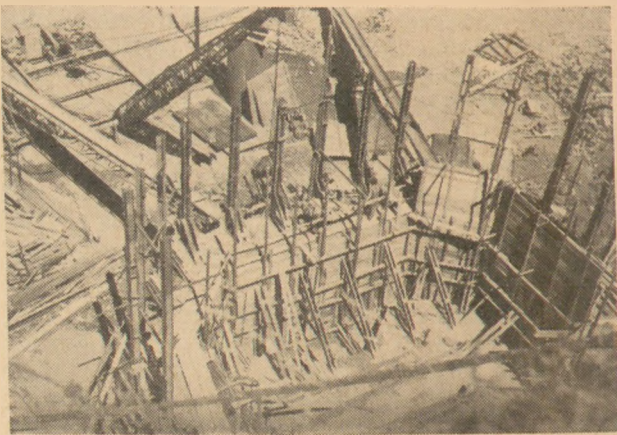
zés folyamán, célszerű megfontolások eredményeképpen, az acélvázat a terméskőfalazat homloksíkjába rejtették. A 7. ábra mutatja, hogy ezt a módosítást részben az építésnél alkalmazott csúszó zsaluzás érdekében kellett végrehajtani. A fal alapozása tört vonalozású, mert az üritő nyílásokat lehetőleg a tárolt kőkúp alkotója irányában kellett elhelyezni, nehogy a legördülő kövek a nyílászáró szerkezetbe csapódjanak. A falazat alapteste 1,20 m mély és felső szintje a 276. m udvarnivón van. Két szárnya azonban lépcsősen az oldalozó sziklafalakra kúszik fel. Egész terjedelmében a termett sziklába van rohantva. Szélessége 2,70—3,00 m, anyaga betonba ágyazott terméskő.

Az alapozás fölé 2,00—2,10 m széles, 4,00 m magas lábazati fal épült, amely a kétoldali szárnyfalak egy közbenső pontján fut ki a sziklafalba. A tároló egész belső területe a lábazat felső szintjéig fel van töltve bányameddővel. A lábazati fal anyag, csakúgy mint a felmenő falazaté, cementhabarcsba rakott terméskő.

A felmenő fal a homlokzat felől függőleges, a belső oldalon lerészszűzött, trapézkeresztmetszettel épült. Felfekvésénél 1,90—2,00 m széles, felül egyöntetően 1,00 m vastagságra fut össze. Magassága az előugró homlokzaton eredetileg 5,50 m



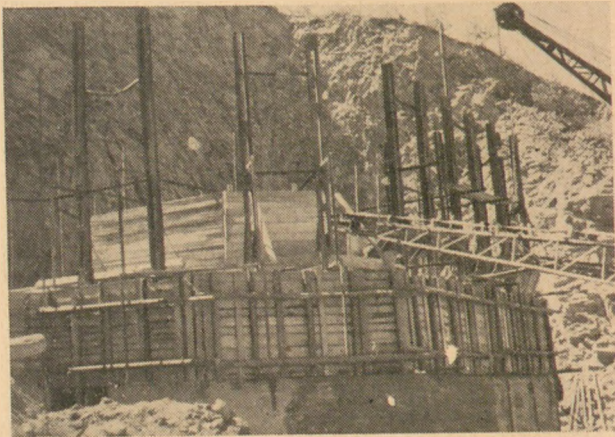
8. ábra. A tároló egy metszete



9. ábra. A tároló acélváza

von, a hátranyuló, erre merőleges oldalfalakon és a szárnyfalakon 8,00 m. A 2,50 m szintkülönbséget az alaprajzon 45 fok alatt hajló falmezőkön lépcsőzet hidalta át. A tároló első üzemi tapasztalatai alapján azonban ezt a falazatmegtakarítást fel kellett számolni, mert az előreugró homlokzati fal mögött a kő számításán felül feltorlódott és egyes kövek átugrották a homlokfalat. Ezért utólag a felmenő falazat felső élét ezen a szakaszon is a 288 m szintre emeltük. További biztonsági intézkedésként a tárolófalazat tetején vaslemezkerítést kellett emelni az odáig felcsapódó kőszilánkok felfogására. A homlokzatra merőleges falszakaszokon vannak kihagyva az üritőajtók 1,70/1,50 m méretű nyílásai. A nyílások kb. 45 fok alatt lejtő fenékrészűje a lábazatfalba vág (8. ábra).

A torlasztófal teherviselő acélvázának gerincét az 1,00—2,00 távolságban felállított bakok képezik. Ezek sematikus szerkezete jól látható 8. ábrán bemutatott keresztmetszeten, míg kivitelezett alakjukat és elhelyezésiüket az építés közben készült 9. és 10. számozású fényképek mutatják. A bakok függőleges rudai kettős U₁₄₋₁₈ profilokból, 45 fok alatt hajló vonórudai és vízszintes összekötőrudai a szükséghez képest különböző méretű profilacélból vannak hegesztve. A bakoknak hátsó csomópontja — egy-egy bak-



10. ábra. Acélváz és belső zsaluzás

sorot összefoglalóan — kihorgonyzó vasbetongerendákba van ágyazva. Az oszlopokat, ugyancsak a falazatba rejtetten, ráhegesztett vízszintes szögvas-hevedersorok fogják össze, kisebb mezőkre osztva a kitöltőfal függőleges sávjait. Az oszlopok lábánál terhelést elosztó talplemezek kerültek beépítésre.

