

302 935'



ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari
Tudományos Egyesület
folyóirata

11

XXXII. ÉVFOLYAM
BUDAPEST, 1980. NOVEMBER
EPITAA 32 (11) 401—440 (1980)

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

Szerkesztőbizottság

elnöke:

Dr. Talabér József

felelős szerkesztő:

Dr. Székely Ádám

tagjai:

Dr. Beke Béla

Bretz Gyula

Csizi Béla

Erdély Imre

Dr. Grofcsik Elemér

Hajnal Lajos

Dr. Hinsenkamp Alfréd

Dr. Jilek József

Dr. Kovács Róbert

Kováts Jenő

Lenkei György

Dr. Lőcsei Béla

Riesz Lajos

Száder Rudolf

Szentmártony Gusztáv

Dr. Tamás Ferenc

Dr. Tóth Kálmán

Träger Tamás

TARTALOM

<i>Opoczky Ludmilla – Mrákovicsné Török Katalin: Együtt és különörlés kérdései a kohósalakcement gyártásánál</i>	401
<i>Beke Béla: Anyagmozgás bunkerekben</i>	407
<i>Popivanova Nadja: Üvegkerámiai anyagok elektrokorund-köszörűszerszámok kötőanyagként való alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata</i>	423
<i>Gömze A. László: Agyagásványok aprítására használt simahengerek méretezésének néhány specifikus problémája</i>	428
A VI. Kerámia biennálé	433
A világ szilikátiparából	437
Lapszemle	438

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Опоцки, Л. – Мраковичне, Т. К.: Проблемы совместного и раздельного помола при производстве шлакопортландцемента</i>	401
<i>Беке, Б.: Движение материала в бункере</i>	407
<i>Попиванова, Н.: Исследования возможности использования стеклокерамических материалов как связки для абразивных инструментов и стеклокорунда</i>	423
<i>Гёмзе, А. Л.: Некоторые специфичные проблемы определения размеров гладких вальцов, используемых для измельчения глиняных минералов</i>	428

INHALT

<i>Opoczky, Ludmilla – Frau Mrákovics Török, Katalin: Fragen der gemeinsamen und gesonderten Vermahlung bei der Herstellung von Hochofenschlackenzement</i>	401
<i>Beke, Béla: Schüttgutbewegung in Bunkern</i>	407
<i>Popivanowa, Nadja: Untersuchung der Anwendungsmöglichkeiten glaskeramischer Werkstoffe als Bindemittel für Schleifwerkzeuge aus Elektrokorung</i>	423
<i>Gömze, A. László: Einige spezifische Probleme der Dimensionierung, zur Zerkleinerung von Tonmineralien angewandter Feinwalzwerke</i>	428

CONTENTS

<i>Opoczky, Ludmilla – Mrákovicsné Török, Katalin: Problems of Simultaneous and Separate Grinding at Blast Furnace Slag Cement Production</i>	401
<i>Beke, Béla: Flow of Solids in Bins</i>	407
<i>Popivanova, Nadja: Investigation of the Possibility for Using Glass-Ceramic Materials as Binders for Electrocorundum Abrasive Tools</i>	423
<i>Gömze, A., László: Some Problems of Dimensioning the Smooth Rolls Used for Crushing Clay Minerals</i>	428

Együtt és különörlés kérdései a kohósalakcement gyártásnál*

OPOCZKY LUDMILLA – MRÁKOVICSNÉ TÖRÖK KATALIN

Szilikátiipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Bevezetés

A különböző gyártástechnológiák gyakran keverékörlemények előállítását kívánják. A cementiparban is mind a nyersliszt, mind pedig a cementörlésnél két, vagy több komponensű örlményeket állítunk elő. Az adalékos cementek gyártása során két lehetőség közül választhatunk: a külön-külön megörölt komponensek utólagos keverése, vagy az együttes örlés. A megfelelő eljárás kiválasztását az energiafogyasztás és a késztermék tulajdonságainak legkedvezőbb alakulása együttesen határozza meg.

A problémával kapcsolatos szakirodalom igen kiterjedt [1–5], a cementipari kérdésekkel mélyrehatóan Bombled [6] foglalkozott.

Kísérleteink során a cementklinker és kohósalak együtt- és különörlési folyamatainak alakulását tanulmányoztuk nyílt- és körfolyamatos

örlést utánozó laboratóriumi örlőberendezésekben.

Kísérleti anyagok és vizsgálati módszerek

A kapott eredmények bemutatásához kétféle üzemi cementklinkert (K_1 : $C_3S = 48,76\%$; $C_2S = 26,24\%$; $C_3A = 10,41\%$; $C_4AF = 7,14\%$; és K_2 : $C_3S = 45,04\%$; $C_2S = 28,24\%$; $C_3A = 11,42\%$; $C_4AF = 9,45\%$), valamint háromféle granulált kohósalakot (H_1 , H_2 és H_3) választottuk ki. A kísérleti anyagokat kalapácsos törőn készítettük elő, $< 3,4$ mm szemnagyságra. Az örlési kísérletek során a nyílt- valamint a körfolyamatos örlést igyekeztünk modellezni.

Az első esetben kísérleti berendezésünk 5 liter űrtartalmú, 68/min fordulatszámú, 8 kg 20×20 mm-es acélcylpebsszel töltött vasköpenyű malom volt. A második esetben a Bond-féle örlhetőségvizsgáló malomban [7] végeztünk kísérleteket.

* 7 Nemzetközi Cementkémiai Kongresszusra (Páris, 1980) elfogadott előadás

Az őrlmények diszperzitásának jellemzésére a permeabilitás mérési módszerrel meghatározott fajlagos felületet (S_{Blaine}), valamint az abszolút alkoholban ülepítéssel meghatározott szemszerkezetet ($3\mu\text{m}$ -ig) használtuk. A szemcseméreteloszlás értékelésénél a Rosin – Rammler – Sperling – Bennott (RRSB) eloszlás két állandóját használtuk fel: a 36,8%-os szitamaradékhhoz tartozó szemcseméretet ($\bar{x}$), valamint az őrlemény egyenletességi tényezőjét (n). Ez utóbbi az eloszlás szórásának reciprokával arányos, s így matematikai-statisztikai módszerrel számítható [8]. Az $\bar{x}$ értéke az RRSB szemszerkezeti hálóból leolvasható.

Az őrlmények, ill. porminták morfológiájának tanulmányozását ISM-35 típusú scanning elektronmikroszkóppal, az egyes szemcsék ill. komponensek azonosítását pedig LINK-290 típusú mikroszonda segítségével végeztük. Az alit és belit azonosítása a Si-Ca csúcsok viszonya, a köztes fázis az Al és Fe csúcsok, a kohósalak-szemcséké pedig a Mg és S csúcsok alapján történt.

Kísérleti eredmények leírása

A kísérleti anyagok az őrlhetőségi tulajdonságokban különböztek egymástól. Az őrlhetőségi tulajdonságok alatt az anyag őrlhetőségét (amelyet az időegység alatt képződött felülettel: $W = S/\tau \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ min}^{-1}$ jellemeztünk), valamint az őrlemény részecskéinek kölcsönhatására, aggregációra való hajlamát értjük. Korábbi kísérleteink során megállapítottuk, hogy az őrlemény egyenletességi tényezője (n) az anyag aggregációra való hajlamának egyik jellemzője. A kis egyenletességi tényezőjű, azaz szórt szemszerkezetű őrlmények (például mészkő) általában hajlamosabbak az aggregációra, mint a nagy egyenletességi tényezőjű, azaz egyenletesebb szemszerkezetű őrlmények (például kvarc) [9].

Ezen minősítés szerint a K_1 -jelű klinker könnyebben őrlhető és aggregációra hajlamosabb ($W = 44 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ min}^{-1}$; $n = 1,04$; $\bar{x} = 30\mu\text{m}$), mint a K_2 -jelű klinker ($W = 34 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ min}^{-1}$; $n = 1,35$; $\bar{x} = 34\mu\text{m}$). A három kohósalak között a legnehezebben őrlhető és aggregációra legkevésbé hajlamos a H_3 -jelű ($W = 22 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ min}^{-1}$; $n = 1,26$; $\bar{x} = 33\mu\text{m}$).

Közepesen őrlhető és az aggregációra hajlamos a H_2 -jelű ($W = 27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ min}^{-1}$; $n = 0,95$; $\bar{x} = 32\mu\text{m}$) kohósalak. A H_1 -jelű az őrlhetőségi tulajdonságok tekintetében e két salak között foglal helyet ($W = 25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ min}^{-1}$;

$n = 1,18$; $\bar{x} = 28\mu\text{m}$). Az n és $\bar{x}$ értékei a 75 perces őrlési időhöz tartoznak. A kísérleti anyagok különböző őrlhetőségi tulajdonságai a kémiai ill. ásványi összetétel, valamint a gyártási technológia által befolyásolt makro- és mikroszerkezet különbözőségével függnek össze, amelyek részletes tárgyalásával itt nem foglalkozunk. Együtt és különőrlési kísérleteket három-féle biner keverékkel végeztük és pedig:

K_1 - H_1 keverék – könnyebben őrlhető, aggregációra hajlamos (K_1) és nehezebben őrlhető, aggregációra kevésbé hajlamos (H_1) komponensek keveréke.

K_1 - H_2 keverék – könnyebben őrlhető (K_1) és közepesen őrlhető (H_2) anyag keveréke. Mindkét komponens hajlamos az aggregációra.

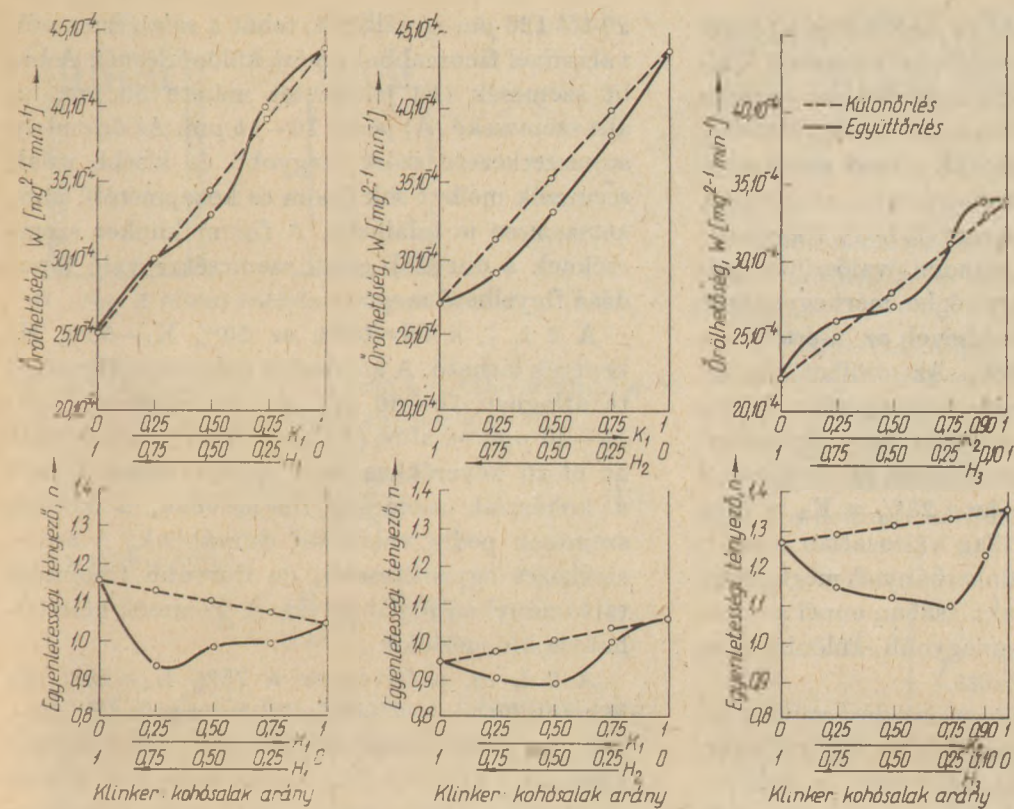
K_2 - H_3 keverék – mindkét komponens nehezen őrlhető és aggregációra nem hajlamos.

Ezen belül három, ill. négy féle keverési arányt vizsgáltunk.

Nyílt rendszerben végzett őrlési kísérletek

A kísérleti keverékek őrlhetőségének (W), valamint egyenletességi tényezőjének (n) alakulását nyílt rendszerben történő őrlésnél az 1. ábrán mutatjuk be. A szaggatott vonal a külön-, a folytonos vonal az együttőrlésre vonatkozik.

Megállapítható, hogy a szemcseméret szerinti eloszlás szórása az együttőrlött keverékeknél mindig nagyobb (kisebb n -érték), mint a külön őrlteknél. Ez arra mutat, hogy a klinker és kohósalak együttőrléskor egymás őrlhetőségét befolyásolja. A K_1 - H_1 keverék különőrlésénél n -értéke a klinkerhányad növekedésével csökken. Együttőrlésnél n -értéke 25% klinkertartalom mellett minimumot ér el, majd a klinkerhányad növekedésével nő. Az őrlhetőség tekintetében $25\% < K_1 < 75\%$ tartományban az együttőrlés kedvezőlembb energiaindexet ad, mint a különőrlés. Miután az őrlhetőséget az időegység alatt képződött felülettel jellemezzük, a felületet pedig főleg a kisebb méretű klinkerszemcsék adják, az n -értékének növekedése az energiaindex növekedése mellett arra enged következtetni, hogy az 50% K_1 –50% H_1 keverék együttőrlésénél a klinker durvábbra, a salak pedig valamivel finomabbra őrlődött, mint a különőrlésnél. A többi keverési



1. ábra. Együtt- és különörítés nyíltrendszerű őrlőberendezésben



2. ábra. Az őrlmények tanulmányozása scanning elektron-mikroszkóp és mikroszonda segítségével

tartományban az együtt- és különörlés gyakorlatilag azonos, ill. az együttörlés valamivel kedvezőbb. A K_1-H_2 keverék különörlésénél n -értéke a klinkerhányad növekedésével nő. Együttörlésnél azonban n -értéke csak akkor kezd növekedni, amikor a klinkerhányad meghaladja az 50%-ot. Az n -érték alakulása arra mutat, hogy e keveréknel együttörlés során minden valószínűséggel szemcsekölcsönhatás megy végbe, mért egyébként a klinkerhányad növekedésével az n -értékének növekednie kellett volna. Az örölhetőség ill. energiaindex tekintetében e keveréknél a különörlés a kedvezőbb. A K_2-H_3 keverék különörlésénél n -értéke a klinkerhányad növekedésével nő. Együttörlésnél n -értéke a $25\% \leq K_2 \leq 75\%$ tartományban gyakorlatilag változatlan marad; majd növekszik, ha a klinkerhányad meghaladja a 75%-ot. Az n -érték alakulásában ennél a keveréknél mutatkozik a legnagyobb különbség az együtt- és különörlés között.

Az örölhetőség ill. az energiaindex mind a kisebb ($< 25\%$), mind a nagyobb ($> 75\%$) klinkerhányad esetében az együttörlésnél, a középső szakaszon pedig a különörlésnél a kedvezőbb. Az őrlemény n -értékének és az energiaindexnek az alakulása arra enged következtetni, hogy $25\% < H_3 < 75\%$ salaktartalom mellett a klinker durvábbra, a salak valamivel finomabbra őrlődik együttörlésnél, mint különörlésnél. Kiegészítő információt kapunk az együttörlés alakulásáról az őrlemények ill. porminták scanning elektronmikroszkóp és mikroszonda segítségével végzett vizsgálata során. A 2. ábrán a K_1-H_1 -jelű keverék 75 perces őrléssel előállított mintáiról készített néhány felvételt ill. spektrumot mutatunk be.

A 2a, b felvételen a klinker (K_1), a 2c, d, e felvételen pedig kohósalak (H_1) őrlemény látható. A cementklinker (K_1) őrleményének szemszerkezete szórt, a nagyobb méretű szemcsék mellett igen sok a kisméretű szemcsék mennyisége is. Mikroszonda segítségével azonosított alit szemcsék (A) általában $5-6 \mu\text{m}$, a belit szemcsék (B) pedig $15-20 \mu\text{m}$ méretűek. A klinkerőrleményben a kisebb szemcsék nagyobbakhoz ill. egymáshoz való tapadása (azaz aggregáció) figyelhető meg. A kohósalak (H_1) szemszerkezete egyenletesebb, de durvább finomsági tartományban foglal helyet. A szemcsék fő tömege $30-80 \mu\text{m}$, de emellett nagy számban találhatók $150-200 \mu\text{m}$ -es szemcsék is. A szemcsék szögletesek, helyenként „kráteresek”.

A 2 f, g, h felvételen a $25\% K_1-75\% H_1$ keverék látható. A kohósalak szemcsék (H) mérete

20-tól $120 \mu\text{m}$ -ig változik, tehát a salak szemcsék valamivel finomabbak, mint különörlésnél. A belit szemcsék (B) jellegzetes mérete $30 \mu\text{m}$, az alit szemcséké (A) pedig $10-15 \mu\text{m}$. Az őrlemény szemszerkezete szórt, nagyobb és kisebb salak szemcsék mellett sok finom és közepméretű klinkerszemcse is található. A finom klinker szemcséknek a durvább salak szemcsékre való tapadása figyelhető meg.

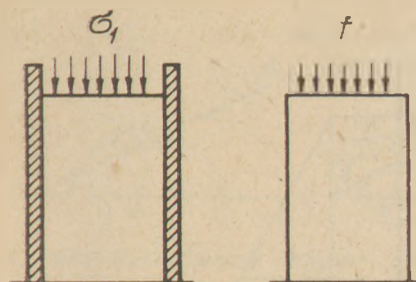
A 2 i, j, k felvételen az $50\% K_1-50\% H_1$ keverék látható. A kohósalak szemcsék (H) mérete átlagban $70-80 \mu\text{m}$, a belit szemcséké (B) $15-40 \mu\text{m}$, az alité (A) pedig $10-15 \mu\text{m}$. Tehát az előző keverékhez és a különörléshez képest a kohósalak szemcsék finomabbak, a klinker szemcsék pedig valamivel durvábbak. A szemszerkezet egyenletesebb, de durvább finomsági tartományban foglal helyet. A szemcsék kölcsönhatása kis mértékű.

A 2 l, m, n felvételen a $75\% K_1-25\% H_1$ keverék látható. A kohósalak szemcsék (H) $60-100 \mu\text{m}$, a belit szemcsék (B) $10-15 \mu\text{m}$, az alit szemcsék (A) pedig $3-5 \mu\text{m}$ -es méretűek. Ebben az esetben mind a salak, mind pedig a klinker valamivel finomabbra őrlődött, mint különörlésnél. A fajlagos felület nagyságát meghatározó klinkerszemcsék aránya nagy, a finom klinkerszemcsék nem egymáshoz, hanem inkább a salakszemcsék felületére tapadnak. A kohósalak ebben az esetben gátolja a klinkerszemcsék aggregációját. Az együttörölt keverékben a salakszemcsék lekerekítettek, felületük „koptatott”.

Körfolyamatos rendszerben végzett őrlési kísérletek

A körfolyamatos őrlés kísérleti eredményeit a 3. ábrán mutatjuk be. A szaggatott vonal a külön-, a folyamatos vonal az együttörlésre vonatkozik. Miután ebben az esetben az őrlés elég durva tartományban ($S_B = 0,12-0,19 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$) történik, a szemcsék kölcsönhatása, azaz az aggregáció nem játszik szerepet. A fajlagos felület (S_B) különörlésnél a klinkerhányad növelésével minden esetben nőtt.

A K_1-H_1 keverék együttörlésénél a felület mindig nagyobb, mint különörlésnél, tehát a klinker ebben az esetben mindig finomabbra őrlődött. A K_1-H_2 keveréknél kisebb klinkerhányad esetén (kb. $25\% K_1$ -ig) gyakorlatilag nincs különbség a kétféle őrlési mód között. A klinkerhányad növekedésével nő az együttörléssel előállított őrlemény felülete, majd 75% -nál maximumot ér el.



11. ábra. A felületi szilárdság értelmezése

A reakcióerő iránya egyező a parabola érintőjével, vagyis $\tan \alpha = y'(0) = 4h/b$ és így

$$H = \frac{vbl\varrho g}{2 \tan \alpha} \quad (10)$$

és a reakcióerő

$$L = \frac{H}{\cos \alpha} = \frac{vbl\varrho g}{2 \sin \alpha} \quad (11)$$

Az L reakcióerőre merőleges felület $lv \cos \alpha$, így a felfekvési normálfeszültség

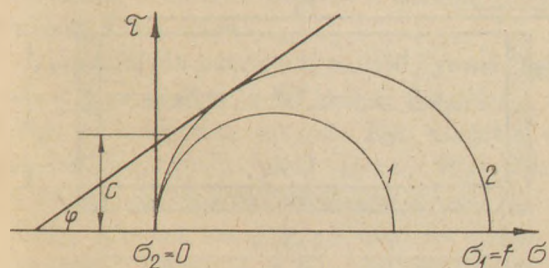
$$\sigma = \frac{L}{lv \cos \alpha} = \frac{b\varrho g}{\sin 2\alpha} \quad (12)$$

Miután a boltozat alul is, felül is terheletlen, σ főfeszültség, és pedig a nagyobbik, míg a kisebb nyilván 0. Az anyagban a megcsúszás feltétele, hogy ϱ legyen nagyobb, mint a felület f szilárdsága (unconfined yield pressure, Festigkeit der Oberfläche). f értelmezésére a következő képzeletbeli, a falsúrlódás miatt ténylegesen el nem végezhető kísérlet szolgál (11. ábra). Egy hengeres formában az anyag σ_1 feszültséggel van tömörítve, a forma eltávolítása után f az anyag törőszilárdsága.

A helyzetet a Coulomb egyenes és a Mohr kör által jellemezve (12. ábra) az általános helyzetet az 1 jelű, a megcsúszást az érintő 2 jelű kör mutatja, ahol $\sigma_1 = f$ a főfeszültség.

f ismeretében a nyílás kívánt szélessége

$$b \cong \frac{f}{\varrho g} \sin 2\alpha \quad (13)$$



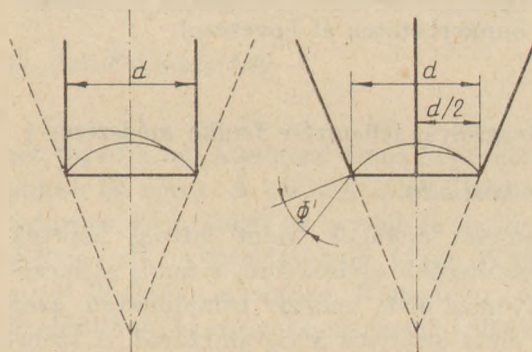
12. ábra. A felületi szilárdság meghatározása

Kúpos (axiálszimmetrikus) bunkerekre a számítást elvégezve az átmérőre a résnyílás szélességének kétszeresét kapjuk:

$$d \cong \frac{2f}{\varrho g} \sin 2\alpha \quad (14)$$

A boltozatképződést tehát a bunker geometriája, a falsúrlódás és az anyag szilárdsága befolyásolja.

A (13) és (14) képletekben szereplő α szög arra utal, hogy erősebben görbült boltozat stabilabb. Egyoldalt függőleges falú, féloldalas bunker folyási tulajdonságai tehát kedvezőek, de középen behelyezett, kettéosztó válaszfal már kedvezőtlen, mert a boltozat görbületét növeli (13. ábra).



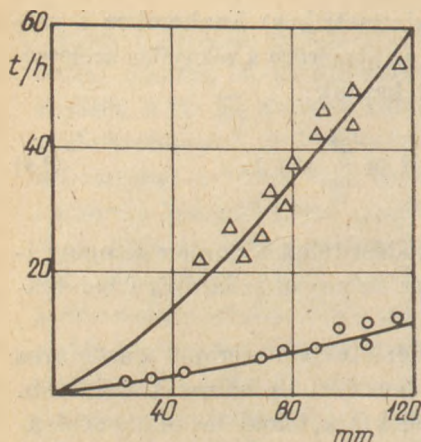
13. ábra. Féloldalas és kettéosztott bunker

4.2. Aknaképződés (piping, Schachtbildung)

Erősen kohézív anyagok magfolyása esetén a holt zóna öntartó lehet és egy központi anyag-henger alakjában aknát képezhet. Ennek elkerülése kellő nagy, a boltozódást kiküszöbölőnél nagyobb kifolyónyílást kíván. Ennek kiszámítására Jenike adott eljárást, amire alább visszatérünk. Megjegyzendő, hogy túl nagyra adódó kifolyónyílás az anyag megszabadását eredményezheti, de ez a bunker alatti kihordó adagolóval kézben tartható.

