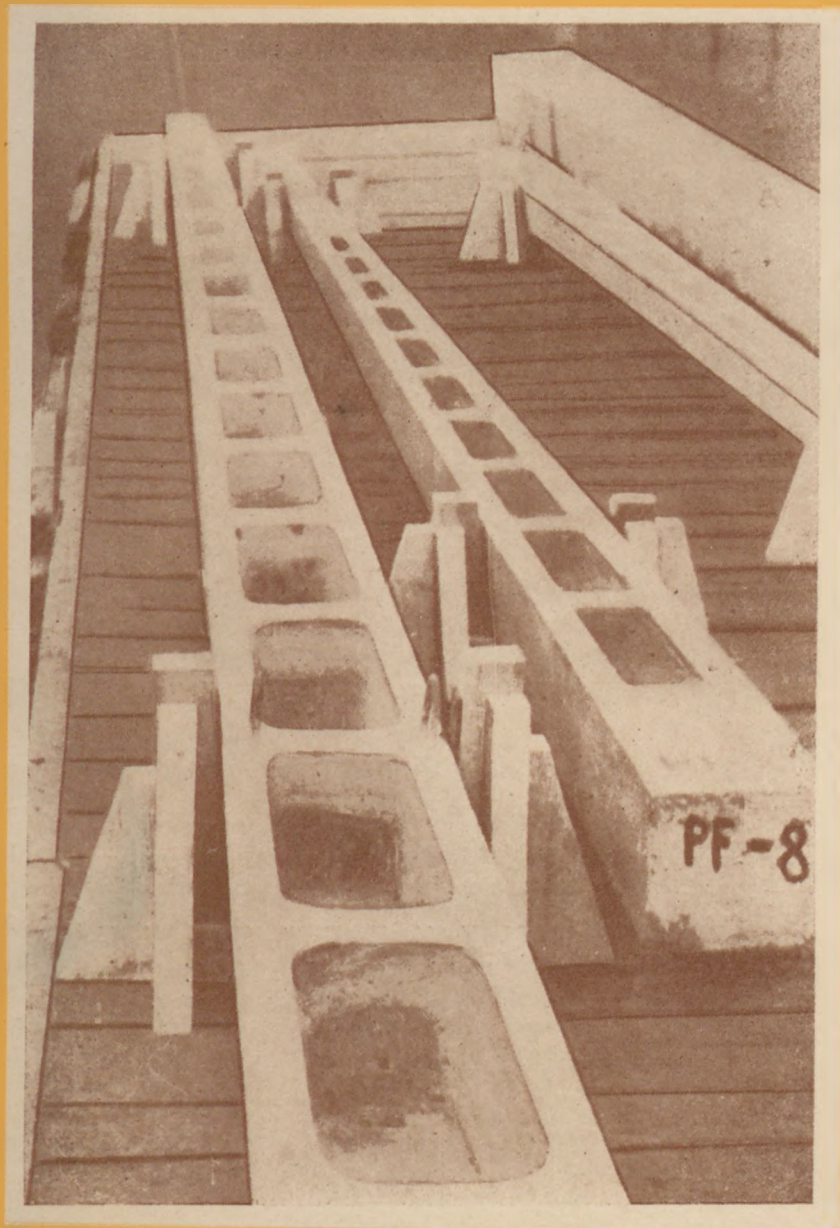


ÉPÍTŐANYAG



CEMENT, MÉSZ
TÉGLA, KERÁMIA
ÜVEG ÉS KŐIPAR

3. SZÁM

2

AZ ÉPÍTŐANYAGIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

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

★

Főszerkesztő :

dr. Korach Mór

★

Felelős szerkesztő :

Hinsenkamp Alfréd

★

Szerkesztőbizottság :

Baritz Árpád

Beke Béla

Erdély Imre

Király Jenő

dr. Knapp Oszkár

dr. Lehmann Edit

dr. Déri Márta

★

Szerkesztőség :

Budapest, V., Honvéd u. 22

II. lépcső I. emelet 4.

Telefon : 124-438

★

Kiadja :

Műszaki Könyvkiadó,

Budapest, V.,

Bajcsy-Zsilinszky út 22

Telefon : 113-450

★

Felelős kiadó :

Solt Sándor

TARTALOM

	Oldal
<i>Bereczky Endre</i> : Az aknakemencés cementégetés elmélete	73
<i>Beke Béla</i> : Cementőrlés, körfolyamatban	81
<i>Déry Attila</i> : Korszerű üvegyári keverőüzemek technológiájának kialakítása	92
<i>Dr. Soltész Gáspár</i> : Adatok a salakbeton-kérdéshez	102
Salakbeton-kutatás a Szovjetunióban	104
<i>Lázár Jenő</i> : Örölt, vagy finomra aprított halmazok szemeseössze- tételi megoszlás-törvényeinek vizsgálata	105
Lapszemle	112