A torlasztófal mögött — ahol ezt a tároló funkciója megengedi — száraz terméskőrákat készült a falazat és az acélváz ferde rudainak megvédésére. Ez a kőrákat általában a megengedhető felső tárolási szintig nyúlik.

A torlasztófal méretezésénél feltételeztük, hogy a fentebbi megállapítás alapján 4000 mkg mozgási energiával érkező kő a felütődés pillanatában bekövetkező jelentéktelen lemaródások és rugalmas alakváltozás következtében

$$f_0 = a \cdot a = a^2$$

felületen érintkezik a torlasztófal burkolatával. A továbbiakban a kő és falazat rugalmatlan ütközését feltételeztük. Mivel mind a kőnek, mind a falazatnak törőszilárdsága σ , számításunk kezdetekor

$$P_0 = a^2 \sigma$$

erő támad a burkolaton, amikor tehát annak roncsolódása elkezdődik. Feltételeztük továbbá, hogy a roncsolódás előrehaladtával a kő és burkolat érintkezési felülete változást szenved és y út után mérete

$$f_y = (a + \alpha y)^2.$$

Ekkor az érintkezési felületen támadó erő:

$$P_y = (a + \alpha y)^2 \sigma.$$

A roncsolás dy infinitezimális előrehaladásával a roncsolás munkája:

$$dL = P_y dy = (a + \alpha y)^2 \sigma dy$$

Ennek $y = 0$ és $y = h$ határok közt vett határozott integrálja egy h úton végzett roncsolás energiaigényét adja:

$$L = \left(a^2 h + a \alpha h^2 + \frac{\alpha^2}{3} h^3 \right) \sigma$$

Ez az egyenlet módot ad az L energiához tartozó h út kiszámítására:

$$h^3 + 3 \frac{a}{\alpha} h^2 + 3 \left(\frac{a}{\alpha} \right)^2 h - \frac{3L}{\alpha^2 \sigma} = 0$$

harmadfokú egyenlet egyetlen valós gyöke:

$$h = \frac{1}{\alpha} \left(\sqrt[3]{a^3 + \frac{3\alpha L}{\sigma}} - a \right)$$

És ennek segítségével a roncsolás befejezésének pillanatában támadó, maximális, tehát a méretezés szempontjából mértékadó erő:

$$P = (a + \alpha h)^2 \sigma = \left(a^3 + \frac{3\alpha L}{\sigma} \right)^{\frac{2}{3}} \sigma$$

A képletekben szereplő a és α a becsapódó kő alakjától és részben a fal felületének érdekességétől is függő alaki állandó. Az a méret néhány

cm-re vehető, egyébként ilyen keretben való tetőszöleges megállapítása kevésbé befolyásolja h és P számított értékét. Annál fontosabb α helyes megválasztása, amely különösen P értékére döntő jelentőségű. Számításainknál $\alpha = 1$ felvétellel élünk és így képleteink

$$h = \left(a^3 + \frac{3L}{\sigma} \right)^{\frac{1}{3}} - a$$

$$P = \left(a^3 + \frac{3L}{\sigma} \right)^{\frac{2}{3}} \sigma$$

egyszerűbb alakba mentek át. Most már L helyébe a tárolókúpon legördülő kő elevenerejét

$$L = 4000 \text{ mkg} = 400\,000 \text{ cmkg},$$

$$\sigma = 2000 \text{ kg cm}^2$$

kőszilárdságot és a helyébe 5 cm felvett értéket téve, képleteink a következő eredményre vezetnek:

$$h = 4 \text{ cm},$$

$$P = 162\,000 \text{ kg}.$$

A roncsolás $h = 4$ cm mélysége mellett az $a^2 = 25 \text{ cm}^2$ kezdeti felfekvés után a kő

$$f_h = (5 + 1 \cdot 4)^2 = 81 \text{ cm}^2$$

felfekvést ér el az elevenereje teljes lefékeződésekor. Az összes roncsolás kubaturája:

$$v = \frac{25 + 81}{2} \cdot 4 = 212 \text{ cm}^3$$

Ennek az elforgácsolódásának legfeljebb fele a torlasztófal burkolatát is éri, amely így legfeljebb 110 cm^3 porlódást szenved a 340 kg súlyú kő felütődésénél.

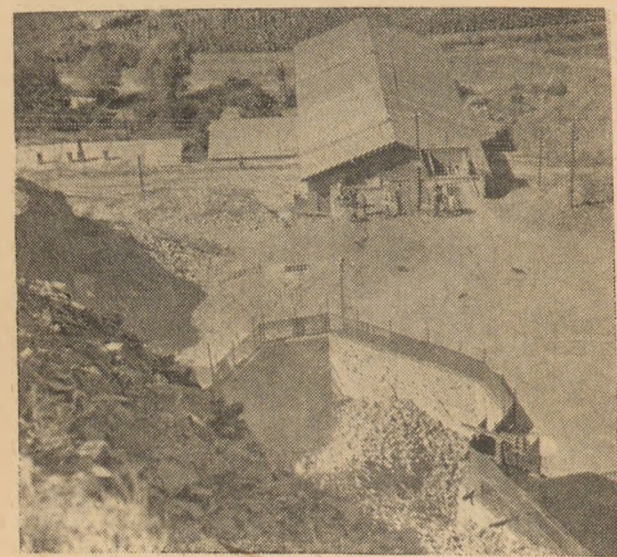
Ha a torlasztófal állékonyságára kívánunk számszerű támpontot nyerni, figyelembe kell vennünk, hogy a tároló kőforgalma 1200 t/nap . A leérkező kő azonban vegyes szemszerkezetű mintegy fele olyan kis méretű, hogy lefékezése már a hányón bekövetkezik. Így naponta $600\,000 \text{ kg}$ kőanyag kártevésével kell számolnunk és pedig 0-tól a fent számított maximális értékig, egyenletes eloszlással. A roncsolás így naponta

$$\frac{1}{2} \frac{600\,000}{340} \cdot 0,11 = 97 \text{ dm}^3 = 0,1 \text{ m}^3/\text{nap}$$