4.3. Vákuumképződés az anyagoszlopban

Finom diszperzitású anyagotöltet a lefelé haladó szemcsék nagy felületének tapadásával mintegy szivattyúzza a levegőt, az oszlopban vákuum képződik, ami az anyagáramlást fékezi. Keneman [6] idevágó kísérletének eredményét a 14. ábrán látjuk: 525 mm $\varnothing$ függőleges cső alján tolattyúval zárható 120 mm-es nyílást alkalmazott. Az anyagoszlopba oldalról benyúló csővecskékkel levegőt bevezetve a háromszöggel, levegő-bevezetés nélkül a körrel jelzett tömegkifolyást kapta, a tolattyúnyílás függvényében. A töltet



14. ábra. Vákuumkiegyenlítés hatása az anyagkiömlésre

120 μm -es közepes szemcsenagyságú tőzeghamu volt. Schwedes javasolja a levegőt a 9. ábrához hasonló bunkerbetétén át bevezetni.

5. Az anyagfolyás jellemzése Jenike módszerével

5.1. A folyási hely

A szemcsés anyagok, mint láttuk, képesek nyíró feszültségek elviselésére, számos szemcsés anyag nyomás alatt kohézív tulajdonságú, azaz terhelés alatt bizonyos fokig alaktartó. A szemcsés anyag halmazja plasztikus – és a folyadékoktól eltérőleg – nem viszkoelasztikus kontinuumnak tekintendő.

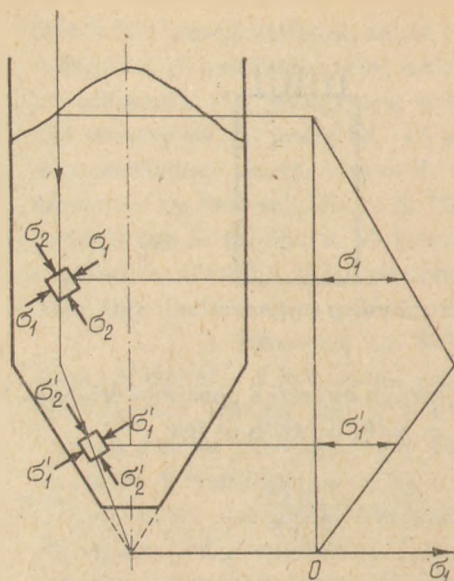
A 15. ábrán egy ürítésben levő bunker egyes elemeire ható főfeszültségek vannak jelezve. A ható nyomás kezdetben növekszik, majd a keresztmetszet szűkülésével csökken, a vizsgált elem alakja is változik, a szemcsék egymáson csúszva a nyomásváltozással összhangban először közelednek, majd távolodnak. A σ_1 legnagyobb és σ_2 legkisebb főfeszültségek a halmazsűrűséget is befolyásolják. A halmaz állapotát meghatározó nyomást *tömörítő nyomásnak* (consolidating pressure) fogjuk nevezni.

Bebizonyítható, hogy a δ hatásos súrlódási szög (effective angle of friction) és a főfeszültségek között fennáll

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{1 + \sin \delta}{1 - \sin \delta} \quad (15)$$

δ értéke 30° és 70° közötti, előbbi finom, száraz utóbbi durvább és nedves, kevert szemcsézetű anyagokra áll fenn.

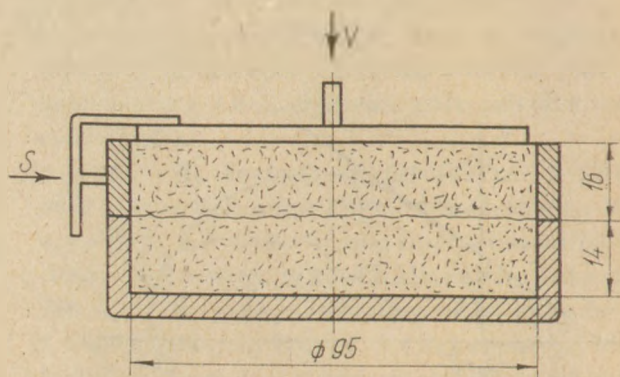
A folyási tulajdonságok vizsgálatát nyírócella kísérlettel a $\tau(\sigma)$ diagram felvételével kezdjük. Az általánosan bevezetett nyírócella 95 mm átmérőjű, keresztmetszete $A = 70,85 \text{ cm}^2$. Ily nyí-



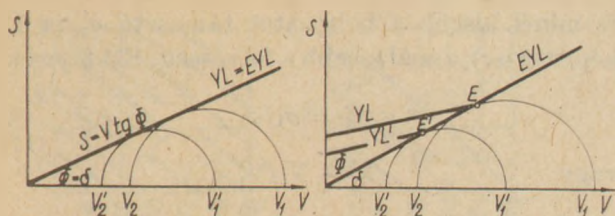
15. ábra. A lefelé mozgó elemre ható feszültségek

rócella a 16. ábrán látható. A kísérlet az A keresztmetszettel szorzott feszültséget szolgáltatja, vagyis az $S(V)$ függvény vonalát kapjuk. E vonalat a következőkben „folyási hely”-nek (yield locus, Fließort) nevezzük, jele YL. Ha a (V, S) pont a Mohr körök burkolója, a Coulomb egyenes alatt van, a halmaz merevnek-rugalmasnak tekinthető. Meg kell jegyezni, hogy a Coulomb „egyenes” többnyire lefelé görbül.

Kohéziómentes anyagra a δ hatásos súrlódási szög egyenlő az anyag belső súrlódási Φ szögével (17. ábra), $S = V \tan \Phi = V \tan \delta$. Ez esetben (az ábrán bal oldalon) az „effektív folyási hely” (effective yield locus) EYL jelentkezik. Ilyen anyag pl. a kavics vagy száraz homok. Tömörítetlen szemcsés anyagnak nincs szilárdsága, fluidizálás esetén pedig folyadékként viselkedik. Egy csatornában (bunkerban) a felülről ránehezülő anyag hatására molekulárisnak tekintett erők lépnek fel, a halmaz szilárdságot nyer. Ha nagyobb a tömörítő nyomás, nagyobb a szilárdság.



16. ábra. Az elterjedten használt (Jenike féle) nyírócella



17. ábra. Kohéziómentes és kohézív anyagok folyási helyei

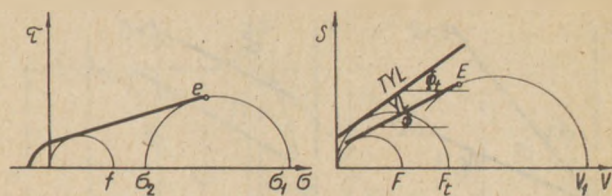
Kohézív anyagokra a tömörítő nyomástól függetlenül a folyási helyek egy családját kapjuk, ahol $\delta \neq \Phi$ (17. ábrán jobb oldalt), minden tömörítő nyomásnak más és más folyási hely felel meg, az ábrán YL és YL' jelzéssel. A folyási helyhez megrajzolva az érintő Mohr köröket, megkapjuk a V_1 és V_2 ill. V_1' és V_2' erőket és a hozzájuk tartozó σ_1 és σ_2 , ill. σ_1' és σ_2' főfeszültségeket, ahol pl. $V_1 = A\sigma_1$. Az YL folyási helyről elfogadható, hogy a Mohr kör E érintési pontjában (σ , τ koordináták mellett e pont) végződik, EYL a lehetséges Mohr körök burkolója.

YL és a V tengely által bezárt Φ szög a kinematikus (mozgási) belső súrlódás szöge. YL szokásos lefelé görbüléséről feltehető, hogy a V tengelyt 90° alatt metszi, de ez a húzófeszültségek tartományába esik és így vizsgálataink szempontjából érdektelen. Ez látható a 18. ábra bal oldalán.

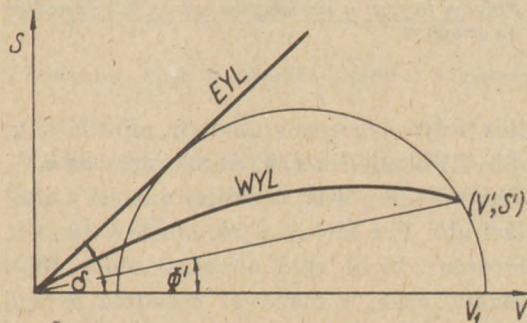
Ha a bunker ürítése valamely t ideig szünetel, változatlan V normális erő mellett a tömörödés és a vele a nyírószilárdság megnövekszik. Így nyerjük az „idő-folyási hely”-et (time yield locus), TYL, a leolvasható Φ_t a statikus belső súrlódás szöge (18. ábra jobb oldalán).

Itt térünk vissza a (13) és (14) képletben, illetve a 12. ábrán már látott és a 18. ábrán újra bemutatott f ill. F értékére, a felület szilárdságára. Ez, mint láttuk, az a működő feszültség, ill. erő, amely a boltozat vagy akna beomlásakor az omlási kezdőpontban működik, a folyás a halmaz belseje felé e pontból indul meg. σ_1 ill. V_1 a nagyobbik főfeszültséget, ill. főerőt jelzi. Nem fog ártani a nagyobbik főfeszültség értelmezését még egyszer körülírni: ez az a főfeszültség, amely a fennálló tömörítés mellett a halmaz megszilárdulását hozza létre.

Tömegfolyás esetén a tömörítő nyomás befolyásának elemzésekor a fal menti feszültségi viszonyok is szerephez jutnak. Ezt mutatja a fal-folyási hely (wall yield locus, Wandfliessort) WYL vonala. Meghatározására ugyancsak a nyírócella kísérlet szolgál: az alsó fél cellát a fal anyagával fedjük le, a felső fél cella pedig a növekvő normál feszültséggel terhelt szemcsés anya-



18. ábra. Felületi szilárdság és tömörítés



19. ábra. Fal folyási hely

got fogadja be. Általában lefelé hajló görbét kapunk (19. ábra). A későbbi számításokban meghatározó jelentőségű az anyag és a fal közötti Φ' kinematikus súrlódási szög. Lévéen WYL görbe vonal, Φ' értéke is változó. Tömegfolyás elérésére Φ' előforduló legnagyobb értékével kell számolni, ez a bunker kiömlési szelvényében adódik.

A vizsgálatot a kiömlő nyíláshoz tartozó deffektív súrlódási szög és a V_1 főfeszültségi erő nyírócella mérésével való meghatározásával kell kezdeni. Így megrajzolható EYL és az azt érintő Mohr kör. Ezután következik a falsúrlódás figyelembevétele a (V' , S') mérési ponthoz húzott egyenes hajlásszögének leolvasásával.

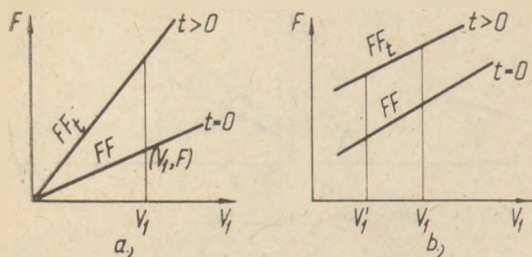
5.2. A folyási függvény

A következő új fogalom, amivel meg kell ismerkednünk, a folyási függvény (flow function, Fließneigung), jelölése FF.

Az YL folyási hely és az F felületszilárdsági erő a tömörítő nyomás függvénye; változatlan nedvesség és hőmérséklet mellett folyási állapotban az F erőt V_1 egyértelműen meghatározza. Változó tömörítő nyomás esetén az YL folyási helyek egy családját kapjuk, ezek FF egy-egy pontját határozzák meg. Felírható

$$FF = \frac{\sigma_1}{f} = \frac{V_1}{F} \quad (16)$$

FF többnyire egyenesnek tekinthető és így két tömörítő nyomás mellett elvégzett nyírócella mérés alapján felrajzolható.



20. ábra. Folyási függvény szerkesztése száraz (a) és nedves (b) szemcsés anyagra

Az ürítés (folyás) megszakításakor, mint láttuk, a nagyobb TYL adódik (18. ábra), vele az időfolyási függvényhez $FF_t = f(V_1t)$ jutunk, ahol t a tárolási idő. Ezt látjuk a 20. ábrán.

A szilárdság idővel való növekedésének főbb okai a rázkódtatás, a magával ragadott levegő eltávozása vagyis a porozitás csökkenése, mindkettő okozta sűrűség-növekedés, nedvesedés stb.

• Világosan látható és megjegyzendő: jobb folyási tulajdonságokat FF nagyobb számértéke jellemz, az ábrázolásnál a jobb folyási tulajdonságú anyag FF vonala lejjebb jár (mert F a nevezőben van). Így pl. $FF = 2$ erősen kohézív, nem folyó, $FF = 10$ szabadon folyó anyagot jellemez.

A folyási tulajdonságokra a szemcseméreteloszlás meghatározó befolyást gyakorol. Száraz, nem tapadós és 0,25 mm-nél kisebb szemcséket nem tartalmazó anyag szabadon folyónak várható. Széles szórású szemcseméreteloszlás esetén a finom szemcsék jelenléte a meghatározó. A nyírás a finom szemcsék kohézióját méri, nagyobb szemcsék mint passzív elemek szerepelnek, eltolódnak és nem nyíródnak. Igen nagy darabok persze már a nyílás elzáródását okozhatják.

5.3. A folyási tényező és a folyás feltétele

A bunkerból való akadálytalan kifolyás nyilván az anyag folyási tulajdonságaitól és a bunker kialakításától függ. A folyási tulajdonságokat jól jellemzi az imént megismert folyási függvény, következő feladatunk tehát a bunker megfelelő jellemzése. Erre Jenike ugyancsak új fogalmat vezetett be, ez a *folyási tényező* (flow factor, Fließfaktor), jelölése ff.

Kiterjedt vizsgálatok igazolják, hogy tömegfolyásnál a folyás fennakadását boltozódás okozza, magfolyásnál ezenfelül még az aknaképződést is el kell kerülni.

Boltozódás előáll a szemcsés anyag olymértű tömörítésénél, hogy szilárdsága képes a boltozat súlyának hordására (1. 4.1. fejezet, (12) képlet). Minél nagyobb a σ_1 tömörítőnyomás (főfeszültség)

és minél kisebb a boltozatot támasztó σ'_1 (a 12 képletben σ), annál kisebb a folyósság. Ezt fejezi ki

$$\text{ff} = \sigma_1 / \sigma'_1 \quad (17)$$

vagy

$$ff = V_1/V_1^*$$

Ezt is $V_1(F)$ vagy $V_1(V_1')$ függvényben ábrázolva a kezdőponton átmenő egyenest kapunk, kisebb ff meredekebb, nagyobb ff laposabb egyenessel ábrázolható, természetesen a kisebb ff tényező jelzi a jobb folyósságot.

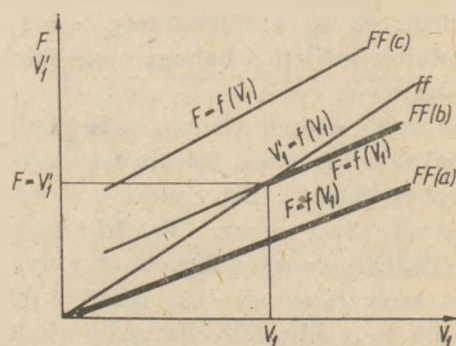
Tömegfolyás esetén az ff folyási tényező a Θ bunkerhajlás, a Φ' kinematikus falsúrlódási szög (WYL vonal) és a δ effektív súrlódási szög (EYL vonal) függvénye. Magfolyásnál a falsúrlódás nem jut szerephez, itt Φ és δ a mértékadó. FF és ff ismeretében már felállítható a folyás-elakadás posztulátuma:

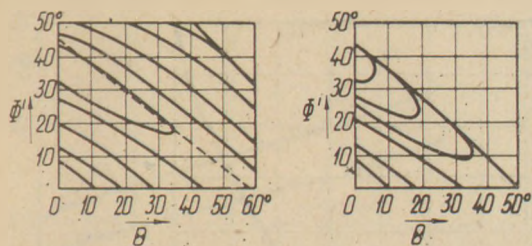
Szemcsés anyag folyása a nehézségi erő hatására létrejön, ha a tömörítő nyomás (anyagoszlop) által keltett felületi szilárdság (f vagy F) nem éri el a boltozódást vagy aknaképződést megtámasztó erőt. Másként kifejezve: ahhoz, hogy a folyási akadály megroppanjon, a megtámasztó erő (reakció) múlja felül az f ill. F felületi szilárdságot. A kritikus feszültség az akadálynak exponált helyén lép fel, ez a σ_c -vel jelzett főfeszültség, ill. a V_c erő. Folyás tehát létrejön, ha

$$\sigma'_1 > f, \text{ ill. } V'_1 > F \quad (18)$$

V_1 az F tengelyen V_1 függvényében ábrázolható. A 21. ábrán az ff folyási tényezőjű bunkerre három különböző szemcsés anyag FF folyási függvénye van feltüntetve. Az előbbieket szerint *a* folyási tartományban FF vonala az ff vonal alatt jár. Az *a* jelzésű anyag tehát mindig akadálytalanul folyik, a *c* jelzésű mindig elakad, a *b* jelzésű a metszési ponttól jobbra eső tartományban folyik. A szabad folyást az ábrán kettős vonal jelzi.

Az ff folyási tényező meghatározása itt nem

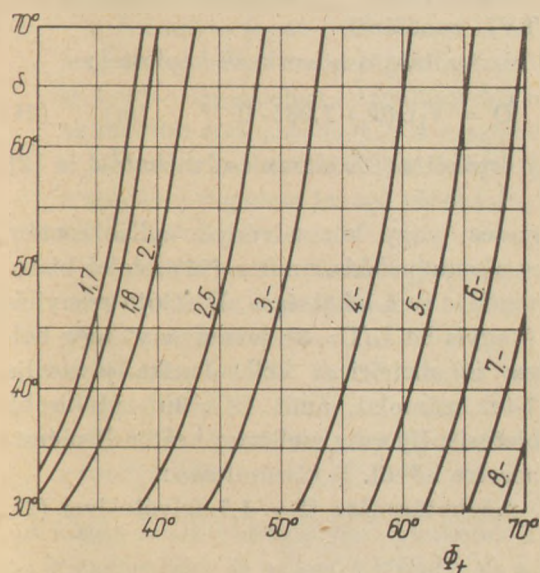




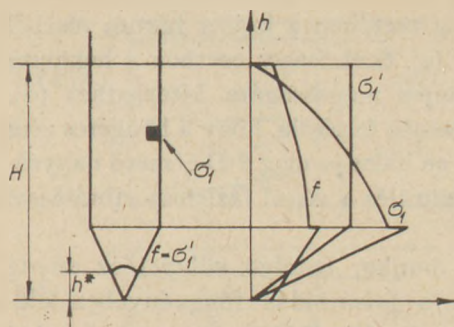
22. ábra. Sík és axiálszimmetrikus bunker ff görbéi ($\delta = 50^\circ$)

ismertetett körülményes számításokat igényel. Jenike monográfiája [2] δ különböző értékeire egész oldalas diagramokban adja meg ff nagyságát, és pedig tömegfolyás esetére $\Theta - \Phi'$ (bunker hajlásszög-falsúrlódási szög) koordináta-rendszerben $\delta = 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ$ és 70° effektív súrlódási szögre kúpos és síkfolyású bunkerekre. Tökéletes sík folyás a valóságban csak megközelíthető, de elfogadható, ha a kifolyó nyílás L/B (hosszúság/szélesség) viszonya nagyobb 3-nál. Példaként a 22. ábrán bemutatjuk a $\delta = 50^\circ$ -hoz tartozó síkfolyású és axiálszimmetrikus bunkerek ff görbéit. Aszimmetrikus, féloldalt függőleges falú bunkerekre (13. ábra) a számításokat csak $\delta = 50^\circ$ -ra végezte el, a függőleges fal Φ^v kinematikus falsúrlódási szögének $20^\circ, 30^\circ$ és 40° értékekre. Magfolyásra egyetlen diagramot ad meg a $\delta - \Theta$ koordináta rendszerben. Előzetes tervezésre az $ff = 1,7$ értéket ajánlja.

A hurkos alakú ff görbék burkoló érintője a magfolyás határát jelzi, ettől balra lehet tömegfolyással számolni. Azonos koordináták mellett a sík folyású bunker ff tényezői kedvezőbbek, mint az axiálszimmetrikusé, összhangban pl. a (13) és (14) képletekkel.



23. ábra. Aknaképződés elkerülését biztosító ff görbék



24. ábra. σ_1, σ_1' és f változása a bunker magassága mentén

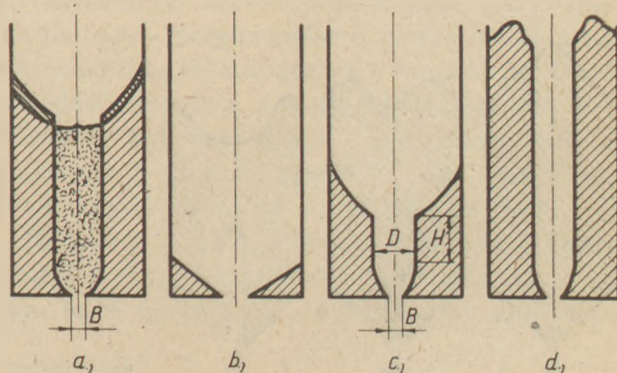
Aknaképződés elkerülését biztosító ff görbék $\Phi_t - \delta$ koordináta rendszerben a 23. ábrán vannak megadva [2].

6. Bunkerek tevezése és üzemi viselkedése

Jenike féle jellemzők figyelembevételével a 15. ábrához hasonlóan felrajzolható σ_1, σ_1' és f változása a bunker h magassága mentén (24. ábra) [1] [8]. A fentebb megadott kritérium szerint folyás létrejön, ha $\sigma_1' > f$, vagyis a kiömlőnyílás legalább h^* magasságba kerül és ezzel kiadódik anaak B minimális mérete.

6.1. Magfolyású bunkerek

Lapos fenekű bunkerben (silóban) tárolt szemcsés anyag magfolyásakor függőleges csatornát alakít ki, a körülötte levő anyag nyugalomban marad. E csatorna hajlamos a fenék közelében körkúp alakot képezni, amelynek fenéktármérete egyenlő a nyílás átlójával vagy átmérőjével. A siló ürülésének egymást követő fázisai a 25. ábrán szemléltethetők. Az anyagszint süllyed, felülről az anyag fellazulva becsúszik a csatornába (a). Az ürülés előrehaladásával a nyugvó anyag krátert képez. Kohéziómentes anyagnál ez a részsíszöggel egyező hajlásszögű kúpos üreg (b).



25. ábra. Laposfenekű magfolyású siló folyásának fázisai

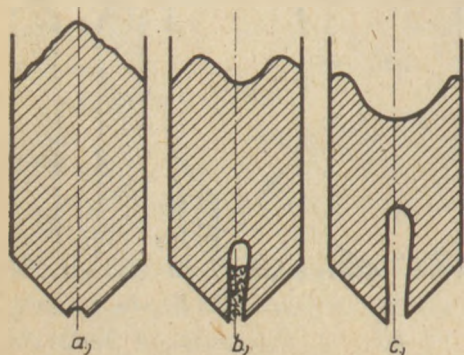
Kohézív anyag esetében a kráter három részből tevődik össze (c). Szélsőséges esetben a hengeres rész a siló teljes magasságára kiterjedhet (d). A működőképesség feltétele, hogy a hengeres rész H magassága ne haladja meg a D átmérő nagyságát. A teljes leürülés a végső fázisban vibrálással elősegíthető.

Gúla alakú bunker befolyó völgyei az anyag folyóssága és a falsúrlódás függvényében előmozdítják az aknaképződést. Üres magfolyású bunker feltöltésekor az anyag a periferiára hull és ott megáll a teljes leürülésig, ha ugyan az anyag tulajdonságai annak megkötését nem okozzák (cement, mész, stb.). Magfolyású bunkerek a kiömlő nyílás felett (a) hajlamosak boltozódásra (26. ábra). De boltozat képződhet a folyásban levő anyag felett is (b), majd a boltozat beszakadása (c) és újraképződése áll elő. A lezuhanó anyag levegővel keveredve fluidizálódhat, de dugattyúszerűen mozogva tekintélyes ütésekkel a bunker falát vagy tartószerkezetét teheti tönkret.

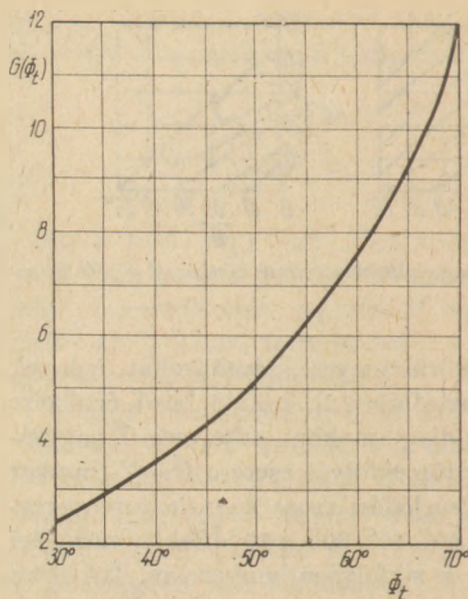
A magfolyású bunker nem légzáró. A szegregáció folytán a durva szemcsék a periferián gyűlnek össze. Feltöltéskor ezért a finom, ürítéskor a durva frakció nyerhető ki, folyamatos üzemben az adag többé-kevésbé változatlan összetételben fut át.