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<i>Эндре Березки</i> : Теория обжига цемента в шахтной печи.	73
<i>Бела Беке</i> : Мельчение цемента в круговом процессе.	81
<i>Аттила Дери</i> : Технология современных составных цехов стеколь- ных заводов.	92
<i>Йено Лазар</i> : Исследование законов распределения по зерновому составу измельченных или тонко-дробленых агломератов.	105

I N H A L T

	Seite
<i>Endre Bereczky</i> : Die Theorie des Zementbrennens in Schachtofen ..	73
<i>Béla Beke</i> : Zementvermahlung im geschlossenen Kreislauf	81
<i>A. Déry jr.</i> : Die Technologie der modernen Gemengehäuser in den Glasfabriken	92
<i>Jenő Lázár</i> : Vergleich der sich auf Feinbrecher und Mühlen bezüg- lichen-Kornverteilungsgesetze	105

ÉPÍTŐANYAG

11. ÉVFOLYAM 3. SZÁM

Az aknakemencés cementégetés elmélete*

BERECZKY ENDRE

Bevezetőül rámutatok arra, hogy a hejőcsabai cementgyár jelenleg egyetlen hazai cementgyárunk, melyben automatikus aknakemencék és nem az utolsó 30 év divatos forgókemencéi vannak üzemben. Ez a helyzet a nyergesújfalui és a budai cementgyárak 20-as években történt megszűntetése, illetve leszerelése után állott elő.

Nem így volt ez 1918 előtt, sőt a mai korszerű nagyteljesítményű automatikus aknakemence éppen az akkori Magyarország területén alakult ki, Hauenschild és tanítványai működési területén. Ezeknek az üzemeknek: Beocsinban, Zsolnán, Lédecen Hauenschild Albert 1945-ig tanácsadója volt és én is sokszor fordultam hozzá útmutatásért és kerestem őt fel ulmi, mergelstätteni, almindingeni üzeimeiben.

Az említett leszerelt két cementgyáron kívül lábatlanban is álltak aknakemencék, az ún. Emele kemencék, melyekben portlandcementet égettek és a román-cement-égetésre használt aknák ma is üzemkészen állnak.

Felmerül a kérdés: van-e értelme és haszna egy technológiai probléma tárgyalásánál a múltra visszatekinteni. Csatlakozom ahhoz a véleményhez, mely szerint majdnem minden technológiai tudományág empiriára támaszkodik és az így nyert tapasztalatok egész a közelmúltig megelőzték a tudományos kutatás eredményeit. Bár ez alkalommal nem foglalkozom az aknakemencés cementégetés fejlődésének menetével, közléseim során többször fogok rámutatni az elmúlt évtizedek tapasztalataira és érdeklődők részére külön össze is állítottam az aknakemencés cementégetés fejlődésének történetét. Erdemes és értékes az ilyen munka, mert majdnem minden, jelenleg is kutatás tárgyát képező jelenség vagy gondolat már évtizedekkel ezelőtt is felmerült s így sok esetben mentesíthetjük magunkat felesleges kísérletezéstől.

* A Hejőcsabai Cement- és Mészműveknél 1958. augusztus 28-án megtartott aknakemencés klinkerégetési és portalanítási ankéton elhangzott előadás.

Egy másik kérdés, melyre bevezetőül rá kell mutatnom, vajon helyes-e a sokat vitatott aknakemencés cementégetés kérdéseivel foglalkozni és ilyen kemencéket építeni, amikor forgókemencéket jól kidogozott tervek alapján százszorosán kipróbált kivitelben, hibátlan szereléssel együtt készen lehet kapni és az üzem főmérnökének és üzemmérnökeinek, művezetőinek és dolgozóinak a kidolgozott technológiával együtt adják át a kemencét. Ezzel szemben az aknakemencék üzemeltetésénél, amint azt sok helyen olvashatjuk és még többször felelősöktől és felelőtlenektől hallhatjuk, „bizonyos problémák” vannak. Nem akarok azzal az állítással vitába szállni, hogy a forgókemencék, bárki tervezte, szállította és szerelte is azokat, kész égető gépek lennének. Ennek ellentétét bizonyítja a szinte áttekinthetlenné váló, hatalmas, poliglott szakirodalom. Azzal sem akarok foglalkozni, hogy aknakemencés üzemeket is lehet legalábbis azonos műszaki fejlettségi fokon beszerezni.