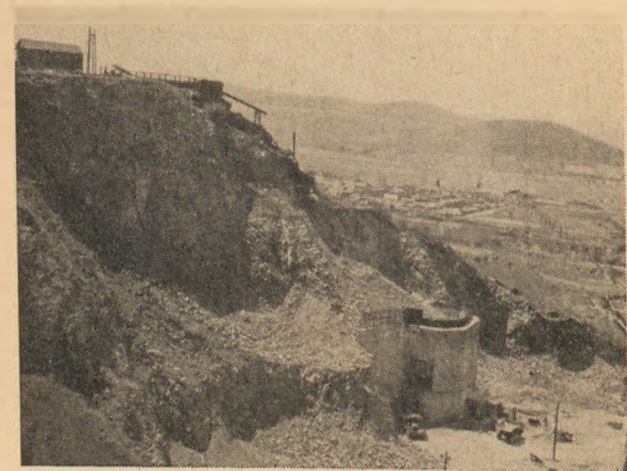
A falazatnak ez az elrombolódása azonban megoszlik az exponált felületek egy részén emelt száraz kőrákat és a nem védhető torlasztófal között. Figyelemmel a tényleges helyzetre a támfalra a roncsolásnak mintegy fele, tehát $0,05 \text{ m}^3/\text{nap}$ becsülhető. A fal védhetetlen felülete kerekén 30 m^2 , amelyen legfeljebb $0,5 \text{ m}$ mélységű lemaródás engedhető meg, vagyis legfeljebb $30 \times 0,5 = 15 \text{ m}^3$ falazat pusztulásával szabad számolnunk az üzemmenet veszélyeztetése nélkül. Ezen az alapon a torlasztófal nagyjavítás nélkül megengedhető üzemideje

$$\frac{15}{0,05} = 300 \text{ nap}$$

A tároló eddigi üzeme fenti számításainkat megfelelően óvatossá mutatja.



11. ábra. A kész tároló



12. ábra. A feltöltött tároló és meddőleválasztó távlati képe



13. ábra. A kotrógép válogatás nélkül rakodik

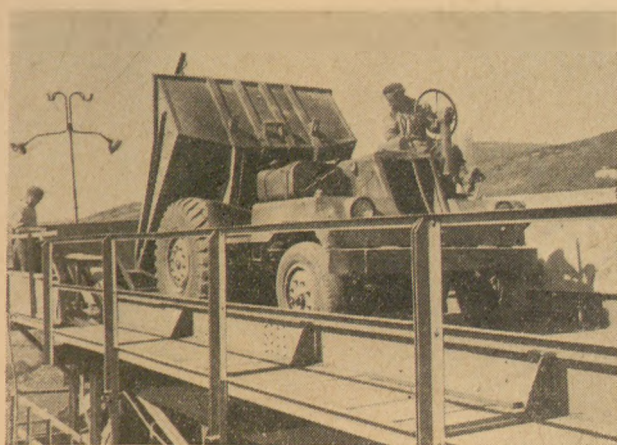
A torlasztófal elemeinek méretezésére szolgáló statikai számításainknál a földnyomást és a torlasztott terméskő nyomását a szokásos módon, grafikusán állapítottuk meg. A felütődő kövek erőhatását a felütődés szintjének megfelelően vettük figyelembe. Amíg tehát a támfal lábánál a fentebb kimutatott 4000 mkg energiát és 162 000 kg fékezőerőt vettük alapul a feltároló felső szintjén 26 m esési magassággal, illetve 3000 mkg mozgási energiával és ebből adódó 140.000 kg fékezőerővel számoltunk.

A vasszerkezet számításánál egy bakra egyidejűleg csupán egy maximális méretű kő felütődését vettük tekintetbe. Számoltunk a vastag védőfalazat erőelosztó hatásával is. Nagy óvatosságot igényelt a bakok kiborulás elleni biztosítása; ennek érdekében a lehorgonyzó vasbetongerendák tengelyvonalát többnyire 5.000 m-re kellett a falazat homloksíkja mögé helyezni. A vasszerkezetet szerelő és hegesztő brigádok jó munkáját dicséreti, hogy a torlasztófal, a tároló egyes esetekben bekövetkezett túltöltése alkalmával sem szenvedett észrevehető deformációt, vagy repedést.