Fellépő boltozódás betörése igen nehéz, mert a helye ismeretlen. Vibrálás akkor sikeres, ha az a boltozat talpára hat. Megindulás után a vibrátort azonnal ki kell kapcsolni, mert újabb tömörödést okoz.

Levonható a következtetés: magfolyás helyett inkább tömegfolyást kell biztosítani. Magfolyás megengedhető, ha a szegregáció érdektelen (egyöntetű szemcsézet és sűrűség, pl. száraz homok vagy osztályozott kavics), ha az anyag tárolásra érzéketlen, végül kis méretű bunkereknél. Előnye a magfolyású bunkernek, hogy kevésbé meredek lehet, jobb a helykihasználása vagyis olcsóbb és a bunkerfalat nem koptatja.



26. ábra. Alul gúla alakú bunker ürülése



27. ábra. $G(\Phi_t)$ értékei

Magfolyású bunker méretezésénél követelmény, hogy sem boltozódás, sem aknaképződés ne lépjen fel, ez pedig kellő nagy kiömlő nyílással érhető el. A meghatározó méret a D átló vagy átmérő. Ennek kiszámítása Jenike szerint a következő lépésekből áll [2]:

1) A h_e tömörítő nyomás kiszámítása a következő képlettel:

$$h_e = \frac{2,5 R}{\text{tg} \Phi'} \left(1 - e^{-0,4 \frac{h}{R} \text{tg} \Phi'} \right) \quad (\text{m}) \quad (19)$$

ahol R a hidraulikus rádiusz, terület/kerület a hengeres vagy hasábos részen.

1a) V_1 a tömörítő főerő kiszámítása

$$V_1 = g \rho h_e \cdot 7,085 \cdot 10^{-3} \quad (\text{N}) \quad (20)$$

2) V_1 ismeretében V_1' és Φ_t leolvasása az időfolyás TYL vonaláról

3) D kiszámítása a következő képlettel:

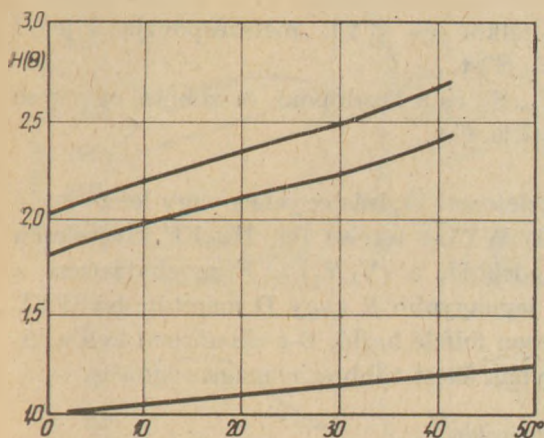
$$D = V_1' G(\Phi_t) \cdot 7,085 \cdot 10^{-3} \quad (\text{m}) \quad (21)$$

$G(\Phi_t)$ értékei a 27. ábráról olvashatók le [2].

Négyzetes, vagy körszelvényű nyílás esetén, ha nincs aknaképződés, amit a (21) képlet biztosít, boltozódás sem lehetséges, D átlójú résnyílás esetén (vagyis ha $L/D > 3$), a szelvényt még boltozódásra is ellenőrizni kell. Jenike javasolja $ff = 1,7$ -tel számolni, amit $\Theta = 30^\circ$ -nál kisebb hajlás biztosít. Ily szög mellett a kráter B méretéről D méretre bővül. B kiszámítása:

1) V_1' meghatározása $ff = 1,7$ felvételével (21. ábra)

$$2) B = H(\Theta) V_1' / 7,085 \cdot 10^{-3} \cdot g \rho \quad (\text{m}) \quad (22)$$



28. ábra. $H(\Theta)$ értékei (a) kúpos (b) négyzetes (c) résalakú kifolyás

$H(\Theta)$ összefüggést Jenike a 28. ábra szerint adja meg [2]. H értéke a bunkerhajlás növekedésével növekszik, laposabb bunker nagyobb nyílást kíván.

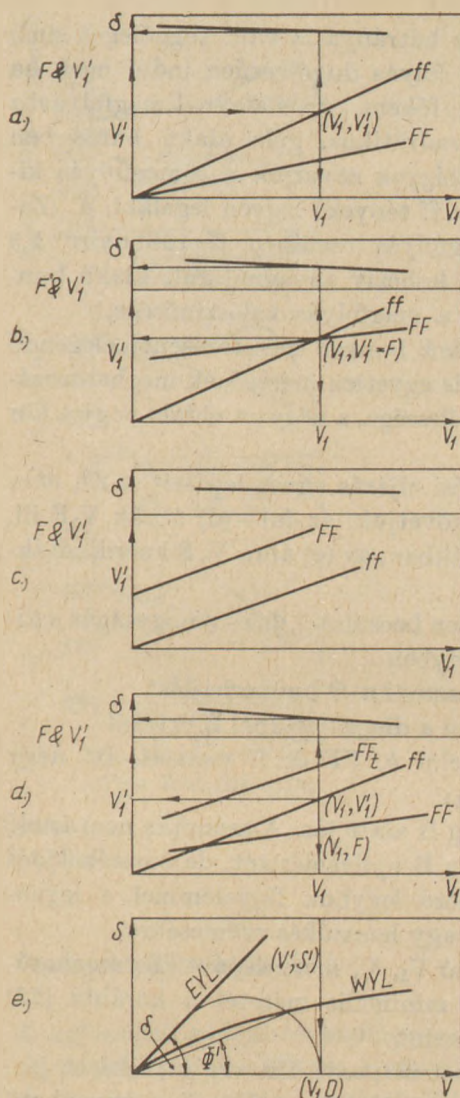
Magfolyású kúpos vagy gúla alakú alsó toldatú bunker teljesen is leüríthető vibráció, aeráció, esetleg kézi beavatkozás segítségével. Nagy meredekségű bunker pusztán gravitáció hatására is leürül, de ehhez a fal tartós simasága (rozsdamentes acél, csempe, műanyag bevonat) szükséges. Irányadó lehet, hogy $\Theta + \Phi' < 65^\circ$ legyen.

6.2. Tömegfolyású bunkerek

A tömegfolyású bunkert, mint láttuk, a töltet egyenletes, keveredésmentes leürülése jellemzi. Jenike a tömegfolyás előnyeit a következők szerint foglalja össze:

- nincs csatornaképződés, fennakadás, az anyagszint ingadozása
- a halmaztérfogot nem változik a felette levő anyagoszlop magasságával, ez azt jelenti, hogy a lehúzáshoz adagolómérleg helyett az olcsóbb térfogatadagoló is megfelel
- a hosszabb tartózkodási idő lehetővé teszi a magával ragadott levegő távozását, tömör töltet alakul ki
- a keresztmetszeten belül egyenletes a nyomáeloszlás és a porozitás
- a töltet nyomászáró
- a töltéskor előállt szétkeveredés ürítéskor kiegyenlítődik
- heterogén kerevékek recirkulációval kiegyenlíthetők.

A kúpos és sík tömegfolyású bunkerek kívánatos Θ hajlásszöge az anyag δ effektív és a falhoz való Φ' kinematikus súrlódási szögtől függ. A hoz-



29. ábra. Kiömlőnyílás méretezésének menete tömegfolyáshoz

zá tartozó ff görbék sorozata, mint már említettük, Jenike munkájában [2] található. Egy példát $\delta = 50^\circ$ -ra a 22. ábrán láttunk.*

Az ff görbék hurkos alakúak, mindig adódik egy optimális, legkisebb ff érték, illetve az ehhez tartozó Θ meredekség. Paradox módon az ennél meredekebb fal már rosszabb folyású. Ezt Jenike körülményes megfontolással, illetve levezetéssel a kinematikus falsúrlódási szög és az anyag belső súrlódási szögének a boltozat stabilitását befolyásoló kölcsönhatásával magyarázza. (Nem mulasztható el a megjegyzés, hogy mások pl. Walker [1] nem osztják ezt a felfogást.)

Egyoldalt függőleges falú bunkernek a szimmetrikus elrendezéshez képest előnyös tulajdonsága az ff tényező 0,1–0,3-al kisebb értékében

* A teljes diagramsorozát a szerzőnél vagy a SZIKKTI-nél rendelkezésre áll.

nyilvánul. De hátránya is van: függőlegesen sima fal mentén a folyás dugószerűen indul meg, ha ez fennmarad, főként kúpos alaknál magfolyásba megy át. Kvadratikusan, gúla alakú bunkerben a befolyási völgyek zavarják a tömegfolyás kialakulását, az ff tényező legyen legalább 4. (Zavartalan magfolyás esetében ff többnyire 1,3 alatti, vagyis kohézió anyagánál gúla alakú bunkerben nagy a magfolyás valószínűsége.)

Tömegfolyású bunker méretezésénél elegendő a kifolyónyílás egyetlen méretének meghatározása, ez a rés szélessége, a négyzet oldala vagy a kör átmérője.

A méretezési eljárás egyes lépéseit a 29. ábra segítségével követjük, az (a)–(d) ábrák V_1F ill. V_1' koordinátákban, az (e) ábra V, S koordinátákban.

1) Előzetesen becsülni δ, Φ' és ρ nagyságát a kiömlési szelvényben

2) Megválasztani a Θ bunkerhajlást

3) Leolvasni a diagramsorból ff értékét

4) Megrajzolni δ, FF és ff vonalát. Itt négy lehetőség van:

a) FF végig ff alatt jár. A számítás nem ír elő minimális B nyílásméretet, de összeékelődés elkerülésére legyenek figyelemmel a legnagyobb, vagy hosszúkás szemcsékre

b) Található V_1, V_1' metszéspont. Ez meghatározza B minimális méretét a korábbi (22) képlet szerint

c) Nincs metszéspont, FF végig ff felett jár, folyás nem indul meg. Ha ff csökkenthető pl. simább fal útján, Θ és Φ' megválasztásánál az 1) pont szerint kell eljárni. Ha ff nem csökkenthető, az anyag kondicionálása vagy mechanikai (és nem gravitációs) kihordás szükséges.

d) Az FF_t nyugvási folyási függvény teljesen ff felett jár, de a stacioner FF már ad metszést. Ekkor a folyás vibrálással elindítható, de annak káros tömörítő hatását ellensúlyozandó a nyílást oly mértékben meg kell növelni, hogy V_1 tömörítő főerő biztosítsa a $V_1' = 1,5 F$ stabilizáló főerőt. A szerkesztés az ábrán látható, B kiszámítható (22) szerint.

5) Ezt követően ellenőrizhető a Φ' falsúrlódás a nyílás szelvényében. Ennek menete a 29/e ábra szerint:

- felvenni WYL-t
- leolvasni δ -t az a–d ábrákon megválasztott V_1 -hez és meghúzni az EYL vonalát
- kijelölni a $(V_1, 0)$ helyét
- $(V_1, 0)$ -ból EYL-hez érintőlegesen megrajzolni a Mohr félkört

– a félkör és WYL metszéspontja kijelöli (V_1', S') -t

– (V_1', S') és a kezdőpont összekötő egyenese kiadja Φ' -t.

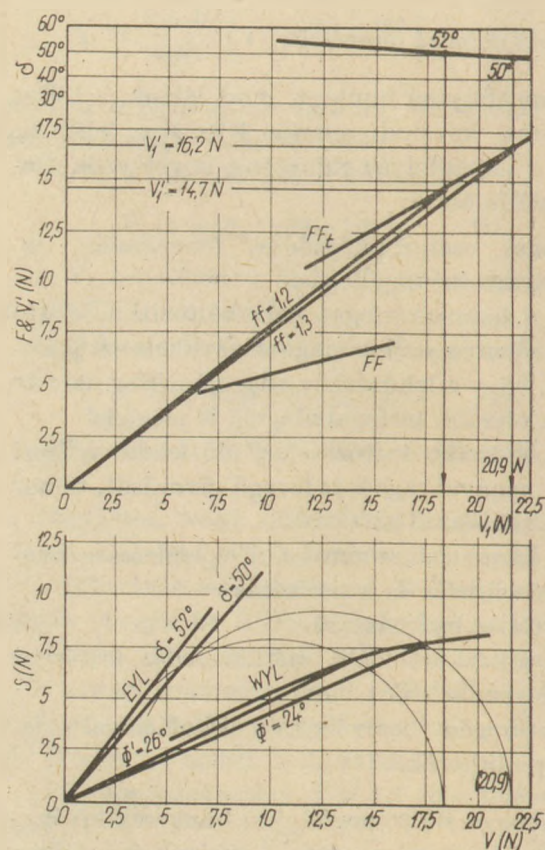
A részletezett eljárás egyenes vagy lefelé hajló FF -et és WYL-t tételez fel. Ha FF kivételesen felfelé görbülő, a $(V_1, V_1') = F$ meghatározza a bunker legnagyobb B vagy D méretét; ha WYL kivételesen felfelé hajló, B -t ellenőrizni kell a kiömlő nyílás felett több szintmagasságon is.

6.3. Számpélda

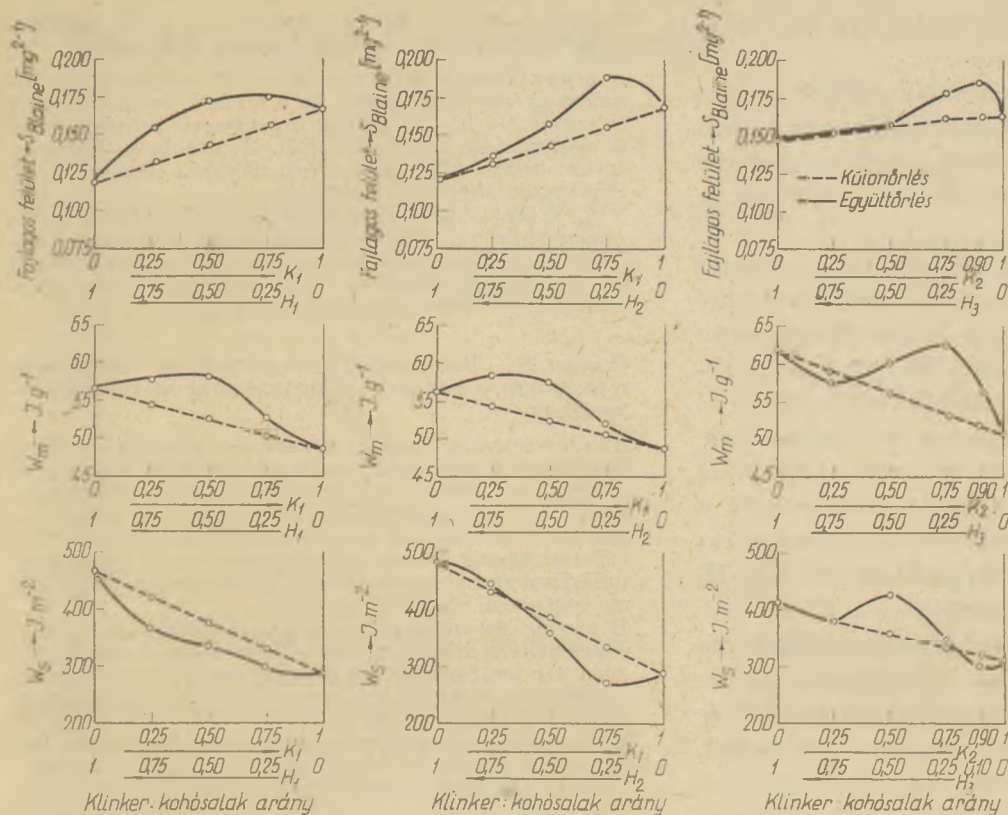
Tömegfolyású bunkert kívánunk méretezni az anyag folyási jellemzői alapján. A számpélda [2]-ből való, az angolszász egységek SI-re átszámításával. Legyenek a δ, FF, FF_t és WYL jellemzők a 30. ábra szerinti, az anyag halmazsűrűsége $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$.

Több lehetőség van:

a) Gravitációs kifolyás. A nyílást az FF_t és ff metszéspontja határozza meg. Induljunk ki $ff = 1,3$ feltételezéséből. A metszéspontra $V_1 = 4,7 \text{ lb} = 20,9 \text{ N}$ és a Mohr körhöz húzott EYL érintőre $\delta = 50^\circ$. A Mohr kör és WYL metszéspontja kiadja $\Phi' = 24^\circ$. δ és Φ' ezen értékeihez a 22. ábrán



30. ábra. Példa tömegfolyású bunker méretszámítására (síkfolyás)



3. ábra. Együtt- és különőrlés körfolyamatos rendszerű őrlőberendezésben

A K_1-H_3 keverék együttőrlésénél az S_B görbe hasonló lefutású. A klinkerhányad növekedésével ebben az esetben is nő a felület, majd 90% klinkerhányadnál maximumot ad. A tömegegységre vonatkoztatott fajlagos energiafogyasztás (W_m) különőrlésnél a klinkerhányad növekedésével csökken. Együttőrlésnél az energiaindex értékei általában kedvezőtlenebbek.

A K_1-H_1 és K_1-H_2 keveréknél a W_m -görbék hasonló lefutásúak. Az energiafelhasználás kb. 50% klinkertartamig nő, majd a klinkerhányad további növelésével csökken.

A K_2-H_3 keveréknél 25% klinkerhányadig az együttőrlés valamivel kedvezőbb, a klinkerhányad növelésével azonban az energiafogyasztás rohamosan növekszik. A felületegységre vonatkoztatott energiafogyasztás (W_s) másképpen alakul, ugyanis ezen jellemző szerint az együttőrlés a kedvezőbb.

A K_1-H_1 keverék W_s -görbéje csaknem tükörképe a W_m -görbének, a K_1-H_2 keverék esetén a helyzet hasonló. A K_2-H_3 keveréknél a W_s -görbe alakulása a két komponens keverési arányával változik. A kis és nagy salaktartalomnál W_s értéke kedvezőbb együttőrlésnél, a közepes salaktartalomnál pedig kedvezőtlenebb.

Fontosabb következtetések

A különböző gyártástechnológiák gyakran keverékörlemények előállítását kívánják. A természetes nyersanyagok, de égetéssel előállított mesterséges termékek (pl. cementklinker) is több ásványból tevődhetnek össze, így őrléskor keverékként viselkednek. Együttőrlésnél a komponensek egymásrahatása legtöbbször nem elhanyagolható.

A komponensek egymásrahatása függ a biner rendszert alkotó partnerek keménységétől (kemény-kemény, kemény-lágy, lágy-lágy), valamint aggregációra való hajlamuktól. Ez utóbbi az őrlemény egyenletességi tényezőjével (η), ill. a szemcseméreteloszlás szórásával jellemezhető.

Az együttőrlött komponensek egymásrahatásának jellemzésére megkülönböztettünk ún. „közvetlen” és „közvetett” hatást. Közvetlen hatás alatt az őrlendő komponensek részecskéinek felületi tapadását, ill. az aggregációt értjük, mely lehet őrlést segítő (olyan esetben, amikor csak az egyik partner hajlamos aggregációra), de általában hátráltató. Közvetlen hatásnak nevezzük továbbá az egyik, általában keményebb komponensnek a másakra gyakorolt „koptató” hatását is. A „közvetett” hatás az egyik komponens túl-

súlyából adódó, tehát a keverési aránytól függő pozitív, vagy negatív hatás.

A cementklinker és kohósalak alapján véve kemény-kemény típusú biner rendszernek tekinthető, de ezen belül a kohósalak a többé-kevésbé keményebb. Az aggregációra való hajlamuk is különböző.

Ha a klinker és kohósalak egyaránt hajlamos az aggregációra, akkor nyílt rendszerben történő együttőrléskor — az őrlést kedvezőtlenül befolyásoló — aggregáció léphet fel (pl. K_1-H_2 keverék). Ilyen esetben a különőrlés a célszerűbb.

Ha csak a klinker hajlamos az aggregációra, akkor bizonyos keverési arányok mellett az együttőrlés kedvezőbb, mivel a salak gátolja a klinkerszemcsék egymáshoz való tapadását és ezáltal elősegíti a klinker finomodását (pl. K_1-H_1 keverék, 25% salakhányadnál).

Ha a klinker és kohósalak egyike sem hajlamos az aggregációra és a salak igen kemény, akkor bizonyos keverési arányok mellett az együttőrlés a kedvezőbb, ami a salak „koptató” hatásával, ill. a túlsúlyban lévő klinker nagyobb finomságra való őrlődésével magyarázható.

A klinker és kohósalak körfolyamatos rendszerben történő együttőrlésénél, ahol a részecskekölcsönhatás nem tud érvényesülni — a klinkerszemcsék általában finomabbra őrlődnek, mint különőrlésnél, minden valószínűséggel a salak „koptató” hatása miatt. A nagyobb energiaráfordítás ellenére, a körfolyamatos rendszerben történő együttőrlés, a kohósalakportlandcement minősége szempontjából kedvezőbbnek mutatkozik [10].

IRODALOM

- [1] Fuerstenau, D. W.: (1963), 6ème Cong. Int. de la Prép. des Minerals, Cannes. p: 39–50
- [2] Océpek, D.: (1964), Rudarsko–Metalurški Zbornik, p: 157
- [3] Planiol, R.: Dechema Monographien, No. 993–1026, Verl. Chemie, Weinheim, VDI-Verlag Düsseldorf p: 835–845
- [4] Holmes, J. A.–Patching, S. W.: (1957), Trans. of the Inst. of Chemical Eng. 35. p: 111–124
- [5] Reményi, K.: (1960), Acta Technica Acad. Hung. Tom. 56. (1–2) p: 75–90
- [6] Bomble, J. P.: (1965), Rev. Mat. No. 593. p: 61
- [7] Kannewurf, A. S.: (1957), Rock Products, May, p: 66
- [8] Beke, B.: (1970), Zement-Kalk-Gips, 23. p: 401–406
- [9] Opoczky, L.: (1977), Powder Technology, 17. p: 1–7
- [10] Mrákovicsné, T. K.: (1973), SZIKKTI jelentés, Tsz.: 1–19 Budapest, p: 1–55

Opoczky Ludmilla – Mrákovicsné Török Katalin: Együtt és különőrlés kérdései a kohósalakcement gyártásnál

A cementklinker és kohósalak együttőrlésakor általában hatást gyakorol egymásra. Ez a hatás lehet őrlést segítő és hátráltató is, amely függ a partnerek keménységétől és aggregációra való hajlamától. Ez utóbbi az őrlemény egyenletességi tényezőjével (n), illetve a szemcseméreteloszlás szórásával jellemezhető.

A kohósalakportlandcement előállításánál a nyílt-rendszerű őrlőberendezés esetében az együtt-, vagy különőrlés célszerűségét fenti tényezők szabják meg. Körfolyamatos őrlőberendezésekben a cementminőség szempontjából az együttőrlés látszik kedvezőbbnek.

Опoczky, Л. – Мравовичне, Т. К.: Проблемы совместного и раздельного помола при производстве шлакопортландцемента

При совместном помоле цементный клинкер и шлак оказывают влияние на размолоспособность друг друга. Это влияние может быть положительным и отрицательным. Характер влияния зависит от твердости компонентов и их склонности к агрегированию. Склонность к агрегированию может характеризоваться величиной коэффициента равномерности зернового состава (η) или же разбросом зернового состава.

В случае изготовления шлакопортландцемента в системах помола открытого цикла целесообразность отдельного или же совместного помола должна определяться в каждом отдельном случае на основе вышеупомянутых свойств клинкера и шлака.

При помоле в замкнутом цикле как с энергетической, так и с качественной точки зрения (качество цемента) более благоприятные результаты дает совместный помол.

Opoczky, Ludmilla – Frau Mrákovics Török, Katalin: Fragen der gemeinsamen und gesonderten Vermahlung bei der Herstellung von Hochofenschlackenzement

Zwischen Zementklinker und Hochofenschlacke tritt bei ihrer gemeinsamen Vermahlung im allgemeinen eine Wechselwirkung ein. Diese Wechselwirkung kann für den Mahlprozeß, je nach der Härte und der Neigung zur Aggregation der beiden Stoffe, fördernd oder hemmend sein. Die Neigung zur Aggregation kann durch den Gleichmäßigkeitsfaktor (n), bzw. durch die Streuung der Korngrößenverteilung des Mahlproduktes charakterisiert werden.

Bei der Herstellung von Hochofenschlacke-Portlandzement entscheiden, im Falle einer Mahlanlage mit offenem Verfahren, diese Faktoren die Frage der Zweckmäßigkeit der gemeinsamen oder gesonderten Vermahlung. Im Falle von Mahlanlagen mit geschlossenem Kreislauf scheint hinsichtlich der Güte des Zementes die gemeinsame Vermahlung günstiger zu sein.

Opoczky, Ludmilla – Mrákovicsné Török, Katalin: Problems of Simultaneous and Separate Grinding at Blast Furnace Slag Cement Production

When ground simultaneously cement clinker and blast furnace slag generally affect one another. This effect may help or counteract the grinding depending on the hardness and tending to aggregation of the partners. The latter may be characterized by the uniformity index (n) and standard deviation of the particle size distribution of the ground product. At blast furnace slag cement production in open circuit mill the advisability of choosing between the two methods is determined by the above factors. In closed circuit grinding equipments, regarding the quality of cement, the simultaneous grinding seems to be more favourable.