Az azonban letagadhatatlan tény, hogy az aknakemencés cementégetésnél 900—1150 kcal/kg energiára van csak szükség és az egész üzemi beruházás csak mintegy 75%-a a forgókemencés üzemeknek. Ez oly hatalmas gazdasági előny, hogy az érdeklődés a gazdasági helyzetnek megfelelően bizonyos időszakokban újból és újból fellángol az aknakemencés cementgyártási technológia után. Minden ilyen fellendüléskor egy-egy addig megoldatlan műszaki probléma kerül megoldásra. Jelenleg is tapasztalható ilyen különleges érdeklődés, nem kis mértékben a Rollgyár által elért eredmények hatására.

*

Az aknakemencés klinkerégetésnél a kemence tartalma vertikális mozgást végez, az anyag, az anyagba bele ágyazott tüzelőanyag az égést tápláló levegővel szemben, ellenáramban halad, a tüzelőanyag hamutartalma teljes mértékben benne marad a kész klinkerben. Ezek azok a

MAGYAR

TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

KÖNYVTÁRA

jellemzők, melyek ellentétben állnak a forgókemencés égetés folyamatával, s melyek egyúttal magukba foglalják az aknakemencés cementégetés „problémáit” is.

Vertikális elrendeződés, és vertikális anyagmozgás. A klinkerkémia ma már hatalmasan fejlődött, a szilikátkémiai technológiai folyamatok között a legjobban feltárt tudományágazat. A portlandcement-klinker képződésénél két jellemző folyamat játszódik le. Az első szilárd halmazállapotú részecskék közt lefolyó reakció, melyeket a szokásos, a közismert szakkönyvekben is leírt hőméretek felállításakor nem szoktak kiemelni, melyek azonban már 470 C° körül megindulnak. (A Kröger—Fingas 1939-es pt-diagram szerint a kvarc, CaCO₃ és CaSiO₃ fázisok 470 C°-on 100 mm CO₂ parciális nyomásnál egyensúlyban vannak). De nemcsak mészsilikátok keletkeznek a CaCO₃ gyakorlatilag 860 C°-ra tehető disszociációs hőmérséklete alatt, hanem mészaluminátok és ferritek is, bár ezek egyensúlyi viszonyai nincsenek még oly mértékben földelítve, mint az alkál karbonátok, a kalcium és magnéziumkarbonátok és SiO₂ egyensúlya.

A szilárd halmazállapotban végbemenő reakciónál lényeges tehát az egyes részecskék homogén eloszlása és tömörítése. Ezért látom jelentőségét az aknakemencében feladott nyersanyag granulációjának és ezért, de csak ezért látom be a nyersanyag iszapként való feldolgozásának előnyét.

Ebből következik, hogy a portlandcement-klinker égetésére vonatkozó fluidizációs javaslatokat szkeptikusan fogadom, bár 1931-ben magam is égettem fluidizált nyerslisztet. Akkoriban le kellett mondani a kísérletek folytatásáról; ma talán jogosult volna a kérdéssel újból foglalkozni, azonban az aknakemencéből zárt reaktor lenne nagy mennyiségű olvadékfázis képződésének biztosításával és nagy mennyiségű klinkervisszavezetéssel kellene a reaktor tartalmának egyenletes gázáteresztő képességét biztosítani.

A klinkerképződés első fázisa tehát szilárd halmazállapotban játszódik le, ily módon azonban legfeljebb csak románcementet tudnánk előállítani. Ilyen nem zsugorított, csak dikalciumszilikátot tartalmazó termék az aknakemencéből kisebb-nagyobb mennyiségben kikerülő gyengén égetett sárgaszínű termék, a „schwachbrand”. Hangsúlyozom, hogy ez az anyag veszélytelen, mert a bennelevő felesleges szabad CaO feldolgozásakor jól oltódik, sőt fokozza a habarcs képlékenységét s egyesek szerint jobb, tömörebb, vízhatlanabb betont lehet az ilyen cementből előállítani, mint a teljesen tisztán égetett klinkerből. Erre vonatkozóan hivatkozom, — hogy „idegen tekintélyeket” is bizonyosságul hívjak — Spohn legutóbb megjelent szakirodalmi cikkére, melyben szembeállítja a forgókemencéből kijövő, félig kiégett klinker veszélyességét az aknakemence „schwachbrand”-jával, melyet nemcsak ártalmatlannak ítélt meg, hanem 2—3%-ban kívánatosnak is tekint.

Ismeretes, hogy az aknakemence cementek feldolgozhatósága és igen gyakran a kezdőszilárdsága is relative jobb, mint a forgókemencében égetett. Ez összefüggésben van azzal a jelenséggel, ami LP-cementek felfedezéséhez vezetett és amely jelenség forrása a 2—3% nem zsugorodott termék.