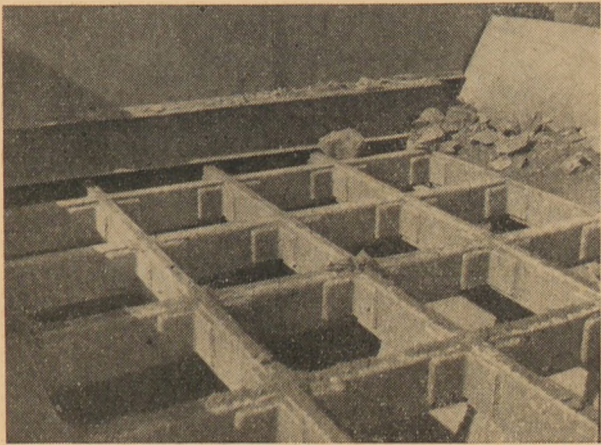
A 2. meddőleválasztó gépi berendezése

Az építésnél felhasznált kőanyagokra vonatkozó szabványok előírják, hogy a kövek aprításával nyert zúzottkő és zúzalék százalékszerűen mennyi szennyeződést tartalmazhat. Így a minőségi előírások megkövetelik a kőtermelés technológiájának olyan kialakítását, amely a szennyeződést, illetve meddőt tartalmazó anyagokat a közettől leválasztja. Ameddig a kőrakodás kézi erővel történt, a minőségileg megfelelő kőanyagnak kézi kiválogatásával, addig a lerobbantott kő szennyeződése nem jelentett különösebb technológiai feladatot, mert a szétválasztás a terméskő csillébe rakása alkalmából megtörtént. Rakodógépek alkalmazásakor új feladatként jelentkezett a szennyeződés eltávolítása, mert a gép válogatás nélkül rak a szállítóeszközbe.

Ezért került sor Tállyán kísérletképpen az I. sz. meddőleválasztó berendezés létesítésére. A berendezés a régi zúzóépület mögött, a 276 m-es szinten nyert elhelyezést, az erre a szintre lerobbantott kőanyag megtisztítására. A követ Skoda kotrógépek szedik fel és 3,5 m³-es dumperek szállítják, majd döntik egy 10 m³ befogadóképességű, vasszerkezetű bunkerbe. A bunker fenékrészen dugattyús adagoló tolja a kőanyagot egy excentergerjesztésű vibrátorra. A vibrátor sínrosta mezeje 3,0×1,0 m felületű és tagokból van összeállítva, hogy könnyebben legyen cserélhető. A sinek hossztengety irányban vannak elhelyezve, egymástól mért szabad távolságuk száraz időjárásnál 20 mm-re, nedves időszakban 50 mm-re változtatható. A vibrátoron a meddő átesik, majd egy szállítószalagra jutva a hányóra kerül, míg a megtisztult kő a rostamezön végighaladva egy csuszdán át a régi törőépületben felállított Ganz X. kétingás pófástörőbe jut.



14. ábra. Dumper ürítése a döntőhídon



15. ábra. Darableválasztó rács

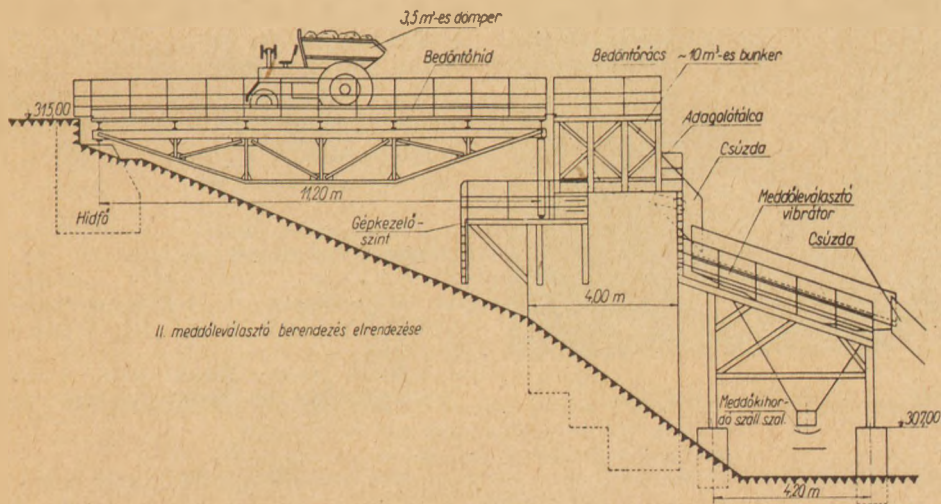
Az I. sz. meddőleválasztó berendezés üzemi tapasztalatai alapján, a régi törőüzem teljes kapacitásának kihasználása érdekében, második meddőleválasztó berendezés készült, melynek feladata a 315-ös szinten robbantott kőnek meddőtlenítése és a régi törőépületben elhelyezett másik Ganz X. előtörőbe való juttatása. Ennél a berendezésnél is 1 m³-es Skoda hegybontók szedik fel a válogatatlan anyagot és rakják 3,5 m³-es dumperekbe. A dumperek a 315. szinten épített, 11,0 m hosszú, vas-szerkezetű bedöntőhídra járnak és annak végén darableválasztó rácstra döntenek (14. ábra).

A darableválasztó rácson csak az 50 cm él-méretűnél kisebb kövek esnek át. A kőbányaipar első darableválasztó rácsa ennek a rekonstrukciónak keretében került beépítésre. Szükségességét az indokolja, hogy a nagyméretű kődarabokat távol kell tartani a berendezés további részeitől. Ilyen nagy kövek adagolása súlyos nehézséget jelentett volna a vibrátor és terméskőtároló méretezésénél, valamint az alsó szinten a dumperek rakodásánál és az előtörő etetésénél.