Anyagmozgás bunkerekben

BEKE BÉLA

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

Bevezetés

Az alapanyagok munkagépei többnyire szemcsés szilárd anyagokat dolgoznak fel, ezek a munkagépbe tárolóbunkerekből való adagolással kerülnek. Sajnálatosan ismeretesebbek a bunkerből való ürülés zavaraihoz vezető nehézségek, amikor az adagolás elakadása miatt a munkagépek kényeszerű leállítása elkerülhetetlen, a gyártás folyamatossága megszűnik.

Érdekes módon a bunkerokban való anyagmozgás kérdésével csak legújabban foglalkoznak tudományos alapossággal. Ez érthető, mert a még néhány évtizeddel ezelőtt üzemelő kis teljesítményű munkagépek kis térfogatú bunkereinek mozgászavarai kézi beavatkozással is kiküszöbölhetők voltak, míg a mai nagy kapacitású munkagépek nagy befogadóképességű bunkereinek belseje már nem hozzáférhető és a munkagépek kiesése jelentős kihatású. Komoly figyelmeztetést jelentettek világszerte az elakadások következtében előállított bunkerkárosodások, a kézi beavatkozások pedig sokszor halálos baleseteket is okoztak.

Az utóbbi mintegy 20 évben a tanulmányok sokasága foglalkozott e kérdéssel. Összefoglaló tájékoztatást nyújt Schwedes 1968-ban megjelent terjedelmes, 331 irodalmi hivatkozásra épült monográfiája [1], a téma legfontosabb forrásmunkájának Jenike 1964-ben megjelent és az Utah-i egyetemen 12 éven át folytatott kutatásain alapuló, a kontinuum mechanikára felépített vizsgálati eredményeit összefoglaló és méretezési diagramok sokaságát is tartalmazó könyve képezi [2]. A kutatómunka természetesen napjainkban is folytatódik és az idevágó folyóiratokban egyre újabb, az elemzést tovább finomító tanulmányokkal találkozunk. Már itt meg kell jegyeznünk,

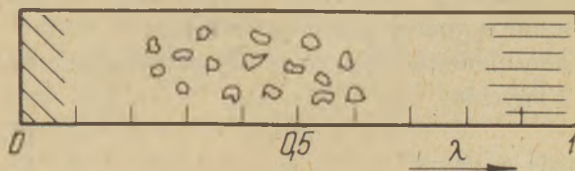
hogy a tárgyalás során számos új fogalmat kell bevezetnünk, amelyekre a kialakult magyar nomenklatura még hiányzik, ezért az első említésnél zárójelben megadjuk az angol és német szakirodalomban használt szavakat.

Szemcsés anyagok jellemzése

A kohézió és azt befolyásoló tényezők

A bunkerekben tárolt, szilárd anyagok különböző méretű, különféle fizikai és kémiai tulajdonságú testjeiből álló halmazokat a következőkben szemcsés anyagoknak (solid, Schüttgut) fogjuk nevezni. A szemcsés anyagok tulajdonságaikban a szilárd testek és a folyadékok között helyezkednek el, egy különleges, korábban alig vizsgált halmazállapotot képviselnek. Kézdi [3] erre egy spektrumszerű ábrát adott meg (1. ábra) és jellemzésül a nyugalmi nyomás λ tényezőjét adja meg: $\lambda = \sigma_x / \sigma_z$, ahol az általában függőleges σ_z terhelés hatására az általában vízszintes síkban ébredő σ_x feszültség. λ értéke szilárd testekre 0, ideális (newtoni) folyadékokra 1, viszkózus folyadékokra kevéssel 1 alatti, szemcsés anyagokra az ábrán középpont helyezkedik el.

A szemcsés anyagok főbb jellemzői: a szemcseméret, illetve szemcseméreteloszlás, a szemcsealak, sűrűség, belső- és falhoz való súrlódás, nedvesség, hőmérséklet, főként poroknál a felületi tulajdon-



1. ábra. Nyugalmi nyomás λ tényezője

ságok. Mindezeknél fontosabb azonban, hogy a szemcsehalmaz kifejt-e kohéziós hatást, vagy nem.

Száraz anyagoknál 100–250 μm szemcsenagyság felett a tapadó erők a nehézségi erőkhöz képest többnyire elhanyagolhatók, ezek kohéziómenteseknek tekinthetők. A gyakorlatban a száraz homokot tekintjük kohéziómentes modell-anyagnak.

A kohézió főbb okozói:

- van der Waals erők, erősen függ az elasztikus-plasztikus deformálhatóságtól, szemcsemérettől, adszorbeált rétegek tulajdonságaitól
- folyadékhidak, kapilláris depresszió, a folyadék felületi feszültsége, az előzőt egy nagyságrenddel meghaladja
- olvadás, zsugorodás, szilikátiparban pl. aknakemencében.
- kristályosodó sók hídképzése
- elektrosztatikus erők (kb. egyezők a van der Waals erőkkel).

A szemcsés halmazok feszültségi állapotának jellemzésére – akár szilárd testeknél – a σ – τ diagramok adnak szemléletes képet. Mint ismeretes, σ – τ koordinátarendszerben a határállapotot a Mohr féle körökkel lehet bemutatni. Minden térbeli terhelési állapotban található három egymásra merőleges sík, ahol csak $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ normális feszültségek ébrednek. E síkokat főfeszültségi síkoknak, a normális feszültségeket főfeszültségeknek nevezzük. Síkbeli ábrázolásban tetszőleges felületelemhez tartozó σ, τ vektor a 2. ábra szerinti, három félkör által határolt területre esik. A $\tau = f(\sigma)$ az anyagra jellemző és kísérletileg határozható meg. A különböző feszültségi állapotokat a Mohr körök burkolója képviseli. Ez a fémeknél a σ – τ koordináta rendszerben két párhuzamos egyenes, rideg szilárd anyagoknál, amelyek húzószilárdsága a nyomószilárdságnak csak egy hányada, két összetartó egyenes.

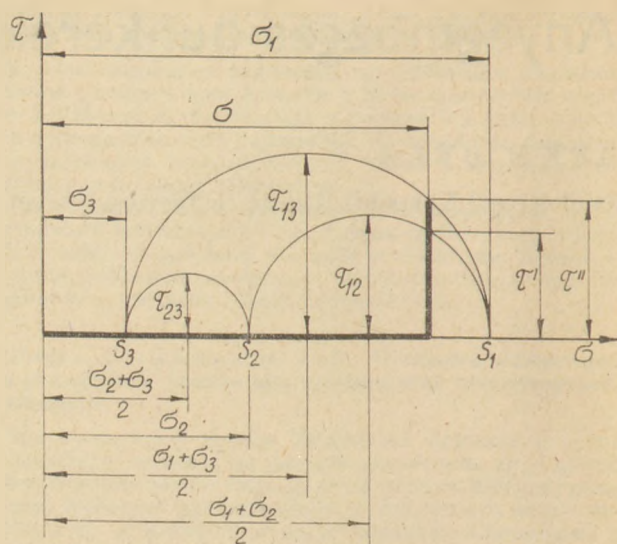
Kohéziómentes halmazok csak nyomó és nyíró erőket képesek felvenni, kohézív anyagokban kis mértékű húzóerők is fellépnek. A 3. ábrán *a* alatt kohéziómentes, *b* alatt kohézív szemcsés anyagok σ – τ diagramja látható. Az összefüggést nem teljesen helytálló közelítéssel egyenessel, az ún. Coulomb egyenessel szokás ábrázolni.

Kohéziómentes anyagra az ilymódon egyszerűsített egyenlet

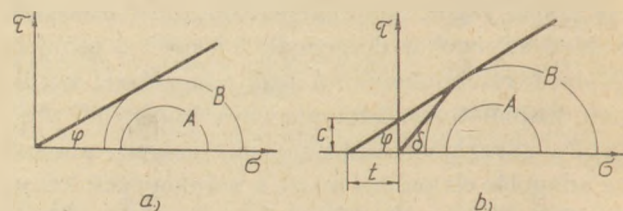
$$\tau = \sigma \tan \varphi \quad (1)$$

kohézív anyagra

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi \quad (2)$$



2. ábra. Térbeli feszültségi állapot Mohr féle ábrázolása



3. ábra. Kohéziómentes és kohézív szemcsés anyag jellemzése Coulomb egyenessel

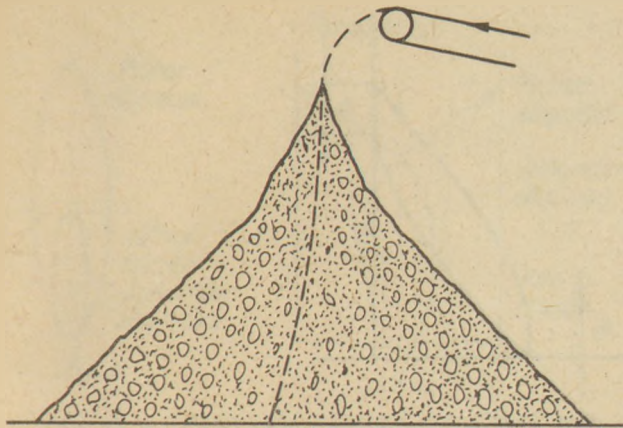
ahol φ az anyag belső súrlódása, c a kohézió, t a húzószilárdság. Kohéziómentes anyagokra φ egyenlőnek fogadható el a közkeletű rézsűszöggel, kohézív anyagoknál viszont, ellentétben az általános felfogással, φ nem azonos a rézsűszöggel. A 3. ábrán az *A* körrel jellemzett feszültségi állapotban a szemcsés anyag nem szenvedhet deformációt, a *B* kör plasztikussá vált állapotot jelez. A belső súrlódási szög a külső körülmények (tömörítő nyomás, nyugvó vagy mozgó állapot) függvénye. A Coulomb egyenesen túlérő körrel jelzett feszültségi állapot természetesen lehetetlen.

Itt kívánjuk megjegyezni, hogy a szemcsés anyagok mechanikáját a talajmechanika már korábban kidolgozott tételeire építették fel, bár ott a feszültségek kb. 2 nagyságrenddel nagyobbak (a szerkezeti anyagoknál kb. 5–6 nagyságrenddel).

2.2. Kohézió nélküli szemcsés halmazok

Kohézió nélküli szemcsés anyagok halmazai fizikai-mechanikai alaptörvényeinek részletes taglalását megtaláljuk Mester tanulmányában [4]. Ő ezeket négy alaptörvényben foglalja össze:

1. Kohézió nélküli szemcsés anyagokban csak nyomó- és nyíró feszültségek ébrednek



4. ábra. Szegregálódás a rézsű kialakulásában

2. Nyugalomban levő, kohézió nélküli szemcsés anyagokban a függőleges irányú nyomófe-szültségek által ébresztett feszültségek a füg-gőleges iránytól lefelé mért $\pm 90^\circ - \varphi$ zónában hatnak

3. A kohézió nélküli szemcsés anyag önsúlyból származó nyugalmi nyomás értéke a mélység és halmaztömegsűrűség (térfogatsúly) szorzatá-nak fele $\left(\frac{h\sigma}{2}\right)$, iránya a vízszintestől az anyag súrlódási szögével lefelé tér el, ha a felszín vízszintes és az adott mélység felett az anyag a teret egyenletesen kitölti. A nyu-galmi nyomás vízszintes összetevője

$$\sigma_x = \frac{h\sigma}{2} \cos \varphi \quad (3)$$

4. A kohézió nélküli szemcsés anyagok mind-addig megtartják a jellemző előbbi törvénye-ket, amíg alkotó elemeik, az egyes szemcsék megőrzik relatív nyugalmsukat. Amint a szem-csék relatív elmozdulása megindul (pl. külső behatás folytán) a szemcsés anyagok folya-dékként viselkednek (közlekedő edények, kisebb sűrűségű szemcse úszása stb).

Mester vizsgálatainak érdekes eredménye, hogy ha a φ súrlódási szög (itt közelítőleg a rézsűszög) 37° -ot meghalad, az anyag a függőleges támasztó-lap elmozdulásakor egy tagban csúszik meg, míg kisebb súrlódási szögű anyagban végtelen sok csúszólap alakul ki, az anyag e csúszólapok men-tén, vagyis lepergetve mozdul el.

2.3. A rézsű szöge és kialakulása

Mint már utaltunk rá, a rézsűszögnek távolról sem szabad olyan jelentőséget tulajdonítani, mint még ma is közkeletű: az anyag folyási tulaj-donságait főleg a belső súrlódás határozza meg és ez csakis kohéziómentes, tehát főleg durva szem-

csézettű anyagoknál fogadható el, és ott is csak korlátozott pontossággal egyezőnek a rézsűszög-gel. De a kohéziótól eltekintve is a rézsű kialaku-lását erősen befolyásolja a szemcsézeti heterogeni-tás. Így pl. szóráskor, ejtéskor a kialakuló test nem lesz kúp, a szegregálódás hatására az deformálódik, a finomabb szemcsék az esési vonal men-tén gyűlnek össze, míg a nagyobb energiájú dur-vábbak a halmaz peremén gördülnek le. A fino-mabb szemcsék a nagyobbak útjai következté-ben jobban tömörödnek, szilárdságot (kohézió) nyernek és a tulajdonképpeni rézsűszögnél mere-dekebb dőlést mutatnak (4. ábra).

A rézsűszöget a közkeletű kézikönyvek mint anyagjellemzőt tüntetik fel, de a meghatározására ajánlott eljárások eltérő értékekre vezetnek. Schwedes említett monográfiája [1] kilenc mód-szert ismertet. Ezek vagy pontból kiinduló leper-gésen, vagy zárt testen (hengeren vagy hasábon) belüli leomláson alapulnak, első esetben kúppa-lástot, második esetben lejtős síkot eredményez-nek.

Kohézió nélküli gömbölyű szemcséknél a szem-cseméret elvileg hatástalan, a gyakorlatban azon-ban finomabb szemcsézet nagyobb rézsűszöget mutat. Így pl. üveggolyókra $22-27^\circ$, száraz ho-mokra $31-34^\circ$. Kohéziós szemcsehalmazoknál a kohézió hatására a tömörítő erőttől, vagyis a felette levő anyagtömegetől függően a rézsűszög magasságfüggő, 90° -ot is elérhet, mint azt utóbb látni fogjuk.

2.4. A halmazsűrűség

Megkülönböztetendő egymástól a testsűrűség (ρ_t), amely anyagi jellemző (korábban fajsúly) és a halmazsűrűség (ρ), mindkettő kg/m^3 egysé-gekben (a közkeletű angol-szász irodalomban ma még többnyire pcf egységekben). ρ értéke számos paraméter függvénye: szemcseméreteloszlás, szemcsealak, homogenitás, statikus vagy dinami-kus tömörítés, nedvesség stb. A szokásos meg-különböztetések: ejtett (Schüttichte), rázott (Rütteldichte), tárolási (Lagerdichte) és mozgási állapotú, vagyis fellazult. Ezzel kapcsolatos a po-rozítás fogalma, melyre felírható (ε a porozitás)

$$\rho = \rho_t(1 - \varepsilon) \quad (4)$$

Nagy szemcseméreti szórás esetén ε értéke ki-esi, a nagy szemcsék közötti hézagokat a kis szem-csék kitöltik, az érték 0,1-től 0,9-ig is változhat. Berázással az ejtett állapotú sűrűségi érték akár háromszorozható is. A rázott és ejtett halmaz-sűrűség meghatározása mintavétellel nem okoz

nehézséget, a bunkerben való tárolási sűrűség meghatározása már közvetlenül nem lehetséges. Az a felette levő súly hatására lefelé növekvő, amire az irodalomban számos, többnyire csak korlátozott érvényességű képlet található. Durva és szabálytalan alakú szemcsés anyagnál e növekedés elhanyagolható, mert a falsúrlódás a többletet felveszi. Kohézív anyagokra a később következő Jenike féle elmélet igyekszik szabatos választ adni.

Bunkereknél lazább elrendeződésből a tömörebbre való dinamikus átmenet főbb okozói: a környezetből átadódó (szomszédos gépek okozta) rezgések, ezáltal a szemcsék pillanatnyi eltolódása és elfordulása, nagyobb mértékben pedig boltozódások beomlása — erről is később lesz szó. A berázódással kapcsolatban a tömegerők és tapadóerők egyensúlya a meghatározó. Előbbi a szemcseméret köbével, utóbbi a szemcsemérettel arányos, adódik tehát egy egyensúlyi szemcseméret. Ha sok a jelenlevő, az egyensúlyi méretnél kisebb szemcse, a berázás hatása elhanyagolható.

2.5. Kohézív halmazok

Kohézív halmazok jellemző tulajdonsága, hogy kis mértékű húzófeszültség felvételére is képesek, ezt írja le a korábban már felírt (2) egyenlet, illetve a 3/b ábra. Az ábrán feltüntetett δ szög, a belső nyírási ellenállás szöge, vagy másként az effektív súrlódás szöge. E szög bevezetésével a kohézív szemcsés anyagokra Mester által megfogalmazott, a 2.2 fejezetben már látott 2. és 3. tétel értelemszerűen itt is érvényes [5]:

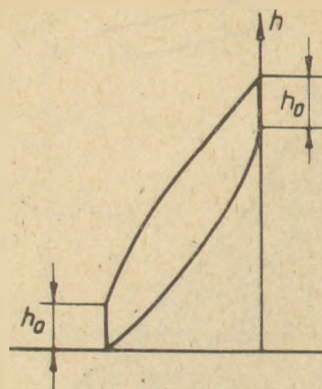
— nyugalomban levő kohéziós szemcsés halmazban a függőleges irányú nyomófeszültségek által ébresztett feszültségek a függőleges iránytól lefelé mért $90^\circ - \delta$ zónában lefelé hatnak,

— az önsúlyból származó nyugalmi nyomás értéke a mélység, a halmazsűrűség és a nehézségi gyorsulás szorzatának fele, $(hg/2)$, iránya — vízszintes rézsúlapot feltételezve — a vízszintestől δ szögben lefelé tér el. Vízszintes összetevője

$$\sigma_x = \frac{hgg}{2} \cos \delta \quad (5)$$

A δ szög nyilván a magasság függvénye. Levezethető [5], hogy a vízszintes σ_x feszültségkomponensek egy bizonyos h_0 mélységig negatív előjelűek, azaz van egy h_0 magasság, ahol értékük zérus. Ez a magasság

$$h_0 = c/og \quad (6)$$



5. ábra. Domború és homorú kohézív részű

h_0 mélységig tehát a vízszintes felületű kohéziós szemcsés anyag függőleges falban megtámasztás nélkül is megáll, vagyis akár 90° rézsűszög is előállhat. A kohéziós rézsűszög a h magasság függvényében az 5. ábrán látható, és pedig domború és homorú változatában. Természetes pergessel persze ezek a profilok sohasem állnak elő, de előállíthatók, ha a halmazt megtámasztó függőleges falat kíméletesen lefelé, illetve felfelé elmozdítjuk.

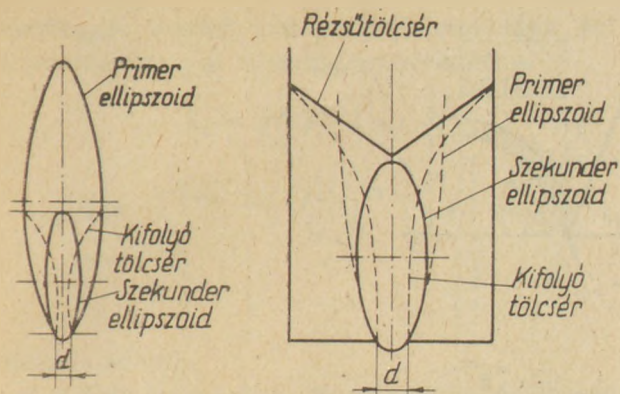
3. A bunkerban tárolt anyagok megfolyása

3.1. A folyás megindulása

A bunkerban nyugalomban levő anyaghalmaz homogénnek tekinthető stabil egyensúlyi állapotban van. Ezt az egyensúlyt külső erőhatás megbontja, ez legtöbbször a fenéknyílás nyitása, vagyis a támasztás megszüntetése. A halmaz új egyensúlyi állapot felé törekszik kölcsönös elmozdulások révén. Megfelelő anyagtulajdonságok és a bunker kívánatos kialakítása esetén új statikus egyensúly nem jön létre és a bunker teljesen leürül. Az alakváltozások kezdeti szakaszát dilatáció képezi, új egyensúlyi helyzetet viszont kontrakció hoz létre. Maga a dilatáció nem terjed ki a teljes töltetre, egyenesek vagy síkok mentén való lecsúszásból alakul ki. Eközben átmenetileg kisebb boltozódások és azok beomlása, vagyis váltakozóan dilatáció-kontrakció követi egymást. Épp ezért a felső anyagszint süllyedése csak bizonyos idő elteltével mutatkozik.

3.2. Stacioner folyás

A megindult folyás rövid gyorsulási idő után a súrlódási és kohéziós erők hatására stacioner, ismét homogénnek tekinthető és matematikailag leírható állapotba kerül, de a folyadékmozgás közkeletű törvényei nem alkalmazhatók.



6. ábra. Nagy és kis magasságú bunker ürülése Kvapil szerint

Kohéziómentes anyagokra a szovjet irodalomban elterjedt a „dinamikus boltozat” hipotézise. Eszerint a mozgó szemcsék a kifolyó nyílás felett meg-megújuló boltozatot alakítanak ki [6]. A boltozat feletti anyaghányad egy testként süllyed, míg alatta a tömeg fellazulva ürül le. A boltozat magassága kb. egyező a kifolyónyílás méretével, vízszintes talpa ennek kb. háromszorosa. A kifolyónyílás méretét meghaladó magasság tehát a kiömlésre már hatástalan, a boltozat feletti súlyt a bunkerfal súrlódása támasztja.

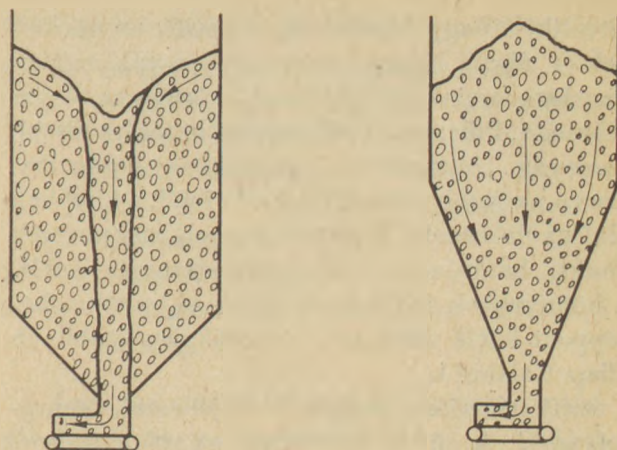
Kvapil ugyancsak kohéziómentes anyag folyási profiljára dolgozott ki elméletet [7]. A szemcsék függőleges süllyedő (primer) mozgását szerinte billenés, elforgás hatására vízszintes irányú (szekunder) elmozdulás egészíti ki. Eredőként mindkét mozgás elliptikus profilt alakít ki. A nyílás nyitásakor a primer és szekunder ellipszoid együtt növekszik (6. ábra). A szekunder ellipszoid mindenkor kialakul, a primer csak nagyobb bunker-magasság esetében.

Az irodalomban más folyási profilok leírásával is találkozunk, ezek más-más körülmények között végzett vizsgálatokban mutatkoztak.

3.3. Tömegfolyás és magfolyás

Kohézív anyagok kifolyásakor megkülönböztetést kell tennünk tömegfolyás és magfolyás között. A bunkerürülés e két módjának éles és méretezési eljárással is megtervezhető elkülönítése Jenike és munkatársai e témában korszakalkotó vizsgálatainak eredménye [2], [8]. Magfolyású és tömegfolyású bunkerek egymás mellett a 7. ábrán láthatók.

A tömegfolyás jellemzője, hogy a teljes töltet mozgásban van, a legkorábban beadott anyag legelőször távozik. Az esetek túlnyomó részében ez a kívánatos ürítési mód. Általános előfeltétele a kis súrlódású és meredek bunkerfal, éles törések és hirtelen keresztmetszetváltozások elkerülése.



7. ábra. Magfolyás és tömegfolyás

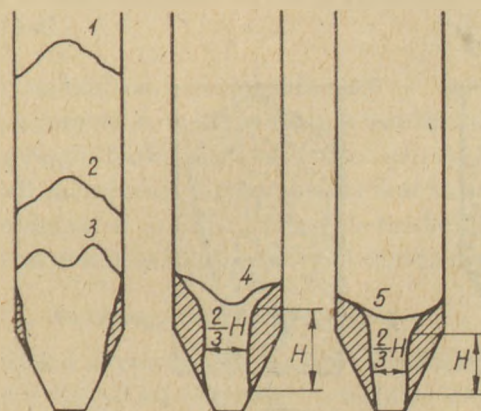
A szögletek boltozódás talpát képezhetik, ezeket le kell kerekíteni. Az anyagmozgás lassú, folyamatos és kiterjed a teljes keresztmetszetre, gátolja a szegregálódást. Hátrány a rosszabb helykihasználás, azonos bunkertérfogat csak nagyobb helylekötéssel, drágább kivitelezéssel biztosítható.