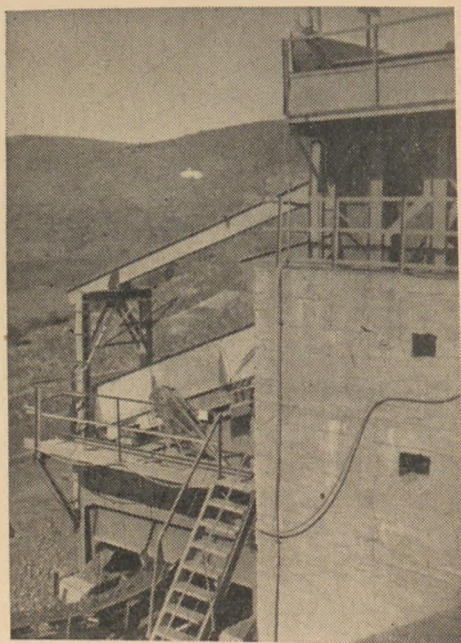
A bedöntőrácsra át a kő kb. 10 m³-es vas-szerkezetű bunkerbe esik, amely alatt tálcás adagoló berendezés van beépítve. Ennek a kőbányaiparunkban először alkalmazott adagoló-

nak előnye az eddig használt dugattyús adagolókkal szemben az, hogy az adagolandó követ magán viszi és a löket visszahúzódasakor szinte szeletekben ejti a meddőleválasztó vibrátorra. További előnye, hogy rajta a kő befeszülése nem következhet be, mint a dugattyús adagolóknál.

A vibrátor rostamezeje vasúti sínekből készült és 1,50 × 5,40 m felületű. Több mezőből áll, hogy könnyebben legyen cserélhető. Rései száraz időben 20 mm-re, nedves időben 50 mm-re változtathatók. A vibrátor excentergerjesztésű, elektromos meghajtású. Felületéről a meddőtlenített terméskő a tárolóra vezető terelőcsúszdára hullik. A vibrátoron áteső meddőt 650 mm széles, gumihevederes szállítószalag a meddőhányóra viszi. Gondoskodás történt arról, hogy a meddőkihordó szalag vége alatti hányószakasz feltöltődése esetén a szállítási útvonal könnyen meghosszabbítható legyen. A szalagot olyan magasan vezettük a sikló felett, hogy ez utóbbinak üzemeltetése szükség esetén fenn legyen tartható. A berendezésnek a dumperhídon, darableválasztón és meddőleválasztón vett metszetét a 16. ábra mutatja. A 17. számú fénykép a darableválasztó végét, a meddőleválasztó vibrátort és a meddőkihordó szalagot tünteti fel.

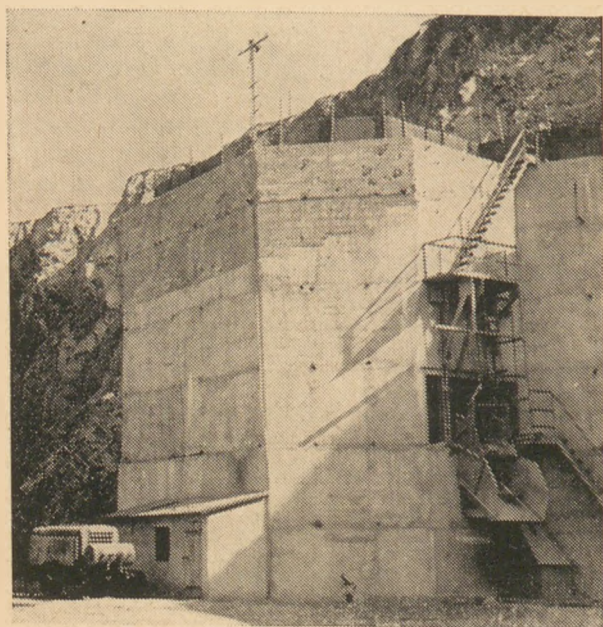


16. ábra. Metszet dumperhídon, darableválasztón, tálcás adagolón és vibrátoron át

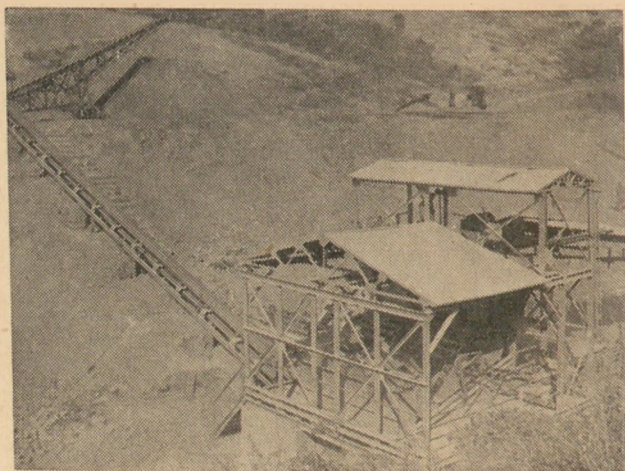


17. ábra. Meddőleválasztó vibrátor és meddőkihordó szalag

Ugyancsak újszerű a terméskőtároló ürítésére szolgáló két csuszda kiképzése is. A csuszda két tagból áll: egy álló és egy mozgatható részből. A mozgatható rész emelését és süllyesztését elektromos motor végzi csigákon átvett drótkötél közvetítésével. A mozgatható rész zárásnál felfelé áll és ezáltal megakadályozza azt, hogy a kő a tárolóból az $1,70 \times 1,50$ m szabadnyílású ajtón át kiömöljön. Ürítés alkalmával ezt a csuszdatagot a motorikus meghajtás útján leeresztik,



18. ábra. A tároló ürítő csúszdája



19. ábra. Az új előtörők után beépített meddőleválasztó berendezés

mire a meginduló kő az álló csuszdatagra esik. Az álló csuszdatagnak ilyen beiktatása lehetővé teszi a dumpereknek egy ponton végrehajtható rakodását, kiküszöbölve a lengő csuszda leeresztése közben egyébként elkerülhetetlen kőszóródást (18. ábra).

A terméskőtárolóból $3,5 \text{ m}^3$ -es dumperek szállítják a követ a 276 m szinten épített döntőhídra és döntik a híd végén felszerelt vasszerkezetű bunkerbe. A kő a bunkerből vasszerkezetű csuszdan át az előtörő garatjába folyik. A csuszdan lefolyó kő elevenerejének lefékezésére a kő sebességét csökkentő, vízszintes tengely körül elforduló, nehéz billenőajtók vannak felszerelve.

Végül az új előtörőüzemet kiszolgáló bányarész termelési technológiájának teljes gépesítésével kapcsolatban a fent leírthoz hasonló meddőleválasztó berendezés készült az 1953-ban üzembe helyezett előtörőhöz is. Azonban, amíg az I. és II. sz. berendezéseknél a meddőleválasztó vibrátor az előtörők előtt nyert elhelyezést, addig itt a meddőleválasztás az előtörők után történik. Ez az elrendezés avval indokolható, hogy az ide szállító bányarészek kőanyaga oly kis mennyiségű szennyeződést tartalmaz, hogy annak leválasztása az egyszertört anyagból kisebb vibrátorlemez lyukmérettel, tehát kisebb kőveszteséggel történhet. Az 19. sz. fényképen ez a berendezés látható. Az egyszertört anyag a kép jobb oldalán látható szalagon érkezik, a kirostált meddőt a baloldalt elhelyezkedő szalagok viszik a hányóra. A megtisztított anyag a régi útján halad a kötél pálya feladóállomására.

Erdély Imre, Serédi Béla, Vajda László: A tálljai kőbányaüzem rekonstrukciója.

Имре Ердеї, Бела Шереди, Ласло Вайда: РЕКОНСТРУКЦИЯ КАМЕННОЛОМНОГО ЗАВОДА В ТАЛЛА.

Erdély Imre, Serédi Béla, Vajda László: Die Rekonstruktion der Steinbruchwerke in Tállya.

SKLÁR A KERAMIK

1960. 1. szám

Smrcek, A., Kriz, M.: Üvegautomaták készanyaga. (p: 4—5, á: 6, t: 2, b: 3)

Még mindig időszerű a feederkések anyagának a kérdése. A cikk ezeket az anyagokat vegyi összetételük és felhasználási területük szempontjából vizsgálja. Megállapítja, hogy a jó vágóképeség és a hőállóság a fő szempontok, a savállóság csak másodrendű kérdés. A különleges követelményeknek leginkább a gyorsvágó acélok felelnek meg.

Maurer, K.: Kerámiai termékek villamos szűrítésének lehetőségei. (p: 10—13, á: 2, g: 7, b: 15)
A cikk az elektromos szűrés két módszerével, a kerámiai testek ellenállásfűtésével és a dielektrikus hevítéssel foglalkozik. Az eljárási elvek ismertetése, kísérletsorozatok eredményei és azok értékelése.

Balcar, O.: Kerámiai termékek meleg fröccsöntése. (p: 15—16, á: 4, b: 1)

A kerámiai tárgyak gyengeáramú felhasználása által támasztott új alaki és minőségi követelmények. Ezeknek megfelelő, nem képlékeny kerámiai masszákat dolgoztak ki. A fröccsöntés technológiájának és berendezéseinek ismertetése.

Turek, M.: Litiumtartalmú kerámiai masszák, kerámiai masszák negatív hőtágulási együtthatóval. (p: 18—20, t: 1, g: 4, b: 114)
Szokásos kerámiai technológiával előállított nulla, vagy negatív hőtágulási együtthatójú anyagok leírása, amelyek igen alkalmasak olyan helyekre, ahol hirtelen hőmérsékleti ugrásoknak vannak kitéve. Az anyagok alkalmazási területének ismertetése.

SZTYEKLO I KERAMIKA

1959. 11. szám

Kitajgorodszkij, I. I., Artamonova, N. V.: Hőálló habszikát szigetelőanyag. (p: 4—7, g: 10)

Habszikát anyag racionális gyártástechnológiája. Az összetevők aránya, keverése és olvasztása. Az anyag térfogatsúlya attól függően, hogy kis-, közép- vagy nagy-pórusú-e, 300—800 kg/m³. A szilárdság a térfogatsúly szerint 50—120 kg/cm². Hőtágulási együtthatója a hőmérséklettel változik, $6 \cdot 10^{-7}$ — $25 \cdot 10^{-7}$. Az anyagból készített próbatestek 1200—1350 C°-on kezdtek deformálódni.

Matvejev, M. A., Dájin, E. P.: A keverék finomra őrlött, nehezen olvadó összetevőinek hatása az olvadási hőmérsékletre és a nagy cirkontartalmú üveg minőségére. (p: 8—12, á: 1, t: 5, g: 3)

Kísérletek olyan keverékekkel, amelyekben vagy a homokot, vagy a homokot és a cirkont, vagy pedig az egész keveréket őrlték finomra. A cikk leírja a fenti 3 olvasztás eredményeit, az olvadék tulajdonságait. A legjobb üveg akkor adódott, amikor a homokot úgy őrlték, hogy fajlagos felülete 4—5000 cm²/g legyen, a cirkoné pedig 8—9000 cm²/g.