Magfolyás a vízszintes fenekű, nagy keresztmetszetű, durva falu bunkerek jellemzője. A lefolyás kör keresztmetszetű aknát alakít ki, az akna átmérője nagyjából a kifolyónyílás legnagyobb méretének (kör átmérője, négyszög átlója) felel meg. Négyszögletes kifolyónyílás esetén a körszelvényű akna a nyílás 1–2-szeres méretének megfelelő magasságban alakul ki. A körszelvény létrejöttét a kezdetben sík lap kisebb meredeksége, lassúbb lefolyása okozza, feltöltő holt tér áll elő.

Teljes leürüléskor a tömegfolyás is „kilyukad”. Jenike szerint a helyzet egymásutánját a 8. ábra mutatja.

3.4. Szétkeveredés

Szemcsés anyagok szórásakor a kisebb szemcsék inkább az esésvonalat, azaz a függőlegest



8. ábra. Tömegfolyású bunker teljes leürülése

követik, a nagyobbak pedig a periférián gördülnek (4. ábra). Nyugvó anyagágyban való szétkeveredés energiaköltséget kíván (pl. környezet okozta vibráció). Pillanatnyi fellazulások hatására kisebb szemcsék behatolnak a nagyobbak hézagaiiba, azaz a nagyobb szemcsék inkább felül, a kisebbek alul gyülekeznek. A testsűrűségbeli különbségek analóg hatásúak, a nehezebb szemcsék lefelé, a könnyebbek felfelé mozdnak el, a tömegközéppont lefelé vándorol, energetikaileg stabilabb állapot alakul ki.

Szétkeveredés a magfolyásra jellemző, tömegfolyásnál, lassú és egyenletes szintsüllyedésnél alig lép fel.

3.5. Bunkerbetét alkalmazása

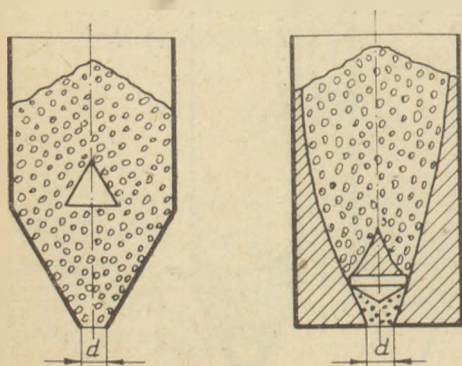
A jó folyási tulajdonságok és különösen a tömegfolyás létrejötte nagy kifolyási keresztmetszetet kíván. Paradox módon azonban a folyási keresztmetszet szűkítése és ezzel az áramlás terelése, főképpen az akna képződés megzavarása által sokszor előnyösnek bizonyul. Két példát a 9. ábra mutat be [9] [10]. Különösen figyelemreméltó a jobboldali kép, ahol a kifolyónyílás fölé helyeztek gátló korongot, a korong fölött terelő rézsű, alatta üres tér fejlődik ki, így a bunker alján az anyagnyomás lecsökken.

4. A bunkerürüléskor fellépő akadályok

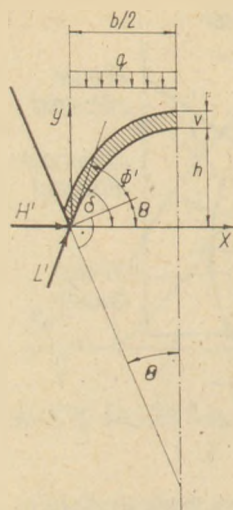
4.1. Boltozódás (doming, Brückenbildung)

A kifolyónyílás feletti boltozatképződés főleg kohézív anyagok tárolásakor lép fel, kohéziómentes nagy szemcséjű anyagok esetében pedig összeékelődés okozhatja.

Összeékelődés lefelé szűkülő bunkerekben fordul elő, az összeékelődés veszélye kúpos (axiálszimmetrikus) bunkerekben nagyobb, mint ékalakúaknál, mert az utóbbiakban a konvergáló anyagfo-



9. ábra. Bunkerbetét alkalmazása



10. ábra. A boltozódásnál fellépő erők

lyamot sík lap határolja. Fontos mutatószám a kifolyónyílás d és a legnagyobb szemcse d_T méretének hányadosa. Különböző szerzők szerint – és az alaktényező által is erősen befolyásolva – ez kerek nyílásnál 3–6, résnyílásnál pedig 1,5-öt meghaladó legyen. De túl nagy nyílás is zavart okozhat, időlegesen felépülő, majd beomló boltozatokat, egyenetlen folyást, megszabadást. Finomszemcsés és kohézív anyagok esetében a d/d_T viszonyszám érdektelen.

Az öntartó boltozat kritériuma, hogy a falon ébredő reakcióerők megtartsák a boltozat súlyát. Bizonyos egyszerűsítő feltételekkel Schwedes az alábbi levezetéssel állapította meg a nyílás minimális szélességét [1]. Alapul szolgál, hogy a boltozat íve parabola, a felette levő anyag a boltozatot nem terheli (súlyát a felsúrlódás megtámasztja), az önsúlyból adódó q terhelés egyenletes eloszlású, a bunker l hosszúságú és θ dőlésű, szimmetrikus, a homlokfalakon nincs támaszkodás.

A 10. ábra szerint a boltozatnak a vízszintessel bezárt α szöge legfeljebb $\theta + \Phi'$, ahol Φ' az anyagnak a falon való súrlódási szöge. Ha ρ a halmazsűrűség, felírható

$$q = b \nu l g \rho / b = \nu l g \rho \quad (7)$$

és a reakció vízszintes komponense

$$H = q b^2 / 8 h = \nu l g \rho b^2 / 8 h \quad (8)$$

A parabola egyenlete és annak deriváltja

$$\left. \begin{aligned} y &= 4h \left[\frac{x}{b} - \left(\frac{x}{b} \right)^2 \right] \\ y' &= 4h \left[\frac{1}{b} - \frac{2x}{b^2} \right] \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

összefüggés szerint határozható meg. Így az összes technológiai teljesítményfelvételre a

$$P_t = 2,3(\mu + 1)\alpha_r \cdot \sigma_t \omega L R \frac{\sqrt{T \cdot t_0}}{\frac{\mu}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} - 1} \left[\left(\frac{\sqrt{T \cdot t_0}}{t_0} \right)^{\frac{\mu}{2}} - 1 \right] \cos \alpha; \quad (5)$$

kifejezés adódik.

Meg kell jegyeznünk, hogy a (4) összefüggés csak akkor igaz, ha az agyag a hengerrésben az aprítóhengerek kerületi sebességével csúszik meg; vagyis a résben nem halad előre. Ezért a (4)-es kifejezésnél — ebből következik, hogy (5)-nél is — az aprítódó agyagmassza megcsúszásának sebességét feltétlenül figyelembe kellene venni.

Szapozsnyikov a csapsúrlódási veszteségek leküzdéséhez szükséges teljesítményfelvétel meghatározásakor a résbe behúzott massa hengerpalástra ható nyomáeloszlásából indul ki, amikor megadja a

$$P_s = 2\pi \omega d f \sqrt{(G_g)^2 + \frac{1,15\alpha_r \sigma_t L \sqrt{T \cdot t_0} \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}{\left(\frac{\mu}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} - 1 \right) (1 - \cos \alpha)}} \cdot \sqrt{\left(\frac{\sqrt{T \cdot t_0}}{t_0} \right)^{\frac{\mu}{2}} - 1} \quad (6)$$

összefüggést, ahol;

- d — csapátmérők, m;
- f — gördülőellenállás, $f = 0,001$;
- G — a henger tömege, kg
- g — nehézségi gyorsulás cm/s^2

A fenti matematikai kifejezés alapvető hibája, hogy a behúzási szöghöz tartozó ívhossz mentén egyenletes (azonos) nyomáeloszlást tételez fel. Mint ahogyan a [7; 8] vagy [9; 10] munkák is bizonyítják, a hengerpalást dolgozó hosszára ható — a deformálódó, aprózódó anyag által létrehozott — nyomófeszültség az ívhossz mentén nem egyenletesen oszlik meg; illetve nem az $\frac{\alpha}{2}$ szögnél átlagolható.

A hengerrésbe behúzott anyag által kifejtett — a hengerek csapágyszorítását terhelő — feszítőerő [6] szerint az

$$F = \frac{\alpha_r}{2} \sigma_B D K L, \quad [N] \quad (7)$$

összefüggés alapján határozható meg; ahol:

- σ_B — az agyag nyomószilárdsága, N/m^2 ;
Szapozsnyikov a fogazott és a kőkiválasztó hengerekénél $\sigma_B = 3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ értéket, míg sima és finomhengerekre $\sigma_B = (3 \dots 4) \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ értéket javasol használni.
- D — hengerátmérő, m;
- K — a dolgozó (aprító) résméret telítettségi foka, $K = 0,4 \dots 0,6$.

A fenti méretezési módszernél komoly problémát jelent, hogy Szapozsnyikov a (3, ..., 6) és a (7) képletekben az agyag két különböző szilárdsági tulajdonságát — a σ_t és σ_B értékeket — javasolja használni. Ugyanakkor a két érték között olyan alapvető ellentmondás létezik, mint a

$$\sigma_t > \sigma_B. \quad (8)$$

A módszer hiányosságának róható fel az is, hogy a fenti összefüggések figyelmen kívül hagyják azt a lehetőséget — és az iparban ez a gyakoribb — amikor a hengermű két aprítóhengerének kerületi sebessége és sugara nem azonos. Vagyis a (3, ..., 6) kifejezések nem számolnak az

$$\begin{aligned} \omega &= \omega_1 \neq \omega_2; \\ R &= R_1 \neq R_2 \end{aligned} \quad (9)$$

lehetőséggel.

Ennek ellenére Szapozsnyikov módszere mégis figyelemre méltó, mert egyike az első olyan eljárásoknak, amelyek az aprítóhengerek valamennyi változatára kitérnek. Ugyanakkor [6] a hengerművek mechanikai igénybevételét és teljesítményfelvételét az agyag (vagy egyéb anyagok) hengerrésben végbemenő deformációhoz szükséges energiaigény alapján igyekszik levezetni.

4. A simahengerek méretezésének specifikus problémái

A szilikátipari hengerműveket — így az aprító hengereket is — alapvetően a feldolgozásra kerülő anyagok fiziko-mechanikai tulajdonságai alapján kell méretezni. Fiziko-mechanikai tulajdonságait tekintve a szilikátiparban beszélhetünk szilárd anyagokról és szerkezeti (viszkózus) folyadékokról.

4.1. Az agyag, mint szilárd anyag

Szilárd anyagok aprításakor a simahengerek villamos teljesítményfelvétele a térfogat-elmélet alapján is meghatározható. Így például a Hooke-

störvényrel jellemezhető anyagok V térfogatának aprításakor

$$W = \frac{\sigma^2 V}{2E}, \quad [Nm] \quad (10)$$

energiára (deformációs munkára) van szükség. A (10) kifejezésben:

- W — a vizsgált test rugalmas deformációját előidéző külső erők veszteség nélküli munkája, Nm;
 σ — a vizsgált testben aprításkor keletkező feszültség, N/m²;
E — az elsőrendű (Young-féle) rugalmassági modulus N/m²;
V — a deformált (aprított) test térfogata, m³.

A (10)-es összefüggésből és a „hengerlés peremfeltételei”-ből kiindulva Keller Tibor diplomatervében [11] megpróbálja matematikailag meghatározni a simahengerek technológiai teljesítményfelvételét.

4.2. Az agyag mint Bingham folyadék

Az ÉTCSV Mályi Téglagyárában általunk elvégzett kísérletek azt mutatták, hogy az agyagásványok aprítására használt simahengerek dinamikus igénybevétele matematikai módszerekkel csak akkor számítható igazán jól, ha a $W \cong 12 \dots 15\%$ nedvességtartalmú agyagásványt Bingham folyadéknak tekintjük, melynek reológiai egyenlete:

$$\tau = \tau_0 + \dot{\epsilon}\eta. \quad (11)$$

Azt a tényt, hogy a $W \cong 12 \dots 15\%$ nedvességtartalmú agyagásványok Bingham folyadékként viselkednek számosan — így pl. Hallman [12] és Turenkó [13] — kísérleti úton is igazolták.

A szilikátipari szerkezeti folyadékok (üveg, képlékeny agyag, stb.) alakítására és aprítására szolgáló hengerműkonstrukciók méretezésével a hazai irodalomban a [9; 10], valamint a [14; 15; 16] és [17] munkák foglalkoznak; és felvetik a méretezés néhány specifikus problémáját.

Kerámia-agyagok aprítására szolgáló simahengerek méretezésének ilyen specifikus problémája:

- az agyagásvány és a hengerek felülete között ébredő súrlódási együttható, valamint
- az agyagásvány dinamikus viszkozitásának ismerete.

4.2.1. Az agyag és a hengerek között ébredő súrlódási együttható

A súrlódási együttható vizsgálatára az 1. ábra szerinti elven működő készüléket használtunk.

A mérés lényege, hogy módunkban állt változtatni a próbatestek nedvességtartalmának, felületének, terhelésének és mozgási sebességének nagyságát. Minden egyes mérés-sorozatot háromszor megismételtünk, közben a kapott mérési eredményeket táblázatban (egy ilyen mérés-sorozatot szemléltet az 1. táblázat) rögzítettük.

A kísérletek kiértékelése során azt tapasztaltuk, hogy a súrlódási együttható bizonyos mértékig függ a súrlódó felület nagyságától (2.a. ábra). E jelenségeket elemezve kiderült, hogy a fenti

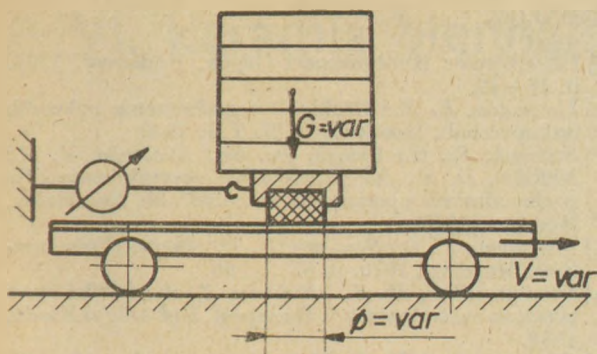
1. táblázat

Mályi agyag és acéllemez között ébredő súrlódási együttható alakulása a nyomóerő függvényében

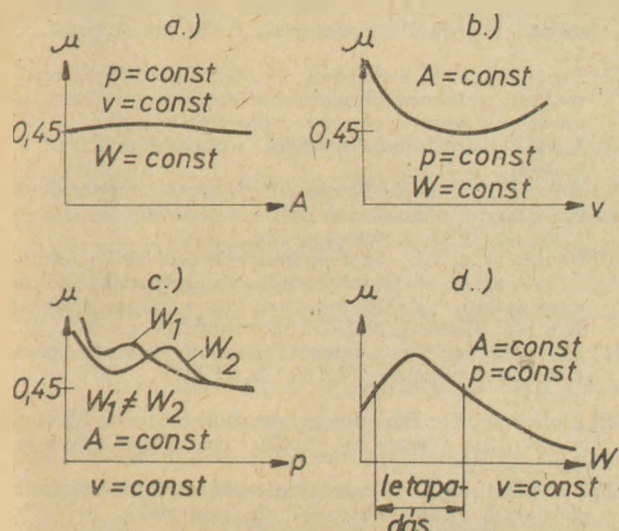
m	A _a cm ²	G _g N	W %	v m/s	F _n N	F _s (osztás)			F _s N	μ
						I.	II.	III.		
1.					24,5	87	84	89	18,315	0,7476
2.					44,5	155	158	162	33,750	0,7584
3.					64,5	230	227	230	49,783	0,7718
4.					84,5	300	280	290	63,043	0,7461
5.					104,5	355	349	352	76,522	0,7323
6.					124,5	420	415	415	90,580	0,7275
7.	31,769	4,5	15	0,12	144,5	490	480	485	105,435	0,7279
8.					164,5	545	540	550	118,478	0,7202
9.					185,5	610	590	590	129,710	0,6992
10.					205,5	635	630	628	137,174	0,6675
11.					225,5	685	688	680	148,768	0,6579
12.					250,5	780	775	760	166,576	0,6650
13.					270,5	825	819	820	178,551	0,6601
14.					290,5	870	879	881	190,580	0,6560

A táblázat fejrészének jelölései:

m: a mérések száma; A_a: az agyagmassza felülete cm²; v: haladási sebesség m/s; G_g: a sablon súlya N; W: a relatív nedvességtartalom %; F_n: az összes terhelőerő N; F_s: (a mért) és a valóságos súrlódóerő (osztás) N; μ : a súrlódási tényező.



1. ábra. A készülék elvi vázlata



2. ábra. A sűrűdési együttható jellegének alkalmazása a felület nagyság (A), a sebesség (v), a nyomás (p) és a nedvességtartalom (W) függvényében

függés próbatetek geometriai kiképzéséből következett; ugyanis azonos vonalnyomáson azonos nedvességtartalom, s mozgatási sebesség mellett μ független a sűrűdési felület nagyságától.

A sűrűdési együttható alakulását a 2.b. ábra a mozgatási sebesség, a 2.c. ábra a nyomófeszültség, a 2.d. ábra pedig a nedvességtartalom függvényében szemlélteti.

4.2.2. Agyagásványok dinamikus viszkozitása

Az agyagásványok dinamikus viszkozitását számos tényező befolyásolja. Így a dinamikus viszkozitás (η) értéke alapvetően függ az agyagásványok hőmérsékletétől, nedvességtartalmától és megmunkálási (vagy vizsgálati) sebesség gradienstől.

Mivel adott üzemi feltételek mellett (a hőmérséklet és a nedvességtartalom állandó) a dinamikus viszkozitás csupán a feldolgozás során kialakuló sebesség gradiensek nagyságától függ (3. ábra), az agyagásványok viszkozitását leggyakrabban HAAKE rotoviszkozóval kimérni.

A kísérleti adatok kiértékelésekor a hengerrésbe behúzott agyagmassza aprításakor kialakuló dinamikus viszkozitás nagyságára az

$$\eta_g = a^n \cdot \eta_m \quad [\text{Ns/m}^2] \quad (12)$$

összefüggés adódik, ahol:

- a — együttható, mályi agyagra $a = 0,5 \dots 0,6$;
- n — hatványkitevő;
- η_m — a dinamikus viszkozitás laborberendezésen mért értéke, Ns/m^2 .

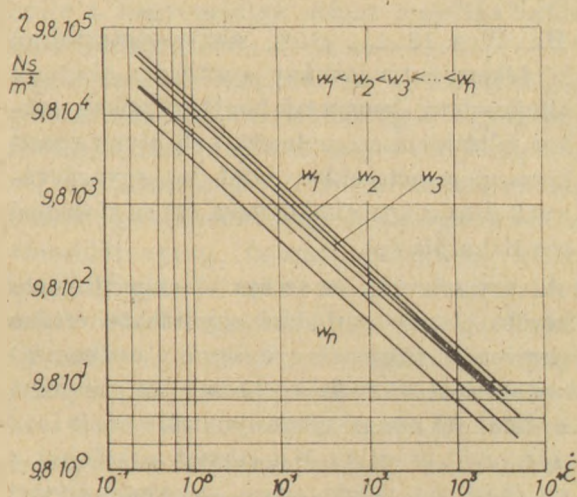
Az „n” hatványkitevő a

$$n = \frac{\lg \frac{\dot{\epsilon}_g}{\dot{\epsilon}_m}}{\lg 2} \quad (13)$$

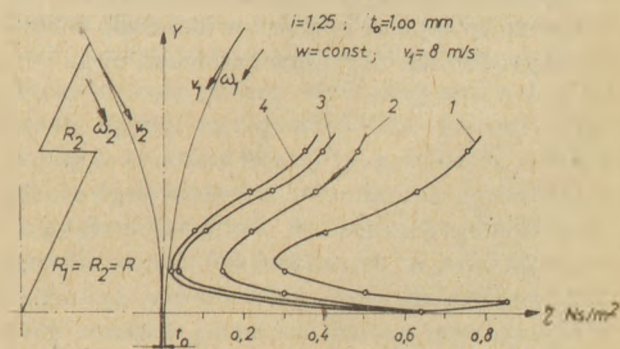
kifejezés szerint számítható, ahol:

- $\dot{\epsilon}_g$ — a megmunkáló gépbe (hengerrésbe) behúzott agyagmasszában kialakuló sebességgradiens értéke, $1/\text{s}$;
- $\dot{\epsilon}_m$ — az agyagmassza sebességgradiense a mérőműszer mérőfejében, $1/\text{s}$.

A hengerrésbe behúzott agyagmassza dinamikus viszkozitásának alakulását a résben elfoglalt geometriai helyzet függvényében szemlélteti a 4. ábra.



3. ábra.



4. ábra.

A 4. ábrán az „y” tengely és a lassúhenger felülete között található agyagmassza átlagos dinamikus viszkozitását az 1-gyel; az „y” tengely és a gyorshenger felülete közötti agyagmassza átlagos dinamikus viszkozitását 2-vel jelöltük. Ugyanezen az ábrán 3 a lassúhenger felületénél, 4 pedig a gyorshenger felületénél található agyagmassza dinamikus viszkozitásának alakulását szemlélteti a résen belüli geometriai helyzet függvényében.

5. Összegzés

A fentieket összefoglalva a következők állapíthatók meg:

- Ma már rendelkezésünkre állnak olyan matematikai összefüggések, amelyekkel számolva meghatározhatók a simahengerek dinamikus igénybevétele úgy kemény kőzetek, mint viszkozus anyagok aprításakor.
- Ezek a módszerek egyaránt figyelembe veszik az aprítandó anyagok fiziko-mechanikai tulajdonságait (σ_B ; σ_t ; η ; μ), és a vizsgált hengerművek konstrukciós paramétereit (L ; R ; t_0 ; v_1).
- Ha $W \cong 12 \dots 15\%$ nedvességtartalmú képlékeny agyagásvány aprítására akarunk kifejleszteni hengermű-konstrukciókat, akkor feltétlenül számolnunk kell olyan specifikus paraméterekkel mint az agyagásványok dinamikus viszkozitása (η) és súrlódási együtthatója (μ).
- Az agyagásvány és az aprítóhenger felülete között ébredő súrlódási együttható értéke alapvetően függ az agyagásvány nedvességtartalmától, az aprítás sebességétől, valamint a kialakuló nyomásviszonyoktól.
- A dinamikus viszkozitás értékét adott üzemi feltételek esetén (állandó üzemi-hőmérséklet-nél és nedvességtartalomnál) elsősorban az agyagásványban aprításkor kialakuló sebeséggradiensek nagysága határozza meg.

IRODALOM

- [1] Péter Gyula: Kerámiaipari Gépek. Budapest, 1974. p. 46 – 47.
- [2] Levenszon, L. B.: Droblenie i grohocsenie poleznüh iszkopaemüh, Moszkva, O. N. T. I. 1940
- [3] Szilenok, Sz. G.; Grizak, Ju. Sz.; Lüszenko, V. D.; Nefedov, D. E.: Mehaniceszkoe oborudovanie dlja proizvodstva vjazsuesih sztroitel'nüh materialov, Moszkva, 1969.
- [4] Martinov, V. D.; Szergeev, V. P.: Sztroitel'nüe masinü; Moszkva, 1970. p. 53 ... 56.
- [5] Szapozsnyikov, M. J. – Bulavin, J. A.: Szilikátipari gépek és berendezések I. Budapest, Építésügyi Kiadó, 1953.
- [6] Szapozsnyikov, M. J.: Mehaniceszkoe oborudovanie predpriyatij sztroitel'nüh materialov, izdelij i konsztrukcij; Moszkva, 1971. p. 55 ... 67.
- [7] Zolotartszkij, A. Z.: Obrabotka glinjanoj masszü v val'cah; Sztroitel'nüe materialü, 1969. No. 3. p. 26 ... 28.
- [8] Turenko, A. V. i Szilenok, Sz. G.: Opredelenie optimal'nüh rezsimov glinoobratüvavjuscsesego oborudovanija na osznove szvojsztv plaszticsün glin; Iz. d. MISZI, Sztroitel'nüe masinü i obroduvanie, 1978. p. 156 ... 172.
- [9] Gömze, A. László: Kerámiaipari sima hengerművek hatékonyságnövelésének matematikai alapjai I. Építőanyag, 1980. 4. szám, p. 134 ... 140.
- [10] Gömze, A. László: Az üveg hengerlésnek néhány elméleti kérdése a feldolgozandó üvegolvadék fiziko-mechanikai tulajdonságainak figyelembevételével; Kézirat, Miskolc, NME. 1980. március. p. 29 ... 43.
- [11] Keller, Tibor: Kerámiaipari finomhengerművek kapacitásának növelése; DIPLOMATERV, NME. Szi. 1979/6.
- [12] Hallmann, E.: Berechnung der Schnecke von Strangpressen für plastische Stoffe; Die Ziegelindustrie, 1962, p. 425 ... 431.
- [13] Turenko, A. V.: O pererabatuvaemoszti plaszticsün glinjanüh paszt; Sztroitel'nüe materialü, 1974/10. p. 32 ... 33.
- [14] Gömze, A. László: A képlékeny agyag aprításának matematikai elemzése; Építőanyag, 1974/9. p. 348 ... 354.
- [15] Gömze, A. László: Kerámiaipari törőhengerművek törés elleni védelme; GTE kiadvány, Miskolc, 1978. p. 165 ... 170.
- [16] Gömze, A. László: Az anyagfeladás egyenetlenségének hatása kerámiaipari simahengerművek dinamikai igénybevételére; GTE Kiadvány, Miskolc, 1979. p. 454 ... 458.
- [17] Gömze, A. László: Kerámiaipari sima hengerművek vizsgálatának néhány újabb eredménye; GTE kiadvány, Miskolc, 1980.

Гёмзе, А. Л.: Некоторые специфичные проблемы определения размеров гладких валцов, не используемых для измельчения глиняных минералов

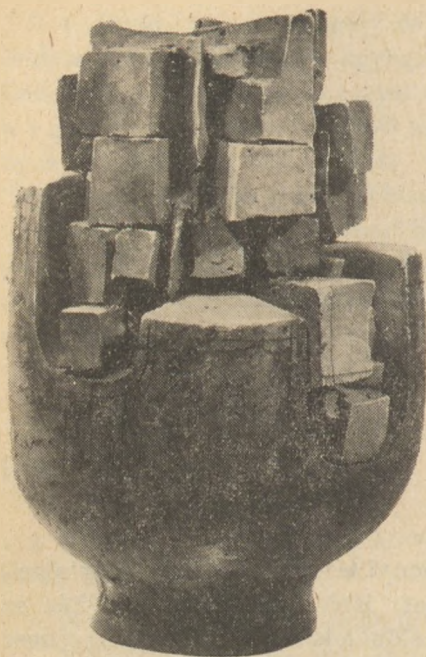
Gömze, A. László: Einige spezifische Probleme der Dimensionierung, zur Zerkleinerung von Tonmineralien angewandter Feinwalzwerke

Gömze, A. László: Some Problems of Dimensioning the Smooth Rolls Used for Crushing Clay Minerals

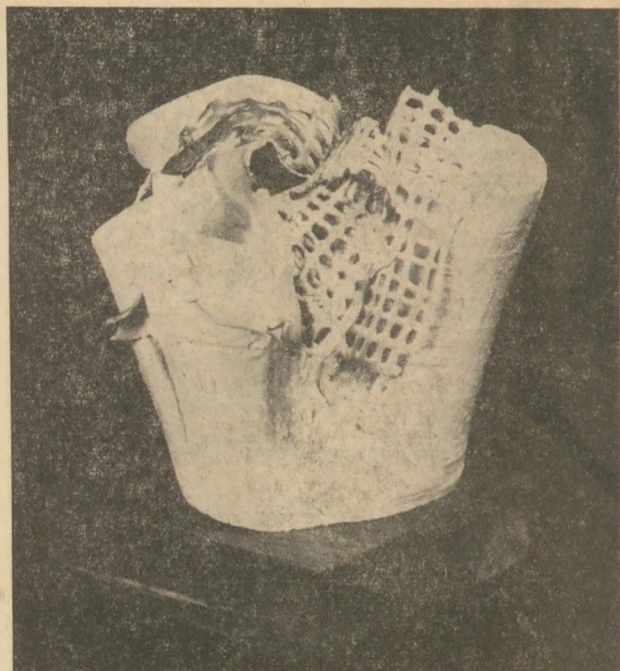
A VI. kerámia biennálé

A 72 keramikus legújabb munkáit bemutató pécsi kiállítás az elmúlt években kialakult gyakorlatától eltérően, csakis a kézműves-jellegű alkotásoknak, műveknek adott helyet ez alkalommal. — A Biennálék gyakran visszatérő problémája, a gyári tervezés és a műtermi munka alapvető és meghatározó különbözősége, — amelyet már az V. Biennálé alkalmával is érintettünk (ÉA 1979. 2.). Az elmúlt évben ez megoldást nyert, amennyiben Kecskeméten megrendezésre került az első Szilikátipari és Formatervezési Triennálé (1979) kifejezetten a címben foglaltak háromévenkénti demonstrálására. A kezdeményezés egyik figyelmet érdemlő bázisa, az ugyancsak ott működő Kerámia Stúdió, amely a *FIM* hatékony támogatásával szolgálja a gyári tervezés korszerűbb útjainak kibontakozását, biztosítja a tervezők részére a kísérletezést, — ami ugyan a gyárakban is lehetséges. — Az új helyzet a pécsi Biennálén azonban nem zárta ki, sőt helyet adott a FIM gyárakban dolgozó keramikusoknak. Az ottani tevékenységük során létrehozott kézműves-jellegű alkotások a kiállításon elismerést szereztek a létrehozójuknak. Elöljáróban is megállapítható, hogy az iparban dolgozó tervezők száma nem kevés. *Művészeti törekvéseik egyáltalán nem másak az új keresésében, korunk jelenségeinek kifejezésében mint azoké, akik szellemi energiájuk teljes egészével saját műtermükben tevékenykednek.* A már említett 72 keramikus közül, szám szerint tizenöten dolgoznak a gyárakban. Ez a szám, nemcsak mennyiségi arányában igen öröndetes, hanem abban is, hogy mind a korábbi, mind a jelenlegi Biennálén számosan részesültek díjazásban és különböző elismerésben. Talán még megemlíthető, hogy ilyen irányú munkásságuk értékét az is fokozza, hogy végsősoron gyári tervezői feladataik mellett is képesek magasszintű alkotások létrehozására.

A pécsi Széchenyi téri Pécsi Galéria helyiségeiben megrendezett igen színvonalas kiállítás ez alkalommal az előbbieken túl azért is figyelmet érdemlő, mert a *FIM megfelelő módon, és feltétlen helyesen nyújtott segítsége nyomán a tárlat anyaga, — és itt kizárólag az agyagfélések és szilikástechnológiai, technikai eredményekre vonatkoztatjuk megállapításunkat, — a korábbiaktól eltérően igen gazdag.* A jó egy évtizeddel korábbi Biennáléken szereplő tárgyak általában: fazekasagyagból, samottból, elvétele porcelánból készültek, s többnyire a hagyományos színes majolika mázakat alkalmazták azokon. — A mostani kép, — a művészettörténész szemével is, — feltétlen gazdagabb és sokoldalúbb. Néhány újabb agyag (agyagfélések) érdemel említést, nem is a teljesség igényével és szakszerűségével, csupán kiragadva: mázas samott, gres, samottosagyag, samott és porcelán, városlódi agyag, fajansz, pirogránit, köedény, kőagyag, samott, raku, stb. Az alkalmazott mázak és festési megoldások hasonlóan gazdagodtak. Öröndetes, hogy éppen abban az irányban, amely a hazai gyári kerámiaművészetnek nemzetközi elismerést biztosított, éppen Pécsről eredően a redukciós égetéssel létrehozott fénoxidos, ha tetszik lüszteres vagy eozin kerámiákkal. Ez az újabb törekvés ma már nem szórványosan, hanem tömegesen fordul elő a keramikusoknál, amikor a felület vizuális megjelenítését alakítják. Természetesen ezeken kívül még számtalan változat, egyéni agyagösszeállítás, keverés, festőanyag és technika bizonyítja a fejlődést, a sokféle lehetőséget, amivel a keramikusok egyre többen, és gyakrabban élnek. A kísérletek igénylik a magasabb szintű felkészültséget, a szilikátipari és technikai ismeretekben való jártasságot. Mind ezek nemcsak biztatóak, hanem már olyan eredményeket is mutatnak, amelyek a korábbiakhoz



1. ábra. Szekeres Károly: *Plasztika II.* 1979. m = 24 cm



3. ábra. Sz. Vásárhelyi Emese: *Plasztika I.* 1979. m = 27 × 17 cm

mérten feltétlen magasabb szintűek és szélesebb területeket, számos kerámiai műfajt ölelnek fel és eredményeznek újabbakat.

A FIM hatáskörébe tartozó gyárak művészei közül ez alkalommal Orosz Mária (FIM Alföldi Porcelángyár) porcelánjait jutalmazta a zsüri a Siklói Szípozion különdíjával. A porcelán kompozíciói: Bekötött oszlop, Oszlop hálóban, Cso-

mag kötözve, Kötözött kocka, valamennyi egy nagyobb tömeget alapnak vevő formáció, amely-nél a háló, a kötözés mint egy a mozgás, roszakadás, leomlás folyamatát meggátló, erősítő, de ugyanakkor átfogó, szerepe a veszély helyzetének pillanatát megörökítő, állandósító gondolat-cselekvés kifejezői. — Szekeres Károly (FIM Városlódi Majolikagyár) műveivel a Biennálékön már több alkalommal részesült elismerésben. Most egy nagyobb beruházási megbízást kapott a pécsi MÁV pályaudvar egyik új épületéhez. *Plasztika I–II.* samott, koks, raku kőagyag kompozíciói (1. ábra) híven kifejezik a sokféle és nem mindennapi használati agyagok szilárdságát, az építés lehetőségét, belső tömörséget olyan formán, hogy azok érzékelhető plasztikai mivoltukban, az anyag valóságát állítják elénk művészi kompozícióban megjelenítve. A két elismerésen túl, feltétlen ide kívánczik Török János (FIM Zsolnay Porcelángyár) *Bezárva* c. nagyszerű grafitmázás plasztikája (2. ábra) és Sz. Vásárhelyi Emese (FIM Herendi Porcelángyár) porcelánplasztika sorozata (3. ábra), amellyel bizonyított és beváltotta a hozzáfűzött reményeket, hiszen az V. Kerámia Biennálén bemutatott tárgyait, amikor elismerőleg értékeltük, a további önállóbb fejlődés eredményeinek bemutatását kértük a művésztől. Mostani kompozíciói érettek, és olyan anyagszerűek valóságos megjelenésükben, ami feltétlen elismerést érdemlő. — Ambrus Éva (FIM Hollóházi Porcelángyár) porcelán és porcelán samott plasz-



2. ábra. Török János: *Bezárva*, 1980. m = 47 cm



4. ábra. Horváth László: Fali plakett I. 1980. Ø = 37 cm



6. ábra. P. Benkő Ilona: Vágott kötözött forma sorozat I. 1980. m = 27 cm.

tikai újszerűek. Fürtös György, Gazder Antal, Móker Zsuzsa (FIM Zsolnay Porcelángyár) dísz-tálai, színes mázas kerámiái, térplasztikai ugyan-csak az újabb kifejezési lehetőségek példázói. Horváth László (FIM Herendi Porcelángyár) festett porcelán plakett sorozata (4. ábra), Tuza László (FIM Alföldi Porcelángyár) samott és porcelán tárgyai, olyan újabb és már ismertebb tö-rekvések kifejezői, amelyek feltétlen eredménye-sek lehetnek a jövőben, az elmélyültebb, s ön-állóbb gondolatok, jelenségek kifejezésére, korunk ábrázolására. A sokféle téma és technikai meg-oldás, a különböző agyagok együttes alkalmazá-sa, a korszerűbb kifejezés érdekében feltétlen alaposabb kísérletezést igényelnek. Az előbbie-kben a gyárak tervezőit, illetve munkásságuk eredményeit mutattuk be. A gazdag kiállítási anyagból feltétlen ide kívánczik néhány figyel-met érdemlő alkotás azok közül a művészek

munkái közül, akik saját műtermükben alkotnak, illetve a Főiskolán mint pedagógus neveli a kö-vetkező nemzedékeket.

Feltétlen elsők között érdemel említést Eöry Miklós (Iparművészeti Főiskola) Háztartási e-dénycsalád kávézáshoz, 21 darabos sorozata, má-zas városlódi agyagból (5. ábra). A korszerű, bár újnak nem tekinthető edényformák bizonyára jól használhatók. Azt példázzák, hogy a kézmű-ves-jellegű asztali edények művészi színvonalú megoldása nem kisebb feladat, mint a plasztikák és más kompozíciók létrehozása. A Biennálé egyik első díját, méltán megérdemelten P. Benkő Ilona (Budapest), Vágott, kötözött forma sorozata kapta (6. ábra). A hét darab gömbszerű tömeg, anyaga samottos agyag, amelynek belső és külső felületeinek színét, a művész kemencén kívüli redukciós eljárással hozta létre. A felület nem mázas, azon a lüszteres fémesillogás, matt patinás hatása a mély barnás vörös, zöldbe változó tónu-saival a kihűlő magmát idézi. Az emberi kéz nyo-mát jelző vágások nyomán láthatóvá váló anyag, a keresés, a kutatás, a belső valóság megismerésé-nek jelzői. — Ősi kerámiaművészet emlékéből merített Csekovszky Árpád (Iparművészeti Fő-iskola), amikor Festett idól c. (7. ábra) samott alakját mintázta. Az emberi test központi töme-gének plasztikus megjelenítése örök téma a mű-vészetben, s a torzó-jellegű test festett megoldá-sával, talán korunk idollja. A formákat kiemelő, máshol visszafogó áttetsző barnás fehér színezés megsokszorozza a figura látványának értékét. A kerámia újabb lehetőségeinek sorát mutatta

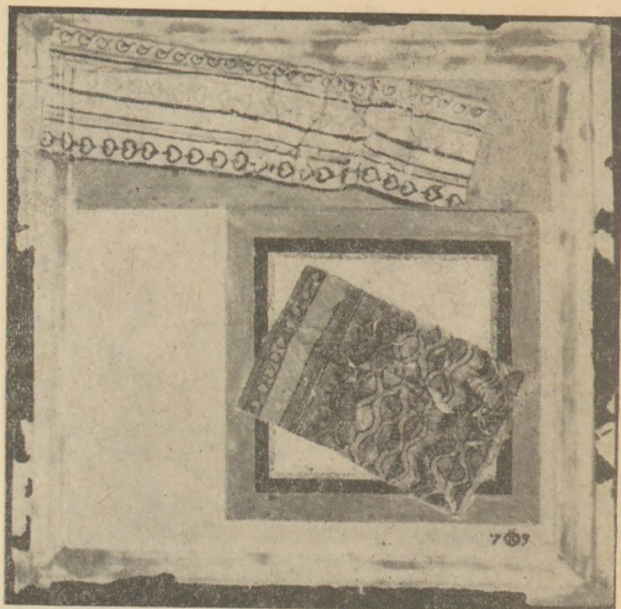


5. ábra. Eöry Miklós: Háztartási edénycsalád kávézáshoz 1979.



7. ábra. Csékovszky Árpád: Festett idol, 1980. m = 85 cm

be öntött mázas fajanszaival Orbán Katalin (Budapest). Egy gondolat két helyzetben a. plasztikus kompozíciója (8. ábra), keretbe foglalt festett dombormű, bár egyetlen anyagból, — fajanszból — alakított. A festett textil darabokat idéző gyűrt felületek, a sík háttér, valóban grafika hatású festett részeinek együttesével talán a legeredetibb alkotásként üdvözölhető a Biennálén. Újszerűsége feltétlen elismerést érdemlő és a kerámia (fajansz) alkalmazásnak egyik lehe-



8. ábra. Orbán Katalin: Egy gondolat két helyzetben, 1979. m = 26,5 × 26,5 cm

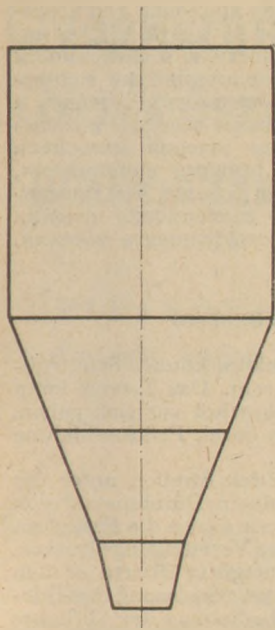
tősége a művészi mondanivaló kifejezésének sikeres eredménye.

A néhány művész, és alkotásaik csupán kiragadott példák arra, hogy jelen korunkban a különféle agyagok számtalan változata; — tömegben, formában, színben, funkcióban, s a mindennapi használati edényben, — lehet korunk, s társadalmunk kifejezője, keramikusok alkotásaiban megfogalmazva. A VI. Biennálé eredményeinek sommás összefoglalása; a sokféle agyag és technika használatának általánossá válása, valamint az a célirányosság, amely a képzőművészet irányában való haladásban, számos színvonalas alkotásban jut kifejezésre ez alkalommal.

Molnár László

ELTE

Művészettörténeti Tanszék



31. ábra. „Hiperbolikus” bunker kúpos övekből

kiválasztható Θ legnagyobb még elfogadható értéke és a hozzátartozó ff nagysága konikus és sík folyásra. $H(\Theta)$ leolvasható a 28. ábráról és végül a B méret kiszámítható a (22) képlet szerint. Mint már szó volt róla, az ff diagramon a hurok belsejében kell maradni, sík folyásnál a szakadózott vonaltól balra.

Konikus csatornára $ff = 1,28$, alig tér el az előzetesen becsült 1,3-tól, így további közelítés szükségtelen.

Sík folyásra $ff = 1,2$ -re a számítást ismételve, az új Mohr kör metszéke új δ és Φ' -t ad ki, ezzel az eredmény a táblázatos összefoglalás II. sorában található. L mint $3B$ véglegesíthető.

b) A folyás megindításához vibrátort alkalmazunk. $V_1 = 2,25 \text{ lb} = 10 \text{ N}$ kisebb tömörítést választva $F = 1,25 \text{ lb} = 5,6 \text{ N}$ és $V_1' = 1,5 F = 1,9 \text{ lb} = 8,4 \text{ N}$. (30. ábrához hasonlóan)

Az a) és b) esetre vonatkozó számítási eredmények az I. táblázatban vannak összefoglalva.

I. táblázat

Bunkerméretezés számítási menete

	δ°	Φ'°	V_1 (N)	Θ°	ff	$H(\Theta)$	$B(m)$
Gravitációs kifolyás							
konikus bunker	50	24	16,2	17	1,28	2,27	0,66
sík folyású I.	50	24	16,2	28	1,20		
sík folyású II.	52	26	14,7	25	1,17	1,13	0,30
Vibrátoros indítás							
konikus bunker	55	28	8,45	12	1,21	2,20	0,33
sík folyású	55	28	8,45	23	1,14	1,12	0,17

A vibrátoros megoldás kisebb kifolyó nyílású meredekebb bunkert kíván. Ez a felfelé hajló WYL vonal és a velejáró növekvő Φ' falsúrlódásnak tulajdonítható, miközben V_1' csökken (1. táblázat). Ha viszont Φ' állandó, a Θ meredekség független a nyomástól és a bunker szélességétől. E példa esetében az optimális bunker Θ értéke felfelé növekvő, meredeksége fokozatosan csökken. Ez a „hiperbolikus” bunker, amit célszerű bővülő kúpos övekből összeállítani. Ügyelni kell a lekerekített átmenetekre, mert éles szöglet beszakadásra hajlamos boltozatot támaszthat (31. ábra).

A bunker felső, függőleges falrészére $\Theta = 0$ és $H(\Theta) = 2$. Ilyenkor várhatólag FF_t ff felett jár. Ezen a függőleges szakasz durvább (pl. beton) falazatával lehet segíteni, Φ' növekszik és ezáltal a (Φ', Θ) metszéspont az ff vonal hurkán belül, annak kisebb értékébe kerül.

A szövegben használt jelölések

A	a nyírócella keresztmetszete (m^2)
B és b	a kifolyónyílás szélessége (m)
D és d	a kifolyónyílás átmérője vagy átlója (m)
$F = Af$	a felületi szilárdság (N)
f	a fajlagos felületi szilárdság (N/m^2)
F_t	a tárolási felületi szilárdság (N/m^2)
FF	a folyási függvény ($= \sigma_1/f$ vagy V_1/F)
ff	a folyási tényező ($= \sigma_1/\sigma_1'$)
g	a nehézségi gyorsulás (m/s^2)
H és h	magassági méret (m)
L	a kifolyónyílás hosszanti mérete (m)
$S = A\tau$	nyíró erő tömörítéskor (N)
$V = A\sigma$	normális erő tömörítéskor (N)
$V_1 = A\sigma_1$	tömörítő főerő (N)
$V_1' = A\sigma_1'$	a boltozatot vagy aknát stabilizáló főerő (N),
YL	folyási hely
EYL	effektív folyási hely
TYL	tárolási folyási hely
WYL	fal folyási hely
δ	effektív súrlódási szög $^\circ$ (EYL hajlása)
Θ	a bunker hajlásszöge a függőlegetől mérve
φ	a Coulomb egyenes hajlása (a belső súrlódási szöge) $^\circ$
Φ	kinematikus belső súrlódási szöge $^\circ$ (YL hajlása)
Φ'	falsúrlódási szöge $^\circ$ (WYL hajlása)
Φ_1	statikus belső súrlódási szöge $^\circ$ (TYL hajlása)
ρ	halmazsűrűség (kg/m^3)
σ	normálfeszültség (N/m^2)
σ_1	nagyobb főfeszültség (N/m^2)
σ_2	kisebbs főfeszültség (N/m^2)
σ_1'	boltozatot vagy aknát stabilizáló főfeszültség (N/m^2)
τ	nyírófeszültség (N/m^2)

IRODALOM

- [1] Schwedes, J.: Fließverhalten von Schüttgütern in Bunkern. Verlag Chemie, 1968. p. 1–331
- [2] Jenike, A. W.: Storage and flow of solids. Bulletin No. 123 of the Utah Engineering Experiment Station 1964. (rev. 1970). p. 1–198
- [3] Kézdi, A.: Z. Verein Deutscher Ingenieure 108 (1966). 161–166

- [4] *Mester, L.*: Kohézió nélküli szemcsés anyagok fizikai-mechanikai alaptörvényei. *Járművek, Mezőgazdasági Gépek* 24 (1977) 109–114
- [5] *Mester, L.*: Feszültségek a kohéziós szemcsés anyagokban. *Járművek, Mezőgazdasági Gépek* 25 (1978) 56–60
- [6] *Keneman, F. S.*: O szvobodnom isztecsenij szünucsih tel. *Izv. Akad. Nauk SzSzSzR* 1960 Otd. Techn. Nauk, Mehan i Masinosztr. 2 70–77
- [7] *Kvapil, R.*: Probleme des Gravitationsflusses von Schüttgütern. *Aufbereitungs-Technik* 5 (1964) 139–144 és 183–189
- [8] *Jenike, A. W. – Johanson, J. R.*: Fliessgerechte Siloformen für Schüttgüter. *Aufbereitungs-Technik* 12 (1971) 309–317
- [9] *Johanson, J. R. – Kleystuber, W. K.*: Flow corrective in bins. *Chemical Engineering Progress*, Vol. 62 No. 11 (1966) 79–83
- [10] *Kvapil, R. – Tanaka, T.*: Bunker und Silos mit Schild. *Aufbereitungs-Technik* 6 (1965) 45–49

Beke Béla: Anyagmozgás bunkerekben

Bunkerban való tárolás szempontjából a szemcsés anyagok lehetnek kohéziómentesek és kohézívek. Az ürülés lehet magfolyású vagy tömegfolyású. A folyás elakadása boltozódásban vagy aknaképződésben nyilvánulhat.

Jenike alapvető tanulmányaiiban a 95 mm ($3\frac{3}{4}$ ") átmérőjű nyírócellát alkalmazta és ezzel a felületi szilárdságot a tömörítő nyomás függvényében határozta meg. A szemcsés anyag jellemzésére a folyási függvény, a bunker jellemzésére a folyási tényező fogalmát vezette be. A folyás feltétele, hogy a boltozatot támasztó főfeszültség legyen nagyobb a felületi szilárdságnál, diagramban a folyási függvény vonala a folyási tényező vonala alatt járjon.

Беке, Б.: Движение материала в бункере

С точки зрения поведения материала при его хранении в бункере можно различить: лишенные когезии и когезионные материалы. Течение материала из бункера может быть ячеиным или же массовым течением. Препятствия процессу течения материала из бункеров могут выражаться в зависиях и образованиях застоев.

В принципиальных работах Енике применил для исследования ячейку среза размером 95 мм ($3\frac{3}{4}$ "), с помощью которой измерил поверхностную в зависимости от давления уплотнения. Для характеристики зернистого материала применялась зависимость течения, а для характеристики бункера было введено понятие коэффициента течения. Условием течения материала в бункере является то, чтобы главные напряжения, поддерживающие зависания были больше, чем поверхность, а на диаграмме линия зависимости течения должна располагаться линией коэффициента течения.

Beke Béla: Schüttgutbewegung in Bunkern

Hinsichtlich der Lagerung in Bunkern können Schüttgüter kohäsionslos oder kohärent sein. Das Leeren kann durch Kornfluß oder durch Massenfluß vor sich gehen. Ein Stocken des Abflusses kann durch Brückenbildung oder Schachtbildung vorkommen.