Vájnsztejn, A. L., Pronyin, B. G.: Függőlegesen húzott üveg optimális vegyi összetétele. (p: 12—17, á: 1, t: 3)

Számos szovjet gyárban megvizsgálták a függőlegesen húzott üvegek kémiai összetételét és megállapították, hogy minőségileg legjobb és a leggyorsabban húzható az alábbi összetételű üveg: MgO 4,4%-ig, CaO + MgO 11%-ig, Na₂O + K₂O 14,8—14,9%-ig.

Seljubszkij, V. I.: Új műszerek az üveg fizikai tulajdonságainak vizsgálatára. (p: 27—32, á: 7)

A szovjet üvegyárakban legújabbban bevezetett műszerek és készülékek szerkezetének és működésének ismertetése. Ezek: automata regisztráló viszkoziméter, készülék az üvegek hőmérsékletugrással szembeni ellenállóképességének meghatározására, rugalmassági modulus és hajlítószilárdság megállapítására szolgáló készülék, ütőszilárdságvizsgáló készülék.

SZTYEKLO I KERAMIKA

1959. 12. szám

Matvejev, I. K.: Felületi jelenségek vizsgálata porcelánmasszák égetésekor. (p: 4—7, á: 5, g: 1)
Elektromos kemencében, fotometrikusan vizsgálja a próbatestek felületi kialakulását különböző hőmérsékleteken. A porozitás vizsgálata, a massa összetételének a függvényében.

Kudrina, T. I.: Porcelántárgyak díszítése alumíniumhártyával. (p: 7—9, á: 3)

A porcelán díszításhoz nemcsak alumíniumot alkalmaznak, oly módon, hogy elektromos kemencében alumíniumlemezek gőzeit csapják le a tárgyra.

Kitajgorodszkij, I. I., Butt, L. M.: Habüveg gyártására szolgáló racionalizációs szerkezet. (p: 15—21, á: 8, t: 1)

A habüveg régi gyártóberendezéseinek ismertetése. A masszát formákba öntve duzzasztották alagút-kemencében. Az új berendezés feleslegessé teszi a formákat, szállítószalagra adagolva kerül a massa a duzzasztókemencébe. A kész habüvegcsőnyeg, — amikor a kemencéből kilép, — különleges késsel szétvágják.

Szkornjakov, M. M.: Az üveg színtelenítése. (p: 29—33, t: 1, g: 6)
Kísérletsorozat ismertetése, amelyet az üveg különböző színeződését előidéző adalékokkal folytattak. A kísérletek eredményeként azt is megállapították, hogyan lehet az üveget színteleníteni, különböző összetétel és oxidtartalom esetén.

SILIKATTECHNIK

1960. 1. szám

Bachmann, K.: A szabványosítás, mint az üvegipari racionalizálás és automatizálás előfeltétele. (p: 6—8, á: 6)

Az üvegipar szabványosítása által elérhető gazdasági haszon négy területen jelentkezhet: a szabványosított termékek gyártásakor az üzemekben, a fogyasztásban, a raktározásban és a szállításban. A cikk a nyersanyagok szabványosítási problémái és az üvegek egységesítésének a gazdasági hatása után részletesen foglalkozik a kis palackok, a laboratóriumi hőmérők és a lázmérők gyártásának a kérdéseivel.

Bornschein, G.: Nedves járású hosszú forgókemencék két hőrendszere, méretel és beépítése. (p: 14—18, á: 1, t: 4, g: 3, b: 18)

11 kemence vizsgálatából megállapították az alábbiakat: a rendszerhatáron levő keresztmetszetnek nagyobb a jelentősége, mint a kemence hosszának. A kemence hasznos hosszát a beépítések határozzák meg. A füstgázhőmérséklet ne haladja meg a 130—150 C°-ot. A téregységre eső nagy teljesítményre (t/m³·24 óra) való törekvés rontja a hőtani gazdaságosságot és növeli a szállóporképződést. Új kemencék tervezésekor 1,1-nél nagyobb légfeleslegényezővel kell számolni, mert így a termelés növelésekor vagy rosszabb tüzelőanyagra való áttéréskor a hőfogyasztás csak lassan növekszik.

É P Í T Ő A N Y A G

Főszerkesztő: Korach Mór, Szerkesztő: Hinsenkamp Alfréd — Kladja a Műszaki Könyvkiadó V., Bajosy-Zsilinszky út 22. Telefon: 113-450
Felelős kiadó: Solt Sándor — Megjelent 720 példányban

60-1189-689/2 - Réval-nyomda Budapest V. Vadász utca 16.

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

Előfizetési díj: 1/4 évre 18.—Ft., félévre 33.—Ft., egyes szám ára: 6.—Ft. — Csekszámszám: egyéni 61,252, közületi: 61,066

REVISTA CONSTRUCTILOR SI
A MATERIALELOR DE CONS-
TRUCTII

1959. 12. szám

Dimitrescu, C., Vernea, S.: A Román Népköztársaság cementiparának fejlesztésével kapcsolatban felmerülő műszaki problémák. (p: 632—638, t: 6, g: 4, b: 9)
A portlandcement két klasszikus gyártási eljárásának (nedves és száraz) összehasonlítása és az új, kevert eljárás ismertetése. A műszaki mutatók szerint, a tüzelőanyag és a villamos energia árának viszonya alapján, jelenleg a nedves eljárás a kedvezőbb. Röviden ismerteti a klinkerégető kemencék legújabb tökéletesítési eljárásait. A Román Népköztársaság cementiparának jelenlegi műszaki színvonalán a helyes út az előmelegítő szűrő, lánchetéses forgókemence, cellás hőkicsoréló.