Jenike führte seine grundlegenden Studien unter der Anwendung der Scherzelle mit einem Durchmesser von 95 mm ($3\frac{3}{4}$ ") durch und bestimmte damit die Festigkeit der Oberfläche in Abhängigkeit des Verfestigungsdruckes. Zur Charakterisierung der Schüttgüter führte er den Begriff der Fließneigung, zur Charakterisierung der Bunker den des Fließfaktors ein. Vorbedingung des Abflusses ist, daß die, die Brückenbildung unterstützende Hauptspannung größer sein soll, als die Festigkeit der Oberfläche, daß im Diagramm die Linie der Fließneigung unter der des Fließfaktors liegt.

Beke, Béla: Flow of Solids in Bins

Considering the storing in bins solid materials may be cohesion-free or cohesive. The emptying may take place as core flow or mass flow. The stopping of the flow may cause doming or piping. In his basic studies Jenike applied the 95 mm ($3\frac{3}{4}$ ") diameter shear cell thus determining the unconfined yield pressure as a function of the consolidating pressure. In order to characterize the granular material and the bin he introduced the ideas of flow function and flow factor, resp. The condition of the flow is that the major pressure be bigger than the unconfined yield pressure, and when plotting the line of the flow function be under that of the flow factor.

Üvegkerámiai anyagok elektrokorund-köszörűszerszámok kötőanyagaként való alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata*

POPIVANOVANADJA

Fémkerámiai Intézet, Szófia

Bevezetés

A köszörűszerszámok egy olyan heterogén rendszert alkotnak, amely elektrokorund-kristály-fázisból, üvegfázisú kötőanyagból és pórusokból áll. Mivel a kötőanyag fajtája az abrazív termékek szilárdsági mutatóit határozza meg, ezért e területen elsődleges cél a nagy mechanikai szilárdságú kötőanyagok előállítása. Ez vagy a szükséges minőséget biztosító oxidoknak a kötőanyagba való bevitelével, vagy a kötőhidaknak finoman diszpergált, szitallhoz hasonló struktúrájával lehet elérni.

Az itt ismertetett vizsgálat tárgya az üvegkerámiai anyagoknak abrazív szerszámok kötőanyagaként való alkalmazhatósága.

Elméleti alapok

A publikációk sora (Toropov, Kalinyin, Pavlushkin) foglalkozik a hőkezelésnek a $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$; $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$; $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2\text{-ZnO}$ rendszerű üvegek tulajdonságaira és struktúrájára gyakorolt befolyásával. Megállapították, hogy a rendszer kristály-fázisai a vegyi összetétel és a hőkezelés függvényében különbözők lehetnek. A keletkezett üvegkerámiai anyagok fázis-összetétele és struktúrája meghatározza további mechanikai tulajdonságait. A TiO_2 -tartalom változása nem okoz lényeges változást a fázis-összetételben. Chodakovszkaja szerint a hőkezelés módja lényegesen befolyásolja az alapvető kristályfázisok keletkezési módját.

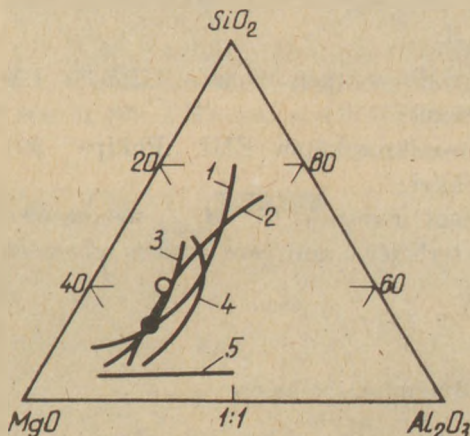
Kísérleti rész

A $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ és a $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2\text{-ZnO}$ rendszerekben a kordierit és a spinellek primer kristályosodási mezejébe eső üvegeket szintetizáltunk. Az oxidos összetételt az 1. táblázat mutatja, az összetételeknek a $\text{Mg-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ rendszerre redukált kölcsönös elhelyezkedését az 1. ábra.

1. táblázat

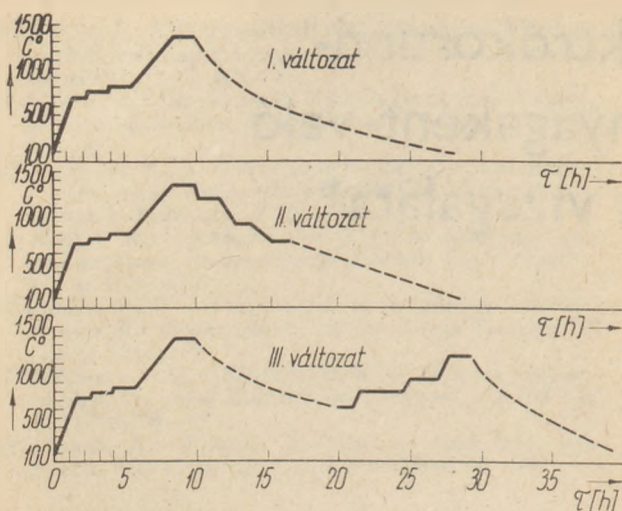
A kötőanyagok összetétele a $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ rendszerben

Sorsz.	Kötőanyag fajtája	Oxid-tartalom (tömeg-%)					
		MgO	Al_2O_3	SiO_2	TiO_2	ZnO	B_2O_3
1-1	üveg	20,00	16,00	45,00	8,00	—	11,00
1-2	üveg	19,60	15,60	44,10	10,00	—	10,70
1-3	üveg	18,40	14,60	42,00	15,00	—	10,00
1-4	üveg	17,00	14,00	40,00	20,00	—	9,00
2-1	üveg	16,00	15,00	48,00	4,00	10,00	7,00
2-2	üveg	15,30	14,40	46,10	8,00	9,50	6,70
2-3	üveg	14,00	13,00	43,00	15,00	9,00	6,00
2-4	üveg	13,00	12,00	41,00	20,00	8,50	5,50
1-A	üveg + kaolin	17,00	16,50	44,00	14,50	—	9,00
2-A	üveg + kaolin	13,00	15,00	45,00	13,00	8,00	6,00



1. ábra. A szitall-képződés határai (4) szerint 1, 2 és 3 vonalak: metastabil fázisok határai 900 °C-on (15% TiO_2). 4. és 5. vonalak: vizsgált összetételek: 1-1 = ○
2-1 = ●

* „INTERGRIND'79" Konferencia anyagából



2. ábra. A hőkezelés változatai

A felsorolt összetételekből próbatesteket készítettünk ([KR = rubinkorund 63.] 630 mikron szemcse nagyság) 120 × 20 × 20 mm méretben, s ezeket a tiszta kötőanyagból készített, azonos méretű próbatestekkel együtt 1340 °C hőmérsékleten, 1–3 órás hőtartással hőkezeltük a kristályosodás tanulmányozása céljából. A hőkezelés változatait a 2. ábra szemlélteti. Ezek a hűtés módjában különböznek egymástól:

1. változat — szabad hűtés
2. változat — bizonyos hőmérsékleten kitartással
3. változat — szabad hűtés, másodszori fokozatos felhevítés 1150 °C-ra, majd lehűtés.

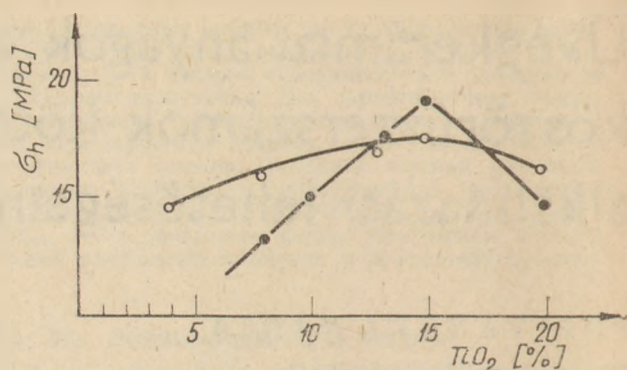
Vizsgálati módszerek

A hőkezelt próbatesteken komplex vizsgálatot végeztünk a kristályosodás termékeinek azonosítása céljából:

- strukturális röntgen-elemzés URS-50 PM készülékkel;
- elektron-mikroszkópia EMI „Philips” 301 készülékkel;
- szilárdsági mutatók, ill. σ_{hajl} meghatározása, a terhelés 6 mm/perc lineáris sebessége mellett.

A kapott eredmények értékelése

A kiindulási üvegek elektron-mikroszkópos elemzése liquációs jellegű mikro-egyenetlenségeket tárt fel, melyek nagyobb (200 000-szeres) nagyí-

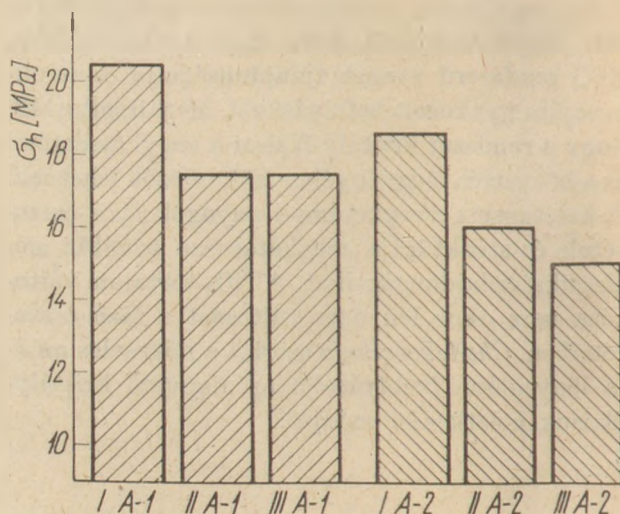


3. ábra. TiO_2 -koncentrációnak a hajlítószilárdságra gyakorolt befolyása

- = 1. sz. összetétel
- = 2. sz. összetétel

tásnál voltak megfigyelhetők. Ez olyan üvegekre jellemző, amelyekben a TiO_2 a kristályosodás iniciátoraként van jelen.

A vizsgált összetételekhez meghatároztuk az iniciátorként bevitt TiO_2 optimális (15 súly-%) mennyiségét; (3. ábra). Meghatároztuk ennek a hajlítószilárdságra gyakorolt befolyását. A két összetétel eltérő σ_{hajl} értéket adott, dacára az optimális TiO_2 -tartalomnak. Ez a jelenség a ZnO-tartalom befolyásának tulajdonítható, mely a második összetételben szerepel. A TiO_2 -tartalom növelésével fokozódik az üvegek kristályosodási készsége, ugyanakkor egy bizonyos koncentráció elérésekor strukturális változás figyelhető meg. A bemutatott összetételeknél a TiO_2 15 súly-%-os hányadéig egyenletes, finom és diszperz kristályosodás figyelhető meg, ezt követően (nagyobb TiO_2 -hányad esetén) durvává válik, és a hajlítószilárdság a keletkező járulékos repedések és feszültségek hatására csökken. Ez valószínűleg a kötőanyagban oldódott Al_2O_3 hatása, a rubin-

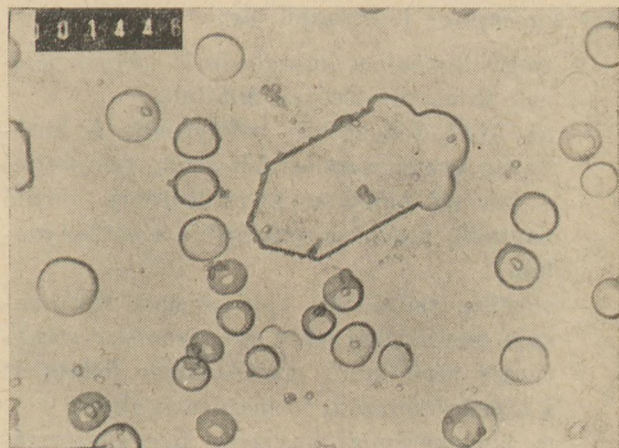
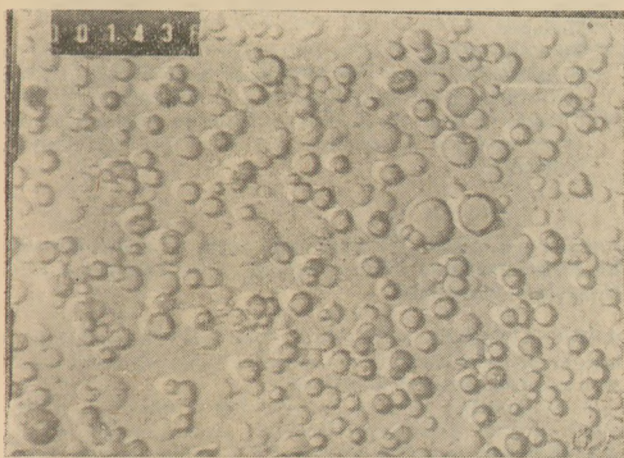


4. ábra. A hőkezelés változatainak a hajlítószilárdságra gyakorolt befolyása

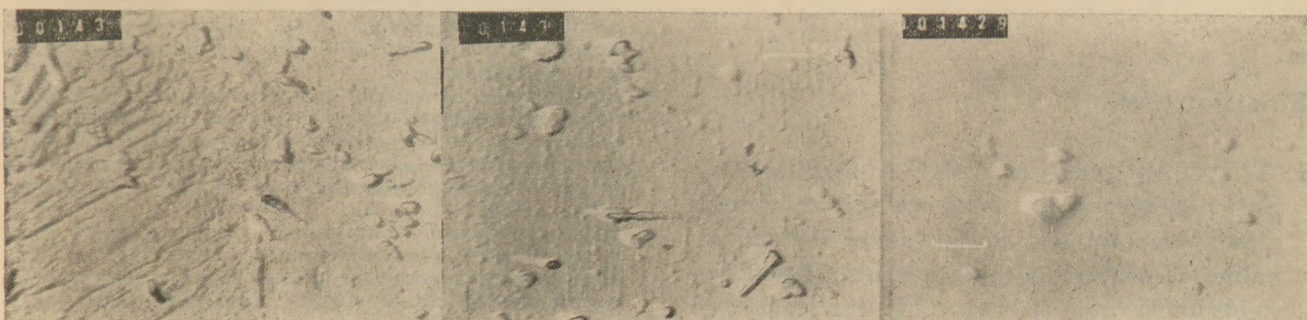
korund és a kötőanyag kölcsönös reakciójából eredően. Itt érthető különbség mutatkozik az általunk kapott eredmények és a Chodakovszka által publikáltak között. A bemutatott hőkezelési változatok közül úgy szilárdsági mint technológiai szempontból az 1. változat mutatkozott a legkedvezőbbnek (4. ábra).

Az elektron-mikroszkópos elemzés során megfigyelt jelenségek bizonyítják a kristályosodás feltételezett mechanizmusát (5. ábra). A hőmérséklet növelésével először egy metastabil liquáció jelenik meg (5-a ábra), majd a liquációs cseppek szekundér szétválása és szilárdulása következik

be (5-b ábra). Ezek megelőzik az első kristályos fázisok megjelenését (5-c ábra), mely utóbbiak metastabilok és biztosítják az alapvető stabil fázisok végleges elrendeződését (5-d ábra). Ez a mechanizmus az üres kötőanyag hőkezelésekor jut élesen kifejezésre; amikor azonban a struktúrát az abrazív rácshoz vizsgáljuk, változik a kép. Jelentkezik a liquáció, ugyanúgy a kristályosodás is a kötőanyag-hídban, de a híd hossza mentén az összetevők gradiense áll elő. Mindez a szemcse-kötőanyag határfelületén jelenik meg a legerősebben (6. ábra). Ez a kötőanyagban oldódott korund befolyásával magyarázható.



5. ábra. Az üvegek elektron-mikroszkópos felvételei: a) 750 °C/2 óra; b) 900 °C/1,5 óra; c) 950 °C/1,0 óra; d) 1100 °C/1,0 óra



6. ábra. A kötőanyag-hidak gradienses kristályosodása

A röntgenográfias vizsgálatok különböző fázisokat mutattak a hőkezelés különböző szakaszaiban és változataiban. Chodakovszkaja (1978) szerint valamennyi összetétel kristályosodásakor, függetlenül az összetétel-diagrammban elfoglalt helyüktől, első titán-tartalmú fázisként a magnézium alumo-titanátjai válnak ki (szilárd oldatok és $n\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2 \cdot m\text{Mg} \cdot \text{TiO}_2$). Az alacsony (50% alatt) SiO_2 -tartalomból kifolyólag ezeket nem lehet azonosítani, eleve az alapfázis jelenik meg. A hőmérséklet növelésével a Mg alu-titanátjai megbomlanak, rutil válik ki. A hőkezelés végső szakaszában azonosított alapvető kristály-fázisok a rutil, a klinoesztatit, a mullit és a forszterit. Üvegek kristályosodásakor a fázis-összetétel az adott rendszerekben nem csak a TiO_2 tartalomtól függ, hanem a $\text{MgO} : \text{Al}_2\text{O}_3$ viszonytól is.

A hajlító szilárdságra a TiO_2 -tartalom és a hőkezelés módjának függvényében kapott eredmények (3. és 4. ábrák) az üvegkerámiai anyagoknak abrazív szerszámok kötőanyagaként való alkalmazhatóságát bizonyítják. Megállapítást nyert, hogy kaolinnak az alapösszetételhez való hozzáadása növeli a szilárdságot, mivel ezáltal primér kristály-fázist viszünk be és a hőkezelés során „mullitizálás” áll elő.

Az üvegkerámiai anyagok előállítás és abrazív szerszámok kötőanyagaként való alkalmazása egy sor sajátos jelenséggel jár:

- megváltoznak a kristály-fázis megjelenésének és növekedésének feltételei;
- az Al_2O_3 fokozottan befolyásolja a kötőanyag kristályosodási készségét, tekintettel a korund oldódása következtében előálló nagyobb Al_2O_3 -koncentrációra a kötőanyagban;
- előzőleg szitallizált kötőanyagok alkalmazása esetén nem lehet megteremteni struktúrája sértetlenül maradásának feltételeit a köszörűszerszám formázása közben;
- az üvegkerámiai anyagok köszörűszerszámok kötőanyagaként alkalmazva változtatják fázis-összetételüket.

Következtetések

1. A $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ és a $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2\text{-ZnO}$ rendszerekben üvegeket szintetizáltunk abrazív szerszámok kötőanyagául történő alkalmazás céljaira. Meghatároztuk a kristályosodás iniciátoraként bevitt TiO_2 -tartalom optimumát.

2. Elektron-mikroszkópikus és röntgenográfias elemzéssel bemutattuk a kötőanyag kristályosodásának lehetséges mechanizmusát az abrazív vázban.
3. Meghatároztuk a bemutatott összetételek szilárdsági összefüggéseit és az optimális hőkezelési rezsimet. Igazoltuk az üvegkerámiai anyagoknak abrazív szerszámok kötőanyagaként való alkalmazhatóságát.

IRODALOM

- [1] Kalinyin, M. I. (1971): Sztyekloobraznoe szosztojanyie, 1. p: 164 – 167; „Nauka”, Moszka – Leningrád.
- [2] Pavluskin, N. M. (1971): Ekszperimental’noe issledovanyie mineraloobrazovanyija, p: 150; „Nauka”, Moszkva.
- [3] Toropov, N. A. (1963): Sztrukturnie prevrascenyija v sztyeklach pri poviseniih temperaturach, p: 193 – 201; „Nauka”, Moszkva – Leningrád.
- [4] Chodakovszkaja, R. J. (1978): Chimija titanszoderzsacsh sztyekol i szitallov, p: 159 – 184; „Chimija”, Moszkva.

Popivanova Nadja: Üvegkerámiai anyagok elektrokorund-köszörűszerszámok kötőanyagként való alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata

A $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ rendszerben olyan üvegeket szintetizáltak, amelyeket köszörűszerszámok kötőanyagaként alkalmazva próbatesteket készítettek.

A rendszerhez tartozó összetételek a spinell és a kordierit primér kristályosodásának tartományába esnek. A kristályosodás iniciátoraként TiO_2 -t alkalmaztak. A hőkezelés feltételeit összehangolták a köszörűszerszámgyártás sajátosságaival.

A kötőanyag struktúráis változásait röntgenes struktúraelemzés és elektromikroszkóp segítségével követték. Utóbbi metastabil liquidáció jelenlétét mutatta ki, mely a katalizátor mennyiségének függvényében változóan iniciált egyenletes kristályosodásba ment át.

A következő kristály-fázisokat azonosították: rutil, mullit, alfa-kvarc, klinoesztatit és egyebek.

Vizsgálták a mintadarabok szilárdsági mutatói (σ_b és E), és meghatározták a kötőanyag szerkezete, a szemcséváz és a köszörűszerszám alapvető fizikai-mechanikai tulajdonságai közötti összefüggéseket.

Попиванова, Н.: Исследования возможности использования стеклокерамических материалов как связки для абразивных инструментов из стеклокорунда

В системе $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ синтезированы стекла, которые использованы как связки при изготовлении абразивных образцов. Составы системы находятся соответственно в полях первичной кристаллизации шпинелей и материала кордиерита. В качестве инициатора кристаллизации применялся TiO_2 . Режим термообработки приспособлен к технологическим особенностям абразивного производства.

Структурные изменения связки исследованы посредством рентгеноструктурного анализа и электронным микроскопом. Последние показали наличие метастабильной ликвации, переходящей в равномерную кристаллизацию, различно инициированной в зависимости от количества катализатора.

Идентифицированы следующие кристаллические фазы: рutil, мullит, α -кварц, клиноенстатит и др. Исследованы показатели прочности образцов (σ_{02} и E), и установлена связь между структурой связки, абразивным каркасом и основными свойствами абразивных изделий.

Popiwanowa, Nadja: Untersuchung der Anwendungsmöglichkeiten glaskeramischer Werkstoffe als Bindemittel für Schleifwerkzeuge aus Elektrokorund

In den Systemen $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ wurden Gläser synthetisiert, die später als Bindemittel abrasiver Werkzeuge zur Herstellung von Probekörpern verwendet wurden. Die Zusammensetzung dieses Systems befindet sich im Bereich der primären Kristallisation der Spinellen und des Cordierits. Als Initiant der Kristallisation wurde TiO_2 eingesetzt. Die Bedingungen der Wärmebehandlung waren den technologischen Besonderheiten der Herstellung abrasiver Werkzeuge angepaßt.

Die Strukturänderungen des Bindemittels wurden mittels röntgenographischer Strukturanalyse und Elektronenmikroskopie verfolgt. Letztere hat das Vorhandensein einer metastabilen Liquidation gezeigt, welche in Abhängigkeit der Katalisator-Menge in verschiedentlich initiierte gleichmäßige Kristallisation überging. Es wurden die nachstehenden Kristallphasen identifiziert: Rutil, Mullit, Alpha-Quarz, Klinoenstatit u. a.

Nach Prüfung der Festigkeitswerte (σ_b und E) wurden die Zusammenhänge zwischen der Struktur des Bindemittels, des Korngerüsts und den grundlegenden physikalisch-mechanischen Eigenschaften des Schleifwerkzeuges bestimmt.

Popivanova, Nadja: Investigation of the Possibility for Using Glass-Ceramic Materials as Binders for Electrocorundum Abrasive Tools

In the systems $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ glasses were synthesized to be used as binders in abrasive specimens making. The compositions from the system were in the fields of the primary crystallization of the spinels and cordierite minerals. TiO_2 was used as initiator of the crystallization. The conditions of the heat treatment were in accordance with the technological features of abrasive production. The structural changes in the binder were investigated by X-ray analysis and electron microscopy. They indicate the presence of metastable liquation which passes in equal crystallization initiated differently depending on catalyst amount. The following crystal phases were identified: rutile, mullite, α -quartz, clinoenstatite and others. The strength characteristics (σ_b and E) and the relationships existing between the binder structure, abrasive skull and the principal physico-mechanical properties of the abrasive articles were determined.

Agyagásványok aprítására használt simahengerek méretezésének néhány specifikus problémája

GÖMZE A. LÁSZLÓ

Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc

1. Bevezetés

Bár a simahengerek látszólag nagyon egyszerű gépi-berendezések, a képlékeny agyagásványok aprításakor fellépő dinamikus igénybevételüket mégis csak napjainkban sikerült matematikai módszerekkel meghatározni. Ennek köszönhető, hogy Péter Gy. [1] még 1973-ban sem tudta a hengeres törők teljesítményfelvételét pontosabban megadni, mint ahogyan azt Levenszon [2] 1940-ben publikálta. Más szerzők viszont empirikus tapasztalatok alapján — így Szilenok [3] és Martunov [4] is — célszerűbbnek tartják a hengerművek villamos teljesítményfelvételét az aprítási vagy átbocsájtási teljesítmény (m^3/h) függvényében vizsgálni.

A képlékeny agyagásványok aprítására használt hengerművek dinamikai igénybevételét (feszítőerő, teljesítményfelvétel) Szapozsnyikov a mechanika törvényei alapján próbálta meghatározni [5]. Elméletét továbbfejlesztve, a későbbiek során, a deformációs energia-igényből kiindulva, sikerült a teljesítményfelvételre és a feszítőerőre olyan matematikai összefüggéseket adnia, amelyek jól közelítik a valós (mérhető) értékeket [6].

2. Simahengerek méretezése Szapozsnyikov szerint

Szapozsnyikov szerint a hengerművek teljesítményfelvétele a

$$P = P_t + P_s, \quad [W] \quad (1)$$

értékekből tevődik össze, ahol:

P_t — a technológiai teljesítményfelvétel, W;

P_s — a csapsúrlódási veszteségek leküzdéséhez szükséges teljesítményfelvétel, W.

Maga a technológiai teljesítményfelvétel:

$$P_t = P_1 + P_2, \quad [W] \quad (2)$$

ahol:

P_1 — az agyag aprításához szükséges teljesítményfelvétel;

P_2 — az agyag és a hengerpalástok között ébredő súrlódás leküzdéséhez szükséges teljesítményfelvétel.

Az agyagmassza aprításához szükséges teljesítményfelvételre Szapozsnyikov a

$$P_1 = 1,15 \cdot \alpha_r \cdot \sigma_t \omega L R \frac{2\sqrt{T \cdot t_0}}{\frac{\mu}{\text{tg} \frac{\alpha}{2}} - 1} \left[\left(\frac{\sqrt{T \cdot t_0}}{t_0} \right)^{\frac{\mu}{\text{tg} \frac{\alpha}{2}}} - 1 \right] \cos \alpha; \quad (3)$$

összefüggést adja, ahol:

α_r — a behúzási szög radiánban,

σ_t — az agyag folyáshatára [6] szerint $\sigma_t = (3 \dots 5) 10^5 \text{ N/m}^2$;

ω — az aprítóhengerek szögsebessége, 1/s;

L — a hengermű hasznos hossza, m;

R — az aprítóhengerek sugara, m;

t_0 — a hengermű névleges résmérete, m;

T — az agyag feladási „szalagvastagsága”, m;

μ — súrlódási együttható az agyag és a hengerpalást között, ($\mu = 0,4 \dots 0,45$).

Szapozsnyikov szerint az agyag és a hengerpalást között ébredő súrlódás leküzdéséhez szükséges teljesítményfelvétel a

$$P_2 = \mu P_1 \quad (4)$$

A világ szilikátiparából

Újabb cementgyártási eljárásokat kínálnak az USA-ban és az NSZK-ban

A kaliforniai Berkeley-ban az egyetemen két újabb eljárást dolgoztak ki cementgyártásra. Az egyik, „kis energiaszükségletű” módszernél a vasoxid tartalmat 2–3%-ról 5–20%-ra, a szilikáttartalmat 2%-ról 10%-ra emelték, a kalciumkarbonát terhére. Így a mészkezelés 25%-kal kevesebb energiát igényel, mint a hagyományos módszer.

A másik eljárásnál rizspelyvát adnak a keverékhez. Az ebben lévő szilíciumdioxid reagál a szabad kalciumoxiddal.

A düsseldorfi Readymix Cement Engineering GmbH 80 t/nap teljesítményű álló kemencét üzemeltet forgó kemence helyett és állítólag 70% olajmegtakarítást ért el a hagyományos forgókemencével szemben.

(Chemical Engineering, 1980 febr. 11)

Pernyéből alumínium

Az úgynevezett Calsinter eljárás a pernyét gipszszel és mészkezeléssel keverve 1973 K-ra izzítja, a kapott pörköt kénsavval oldva eltávolítja az alumínium 98 %-át és az egyéb fémek 90%-át. A füstgáztisztításból eredő iszapok alkalmasak a mészkezelés gipsz keverék helyettesítésére.

Az Oak Ridge National Laboratory most készíti egy 1 millió t/év teljesítményű üzem előzetes költségbebecslését.

Chemical Engineering, 1980 febr. 11.

Stagnál a nyugati tőkés országok földpát fogyasztása

1979-ben a földpát termelés az iparilag fejlett tőkés és fejlődő országokban az előző évhez képest 3%-kal csökkent.

Néhány tőkés ország földpát termelése: (ezer tonna)

	1978	1979
USA	667	667
NSZK	390	386
Olaszország	251	249
Franciaország	191	191
Norvégia	71	58
Svédország	52	50
Japán	42	41
Összesen	1664	1642

Az USA földpát fogyasztása 1979-ben az 1977–1978-as évek szintjén maradt, 658 ezer tonnát tett ki. A fő felhasználási területek: üvegipar (55%); kerámiaipar (40%). Az ország földpát fogyasztásának évi átlagos növekedési üteme 1985-ig 4% lesz. Az Egyesült Államok nettó földpát exportőr. Exportja 1979-ben 9,1 ezer to volt, szemben az 1977. évi 5,4 ezer tonnával.

Az USA-ban a földpát átlagárak 1977–79 között az alábbiak szerint alakultak (franko bánya):

1977	—	23,4 \$/to
1978	—	24,75 \$/to
1979	—	26,— \$/to

(BIKI 1980. május 5.)

A kozienicei erőmű pernyéjének felhasználása keramikai építőanyagok gyártására

A kozienicei erőmű pernyéjének az építőipari kerámia gyártásban alapanyagként való felhasználását vizsgálták.

A szerzők a melléktermék és a kozienicei iszap teljes elemzését megadják, valamint a laboratóriumi és ipari méretű kísérleti anyagok technológiai jellemzését.

Következtetéseket vonnak le arról, hogy lehetőség van az értéktelen pernye építőipari alapanyagként való felhasználására.

(Ceramika, Budowlana 1980. 6.)

Csökken a fajlagos tűzállóanyagfogyasztás a japán acéliparban

Japán nyersacél és tűzállóanyag termeléséből, valamint acélipari tűzálló téglák felhasználásáról a Japan Refractories Association az alábbi adatokat tette közzé:

nyersacél termelés	tűzálló téglák termelés	1 to nyersacél előállításához felhasznált téglák
(millió tonnában)	(kg)	

1961	28,3	1,7	44
1971	88,6	2,7	21
1975	102,3	2,—	14
1978	102,1	1,6	11

Japán tűzállóanyag termelése az egyes terméktípusokra bontva az alábbiak szerint alakult:

(Japan Refractories Association) IRMA 1979/3. szám)

Keramikai anyagok rádióaktív tulajdonságai energetikai melléktermékekben

A kő- és barnaszénből származó pernyéből nyert építőanyagok rádióaktivitásának problémáit vizsgálja. Ezen anyagok falazóanyagként történő felhasználása megköveteli a rádióaktivitás elleni védelem vizsgálatát.

Elméleti részben a Szerzők bemutatják a rádióaktivitással kapcsolatos alapvető kérdéseket, taglalják a mérési és kísérleti módszereket. A cikk kísérleti része felsorolja a kőszénpernye, az iszap, a karbon, és bitumenes tözegek, a kerámiai anyagok rádióaktív koncentrációjára végzett kísérleteket.

(Ceramika, Budowlana 1980. 6.)

AMERICAN CERAMIC SOCIETY BULLETIN, Columbus, 1980. 2. sz.

Probst, H. B.: *Kerámiák alkalmazása magas hőmérsékleten ötvözetek helyettesítésére.* 206–210. old.

Szilíciumnitrid és szilíciumkarbid típusú kerámiák előnyösen alkalmazhatók gáz turbina motorokban magas hőmérsékletet bíró ötvözetek helyett. A kerámiák hőmérsékletállósága megnöveli a turbinák hatásosságát. Másik előnyük az eddig használatos kobalt és nikkel ötvözetekkel szemben könnyű hozzáférhetőségük, alacsonyabb költséggel történő előállításuk, kisebb súlyuk, nagy korróziós ellenállásuk stb.

Faust, W. D.: *Elektrosztatikus mázfelvitele elmélete és gyakorlata.* 220–222. old.

Az elektrosztatikus frittpor szórás világszerte alkalmazott porcelánmáz felviteli eljárás. A módszer előnyei többek között, hogy csak zsírtalanítani kell előzetesen a felületet, egységesebb a rétegvastagság, két felvitt réteget egyszerre lehet égetni stb. A költségek alacsonyabbak a frittelt máz por szórásos eljárásnál.

CEMENTO HORMIGÓN, Barcelona, 1980. 559. sz.

Szuszpenzió új előmelegítő – a DD eljárás – kifejlesztése a Kobe Steel Ltd-nél. 518–519. old.

A japán Kobe Steel Ltd cég a Nihon Cement Co-val közösen kifejlesztett a klinker gyártáshoz egy új szuszpenziós előmelegítőt. Az új előmelegítő beépítése növelte a kemence klinker kihozatalát és csökkentette az energia felhasználást. Az előmelegítő kettős égetésű, kiégeti a szénmonoxidot és a nitrogén-oxidokat. Az új előmelegítővel kombinált klinker gyártási technológia a DD-eljárás.

CERAMIC INDUSTRIES JOURNAL London, 1980. 1021. sz.

Mewhinne, H. J.: *Kerámiai máz adatbank létrehozása.* 30–33. old.

Az amerikai Maryland Egyetemen a kerámiai mázak adatainak tárolására és visszakeresésére létrehoztak egy adatbankot. Több mint 4000 máz adatait IBM kártyákra kódolták. Kifejlesztették a kód rendszert és a máz receptek osztályozását. A mázakat kém. összetétellel és más műszaki jellemzőkkel, felületi minőség, máz színérték, színárnyalat, kemence atmoszféra és alkalmazott tüzelőanyag szerint kódolták. A másik IBM kártyára a szóbeli információkat kódolták. A program elnézeti máz receptúrák kidolgozására alkalmas.

CIMENTS, BÉTONS, PLATRES, CHAUX, Párizs, 1980. 722. sz.

Eckelmann, G. – Bagarry, J. N.: *Forgókemencék égő szilárd tüzelőanyagokhoz és egyes tüzeléshez.* 5–9. old.

A forgókemencéknél külön és egyesben alkalmazható tüzelőanyagok (szénpor, gáz, fűtőolaj) gazdaságos kihasználását befolyásoló paraméterek (örlésfinomság, illó, ill. hamutartalom, nedvesség, szemcsék felülete stb.) mellett fontos az égők, fűvókák, égetési technológiák megválasztása. A sematikusan ismertett égetőberendezések közül legelőnyösebb a valamennyi tüzelési módnál jól alkalmazható, szabályozható lángú, 3-körfolyamatos fűvóka. A közölt adatok egy 300 tonna cement/nap teljesítményű forgókemencére vonatkoznak.

Etoc, P.: *Folyékony tüzelőanyagok Franciaországban.* 33–40. old.

A francia cementipar az olajválság ellenére sem tér át széntüzelésre. A gazdaságos termelés érdekében felülvizsgálták a folyékony tüzelőanyagok (háztartási, könnyű-, nehéz fűtőolajok) összetételét, tulajdonságait, új, szabványtól eltérő extranehez fűtőolaj alkalmazásának lehetőségeit; az e téren felmerülő problémákat és megoldásokat. (aszfalt tartalom, salakképzés stb.) A Société des Ciments Français jelenleg már 2 kemencéjét 20% aszfaltot tartalmazó gudronnal fűti.

A folyékony tüzelőanyagok legjobb felhasználási módjairól fehérvösvet adnak ki.

Mészégetés Smidth – Persons rendszerrel. 41–43. old.

A mész- és hasonló anyagok égetésére alkalmas berendezés Smidth – Person-féle függőleges előmelegítőből, és hűtőből, rövid forgókemencéből, portalanító ciklonokból áll. A közölt műszaki, termelési, hőmérsékletadatok szerint kitűnő minőségű (csekély kén tartalom és izzítási veszteség, jó aktivitás; 1200–1300 kcal/égetett mész, tüzelőanyag megtakarítás stb.) termékeket gazdaságosan szolgáltat. Az előmelegítő előnye, hogy meglévő forgókemencék átalakításához is használható, s így annak termelési kapacitása kb. 50%-kal növelhető.

EURO-CLAY, London, 1980. 3. sz.

Freund, S. – Scothern, R. A.: *A szén szerepe a kerámiai ipar jövőjében.* 12–18. old.

A szénhidrogén alapú tüzelőanyagok mennyiségi hiánya és költségemelkedése miatt a téglaiiparnak a jövőben a szilárd tüzelőanyagokra kell áttérnie. A téglaiipari kemencék korszerűen és gazdaságosan üzemeltethetők szén tüzelőanyaggal. A szilárd tüzelőanyagok műszaki jellemzői és követelményei, kén, hamu, hamu lágyulás, szemcseméret, illó tartalom és örölhetőség. A szén előnyei. A szén elégetésére alkalmas eljárások. Új eljárás a Thermo szén rendszer, Thermo-Murg égőkkel. Biztonság és tervezés.

GLASS, Redhill, 1980. 6. sz.

Lambert, B.: *Ultrahangok alkalmazása az üvegyiparban.* 40–42. old.

Az ultrahangot a kerámia- és üvegyiparban felhasználják szerszámok és termékek tisztítására. Az ultrahangos tisztító rendszer 3 főegységből áll, az ultrahang generátor, a rezgésátalakító és a rozsdamentes acél tisztító tartály. Ilyen rendszerek üzemeltetése egyszerű, munkaerő igénye elenyésző és tisztítási hatásfoka kiváló. A Pulsatron egységek a legkorszerűbb tisztító rendszerek labor-üvegekhez és optikai üvegárukhoz. Kombinált ultrahangos tisztító rendszerek. Ultrahang generátorok.

KUNSTSTOFFE IM BAU,
München, 1980. 2. sz.

Hohwiller, F.: *Műanyaghab hőszigetelések gazdaságossága.* 113–114. old.

Pótlólagos hőszigetelés gazdaságossági számítása dinamikus módszerrel. Példák: meredektető hőszigetelése gipszkartonlemezrel borított polisztirolhabbal, lapostető extrudált polisztirolhab, külső falszigetelés, belső falszigetelés, belső falszigetelés polisztirolhabbal, kettős falszigetelés polisztirolhab gyönggyel, új építmények fokozott hővédelme – amortizációs idők.

MINE AND QUARRY, London,
1980. 5. sz.

Sokoldalú üzem homokszárításra és aszfaltgyártásra. 28–30. old.

Öntőhomok szárítására és aszfaltgyártásra alkalmas üzem ismertetése. Az üzem főbb berendezései, kapacitása. A homokszárítás folyamatának leírása a mosástól a vizes osztályozáson keresztül a víztartalom optimális szintjének beállításáig. Az anyag szállítása a tárolóig és raktározása. Ciklonok, sziták, kopásálló berendezések. Az aszfalt-előállítás folyamatábrája, automatikus mérlegelési és keverési rendszere, porelszívó berendezése, vezérlő rendszere. Üzemi tapasztalatok.

ROCK PRODUCTS, Chicago, 1980.
2. sz.

Robertson, J. L.: *Visszanyert beton az anyagi alapja egy adalékanyag-szegény területnek.* 50–51. old.

A természetes adalékanyagok helyettesítésére elsőként a michigan-beli Tuffy Crushed Concrete of Detroit használt fel zúzott betont. Hordozható törő és osztályozó berendezés alkalmazásával a visszanyert betonnal csökken mind a zúzott beton nyersanyag, mind a visszanyert beton szállítási költsége. Megoldódnak a szállítási problémákkal együtt a raktározás nehézségei is, így az új anyagtakarékos megoldás nagy gazdasági haszonnal jár.

Robertson, J. L.: *Az útburkolat újrafelhasználása időt pénzt takarít meg a nagy államközi munkáknál.* 52–54. old.

Közös vállalkozás egy 15 mérföld hosszú sztráda felületfelújító munkájában hordozható törő-osztályozó üzem használatával Chicago északi részén négy vállalkozó bevonásával. A vidék adalékanyagban szegény, így a feltört útburkolat felhasználása az új felület kiképzésénél nagy anyagi előnyökkel jár, mivel megtakaríthatók a szállítási költségek.

SZTROITELNI MATERIALI I SZLIKATNA PROMÜSLENOSZT,
Szófia, 1980. 6. sz.

Djakovszka, C. V.—Ivanov, J.: *Torkrétozással felhordott tűzállóbetonok alkalmazása a cementgyártás termikus létesítményeiben.* 15–19. old.

Tűzállóbetonok és masszák alkalmazásának elért gyakorlati eredményei cementgyári forgókemencék tűzálló falazatának javításánál vagy új tűzállóbélés készítésénél. 700–1200 °C hőmérsékletnél használt tűzállóbeton – összetételek vizsgálatának eredményei, ill. portlandcement és timföldcement alapon készített betonok tulajdonságai. A masszákat döngöléssel, illetve torkrétozással hordták fel.

TONINDUSTRIE—ZEITUNG,
Coburg, 1980. 5. sz.

Haley, A. C.: *Háztartási hulladékok felhasználása cementgyártási tüzelőanyagként.* 318–320. old.

Eljárást fejlesztettek ki, amelynek segítségével egy cementipari kemencében háztartási hulladék égethető el, ezáltal tüzelőanyag takarítható meg. A megfelelő körülmények beállításával elérhető, hogy az előállított cement minősége nem romlik. Környezetvédelmi szempontok. A forgócsőkemencében végzett hulladékégetés maximális emisszió-értékei. Perspektívák.

TONINDUSTRIE—ZEITUNG,
Coburg, 1980. 6. sz.

Schmidhuber, E.: *Felületi szűrés PTFE-membránon (Szárasszűrés).* 398–400. old.

Új szövet- és filo-szűrők kifejlesztése a gázok száraz szűréssel való portalanítására. A szűrők anyagául szolgáló szálanyagok jó kémiai ellenállóképességgel, mechanikai

szilárdsággal és széles hőmérséklettartományon belüli alkalmazhatósággal tűnnek ki. Poliészter, Acrylic-, Nomex- vagy üvegszövetből laminált hordozóanyagra viszik fel a mikroporózus membránt, ezáltal nagy szűrőfelület keletkezik, így kis szűrőberendezés is nagy hatásokkal dolgozik. A szűrőberendezés tisztítása, élettartama.

WORLD CEMENT TECHNOLOGY,
London, 1980. 4. sz.

Mehta, P. K.: *Energia-takarékos cementek kutatása.* 166–177. old.

A klinkerégetés hőfelhasználása a modern gyárakban 800 kcal/kg klinker, a felhasznált villamosenergiával ekvivalens hő pedig kb. 400 kcal/kg cement. A fő energiamegtakarítási lehetőség az alacsonyabb hőmérsékleten égethető, de a portlandcementéhez hasonló kötési és szilárdulási tulajdonságú kötőanyagok előállítása, illetve a cement helyettesítése melléktermékekkel. Ezirányú laborkísérletek eredményei.

Isch, K.: *Hajtómű nélküli cementipari malmok.* 186–193. old.

Az 5–6 MW és nagyobb teljesítményű malmokhoz hajtóművek nem készülnek, így csak közvetlenül – a malomtestre épített motor révén – hajthatók meg. Az ilyen gyűrű-motorok szerkezete, előnyei, üzemeltetési tapasztalatai. 1969–1980 között a Brown–Boweri cég 15 ilyen malmot helyezett üzembe.

ZIEGELINDUSTRIE, Wiesbaden,
1980. 7. sz.

Gottschalk, B.: *Alagút-kemencék átállása széntüzelésre.* 398–401. old.

A FRIEDL-rendszer alapelve a beállított tüzelőanyagmennyiség égéséhez szükséges levegővel és röptőlapokkal való beadagolása az égőbe. A THERNO–MURA-rendszer a szenet a készlet tárolókból csigával folyamatosan adagolja. A LINGL rendszer ezekből a kis mennyiségek folyamatos feladásában különbözik. A LEISENBERG-rendszer alapja a szénpor-befeoskendezés. A HAESSLER-rendszer a kemencét többféle tüzelőanyag felhasználására teszi alkalmassá.

TÁJÉKOZTATÓ

lapunk részére készülő cikkek kéziratának összeállításához

A teljes kézirat a következő részekből áll:

- szövegrész,
- ábrák,
- ábrajegyzék, ábraalírásokkal,
- táblázatok,
- irodalom,
- kivonat.

A cikk tartalmáért és közölhetőségéért a szerző felelős.

A kézirat *szövegrészét* szabvány méretű (210×297 mm) fényezetlen felületű, fehér papírosra, jól olvasható gépirással, kettős sorközzel, soronként kb. 60 betűhellyel, oldalanként 25 sorral, folyamatosan gépelve, két példányban kell készíteni. Csak a papíros egyik oldalára szabad gépelni, a lap bal oldalán 3 cm széles margót kell hagyni a szerzői utasítások bejegyzésére.

A cikk címét *kis* betűvel kell írni a lap közepére, — minden aláhúzás vagy kiemelés nélkül. A cím után a szerző neve és munkahelye következik tudományos cím vagy fokozat nélkül.

A kéziratban belül csak kétféle címet, főcímet és alcímet használjunk, mindkettőt a lap közepére kell írni.

A kéziratban a gépelés után szükséges javításokat tintával kell eszközölni a szövegben — nem a margón — a hibás betűk, szöveg vagy szavak áthúzásával, és a helyes szöveg fölírásával. Ha egy oldalon ötnél több javítás adódik, az oldalt újra kell gépelni.

Az *ábrákra* vonatkozó előírásokat az MSZ 1701 szabvány (klisérajz, klisékép) tartalmazza. Az „Építőanyag” hasábszélessége 8 cm, az ábrák nagyságát ennek megfelelően kell megtervezni. A vonalas ábrák fehér- vagy pauszpapírosra gondosan rajzolt ceruzavázlatok, vagy tusrajzok legyenek. Fényképet éles fekete-fehér, matt másolat alakjában kell mellékelni.

A szövegben egyszeri aláhúzással ki kell emelni az első hivatkozást az ábrára és ugyanitt a lap margójára írjuk ki az ábraszámot, pl. 8. ábra. Ez a szerző utasítása arra, hogy hová kívánja az ábrát helyezni.

Az ábrákról külön lapra gépelt, sorszámozott *ábrajegyzéket* kell készíteni ábraalírásokkal, ehhez csatoljuk az ábrákat. Ajánlatos az ábrákat és ábrajegyzéket

két példányban beküldeni: a második példány megkönnyíti a szerkesztőség munkáját a levonatok korrektúrájánál.

A *táblázatok* a közlés sorrendjében, arab számokkal számozva, külön lapokra kell gépelni. Minden táblázatnak legyen címe. Lehetőség szerint kerüljük a terjedelmes táblázatokat. A szövegben egyszeri aláhúzással emeljük ki az első hivatkozást a táblázatra, és ugyanitt a lap margójára — beke-retezve — írandó a táblázatszám, pl. 3. táblázat

A kézirat szövegében az *irodalmi* hivatkozásokat kapcsos zárjelbe helyezett szövegbeni sorszámmal beírásával kell megadni, pl. [18]. Az irodalmi hivatkozásokról külön lapra gépelt, a hivatkozási sorrend szerint számozott irodalomjegyzéket kell készíteni „Irodalom” címmel. Ebben kell megadni a hivatkozott közlemény bibliográfiai adatait az alábbi minták szerint:

Folyóirat esetén: Fáy Gy.—Zselev B. (1962).
Építőanyag, 14 209.

Könyv esetén: Náray-Szabó I. (1962): A szilikát-
üvegek fizikai tulajdonságai. Akadémiai Kiadó,
Budapest.

Ezektől eltérő esetekben értelemszerűen kell eljárni. Cirill betűvel írt nevek és folyóiratcímek esetében latin betűs átírást kell használni az MSZ 3394 szerint.

A cikkhez — amennyiben nemzetközi ismertetésük kívánatos — külön lapra gépelt *kivonatot* kell készíteni. A kivonat ne legyen azonos a cikk végén esetleg közölt összefoglalással, és ne legyen tartalomjegyzékszerű. Ismertesse a közlemény legfontosabb eredményeit lehetőleg fél oldal, legfeljebb egy gépelt oldal terjedelemben.

A szerzőnek *korrektúrára* megküldött kefelevonatot 48 órán belül vissza kell juttatni. Ezen a javításokat az MSZ 3491 szabvány (Korrektúrajelek és alkalmazásuk) előírásai szerint, tintával kell eszközölni. A Lapkiadó Vállalat megkeresésére kérjük lapunk szerzőit, hogy a korrektúra során a nyomdahibákat *kék*, a szerzői módosításokat pedig *piros* színnel szíveskedjenek javítani. A kéziratától eltérő át-szövegezések szerzői korrektúrájának tekintendők.

Szerkesztőbizottság

A szerkesztésért felel:

Dr. Székely Ádám

Szerkesztőség:

1368 Budapest VI., Anker köz 1 – 3.

Telefon: 226 – 497

Felelős kiadó:

Siklósi Norbert

Kiadja:

Lapkiadó Vállalat. Budapest VII., Lenin krt. 9 – 11. 1072

Telefon: 221 – 285. Levélcím: Postafiók 223. 1906.

80/672. Franklin Nyomda Budapest

Felelős vezető: Vágó Sándorné Igazgató

Megjelenik havonként

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a hírlapkézbesítő postahivataloknál, és a Posta Központi Hírlap Irodánál (Budapest, V., József nádor tér 1. 1900) közvetlenül, vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215 – 96162 pénzforgalmi jelzőszámára. Előfizetési díj: negyedévre 45, – Ft, félévre 90, – Ft, egyea szám ára 15, – Ft.

INDEX: 25250

HU ISSN 0013–970 X

Ára: 15,— Ft