Popovici, M., Sandulescu, Gh.: 6—15 kV-os szabad vezetékoszlopok gyártása egyenesvonalú feszítőpadon. (p: 593—599, á: 4, t: 4, g: 2, b: 24)
A hatékony termelés megszervezése során kétféle oszlop egységes előállítás megoldására jutottak. A dolgozat a tervezéssel foglalkozik behatóan, valamint az oszlopok típusainak az egységesítésével, hogy ezáltal az öntőformák száma a minimumra legyen csökkenthető.

Löbel, L., Viesescu, D.: Előrefeszített betonoszlopok a vidék villamosításához. (p: 599—606, á: 5, t: 2)
Hat féle, 6—15 kV-os, villamos szabadvezetékoszloppal folytatott kísérletek eredményeinek ismertetése. Az oszlopok hossza 14,50 m, maximális üzemi nyomatóka 2500 kg·m volt.

STAVIVO

1960. 1. szám

Uchytil, E.: Áttérés folyékony tüzelőanyagokra a cementklinker égetésben. (p: 9—10)
A cikk azokkal a problémákkal foglalkozik, amelyek a csehszlovák cementipar folyékony tüzelőanyagra való átállásával kapcsolatos tervek során felmerülnek. Szerző ismerteti a tüzelőolajok tulajdonságait és gyakorlati példákön dokumentálja a folyékony tüzelőanyagok előnyeit.

Klement, K.: Dolomithidrátok. (p: 12—13, t: 1, g: 4)
A cikk utal a dolomithidrátok egyes kedvező tulajdonságaira, a tiszta, levegőn kötő mészhidrátjával szemben. A hidratálás feltételeinek összefüggése a hidrat tulajdonságaival. Betartandó feltételek: a dolomitmészkő jó kiegészítése, az oltásra kerülő mészhidrat megfelelő finomsága.

Krofta, J.: A szállóhamuszugorítás új módszere a Szovjetunióban. (p: 14—17, á: 2, t: 3, g: 3)
A cikk az erőműhamuból készülő könnyű betonadalékanyag előállítását tárgyalja, forgókemencében. Az eredményeket táblázatokban és grafikusan közli. Technológiai tervezet ismertetése, amely jelenleg áll megvalósítás alatt a Szovjetunióban. A szállóhamuval szemben támasztott követelmények.

Pume, D.: Téglá nagypanelek a Szovjetunió lakásépítésében. (p: 18—20, á: 7, t: 1, b: 5)
Szobanagyságú panelek tulajdonságainak rövid ismertetése. A panelek téglából készülnek oly módon, hogy bevibrálják őket a betonkeverékbe. A cikk egy Szovjetunió-beli tanulmányút alapján ké-

sztült, ahol az ilyen paneleket a lakásépítésben használják. Tárgyalja a panelek gyártástechnológiáját is.

Jordánek, J.: Körkemence be- és kihordásának gépesítése blokk-módszerrel. (p: 21—24, á: 7, b: 4)
Szerző röviden említést tesz a körkemencék ki- és behordásának jelenlegi állásáról és ennek a munkaszakasznak eddigi gépesítési módszereiről. Részletesen leírja a blokkokba összerakott téglák be- és kihordásának munkamenetét és gépesítését. Ismerteti a leírt eljárás feltételeit és előnyeit. Az eljárás jelenleg a Radlice-i és Reporyje-i téglagyárakban áll kipróbálás alatt.

Oep, M., Mecir, R.: Nagy kődarabok utánrobbantása új, felfekvő töltettel. (p: 25—28, á: 10, b: 10)
A csehszlovák kőbányákban a túl nagy darabok batárrobbantása még ma is komoly problémát jelent, mind gazdasági, mind munkavédelmi szempontból. A kőblokkok utánrobbantásának legújabb módszere a felfekvő töltet egy erre a célra előállított robbanóanyaggal. A cikk az új robbanóanyag, az Infernit 40 PN tulajdonságaival, a vele végzett vizsgálatok eredményeivel foglalkozik.

Dempir, J.: Alumínium komplexonmeghatározása ásványi anyagokban. (p: 28—29, b: 6)
Alumíniummeghatározásokkal ott szerzett tapasztalatok ásványi nyersanyagokban. Az alumíniumot közvetve határozzák meg nátriumfluorid-oldattal, a komplexonnak az alumíniumkomplexonából való szubsztitúciója után. A komplexont xilenoloránzsra titrálják cinkacetátoldattal. Az eljárás gyorsabb és pontosabb, mint a méréses módszerek (Al_2O_3 , $AlPO_4$).

AZ ÉM DOKUMENTÁCIÓS ÉS NYOMTATVÁNYELLÁTÓ VÁLLALAT KÜLFÖLDI LAPSZEMLÉJE

ÉPÍTŐIPARI VÁLLALATOK ÉS SZÖVETKEZETEK
FIGYELEM!

ÉPÍTKEZÉSHEZ SALAKOT SZÁLLÍT

TEMPÓ KSZ

MEGRENDELHETŐ:

V., Báthory u. 15. — Telefon: 113-039