„Ha a gyengén égetett aknakemence klinkert nemcsak a laikusok tartják hibának, hanem az égetők is félnek tőle, ennek más oka van: azt mutatja, hogy a kemence nincs rendben vagy pedig fennáll a veszély, hogy a kemence-menetben zavar fog beállni. Ha sok a gyengén égetett, rendszeren sok az ún. túlégetett klinker is.” Ezért tartom hibának azt a tervezést és elrendezést, melyet egy utóbbi években üzembehelyezett új aknakemencés cementgyárban is megfigyeltem, hogy az égető nem láthatja a kemencéből kijövő terméket.

A szilárd halmazállapotban végbemenő reakció csak bevezetője a klinkerképződésnek. A klinkerképződés hordozója az *olvadékfázis*. Az olvadékfázison keresztül megy végbe a szilárd fázisban keletkezett dikalciumszilikát átalakulása tri-kalciumszilikáttá. Egyidejűleg az igen nagy porozitású elsődleges termék az olvadék hatására összezsugorodik és a granulátumok egymáshoz tapadnak. Az olvadékfázis összetétele kiszámítható a különböző rendelkezésünkre álló fázisdiagramokból. Így pl. a 4 komponensű rendszerben az olvadék-fázis megközelítő összetétele

CaO	55%
Al ₂ O ₃	23%
Fe ₂ O ₃	16%
SiO ₂	6%

Jung felfogása szerint az olvadék összetétele

C ₁ AF	21%
C ₃ A	27%
MgO	12%
CaO	40%

azonban ebben jelentős mennyiségű dikalciumszilikát is fel van oldva. Ez az olvadék azután a tri-kalciumszilikát képződése során fokozatosan veszít CaO tartalmából és a keletkezett C₃S kikristályosodik, a CaO és az oldott dikalciumszilikát felhasználódik. A folyamat akkor fejeződik be, amikor az olvadék már csak C₃A, C₄AF és MgO-ból áll.

Ennek az olvadéknak olvadáspontját a diagram 1338 C°-ban, az újabb kutatás (Nacken) 1300 C°-ban adja meg. Nyilvánvaló, hogy kisebb-nagyobb mennyiségű MgO jelenléte, továbbá a feltétlenül — néha nagyobb mennyiségben is — a zsugorodó anyagba kerülő alkáliák ezt az olvadáspontot tovább csökkentik és így egyes kutatók 1250 C°-ra becsülik az olvadékfázis tényleges olvadáspontját. Pontos értékről már csak azért sem lehet beszélnünk, mert a kis mennyiségű

járulékos alkatrészek a zsugorodás folyamán kerülnek — pl. a tüzelőanyag hamujából — az olvadékfázisba.

Ez az olvadék a kemencében uralkodó hőmérsékleten meglehetősen folyékonyvá válik. Miután mennyisége a zsugorodás kezdetén 25—30% körül van, nagymértékben befolyásolja a zsugorodó klinker mechanikai tulajdonságát, pl. a szilárdságot. A klinker ilyen állapotban lágy, a rajta fekvő anyagoszlop nyomásának kisebb-nagyobb mértékben enged, összetömörödik, a kemence falához tapad. Innen ered az aknakemencés üzem vezetésének legismertebb nehézsége: a tapadások elkerülése céljából folytatott égető munka, majd pedig a tapadások eltávolítása, lekaparása a kemence faláról.

Ha nem éri a zsugorodó klinkert elég gyorsan hűtő-gáz, ha a hőátadási folyamatok időben nagyon hosszúra nyúlnak, ha a zsugorodó zóna mérete relative igen nagy, könnyebben jönnek létre ezek a nem kívánatos jelenségek. Ezt a folyamatot Schoch a következőképpen írja le könyvében:

„A fejlődés megkövetelte, hogy a periodikus aknakemencék üzemét folyamatossá alakítsák át. Az aknakemencében kiégetett klinkert 4—5 óránként a rostélyról eltávolítják, a kemence tartalma süllyed, a kiürült aknarészt friss nyersanyaggal és tüzelőanyaggal töltik fel. A kemence alján bejutó levegő felveszi a lehűlő klinker hőtartalmát, felhevül és így szinte jelentéktelen sugárzási veszteség mellett igen jelentősen megjavította az akkoriban jól körülfalazott aknakemencék hőmérlegét. A zsugorodási zónában viszont a felfelé áramló égési gázok a nyersanyagot hevítik fel a reakció hőfokára és így módon, megint sokkal kedvezőbb hőátadási viszonyok között, mint amelyek a forgókemencés üzemnél uralkodnak, további hőátadás megy végbe és a hőmérleg tovább javul.

A dolognak van azonban egy bökkenője: a zsugorodott anyag süllyedése nem megy programszerűen. Megakad a falon, az égés egyenetlen lesz, az üzemeltetés tervszerűségében fennakadás áll elő, miáltal az aknakemencés üzem összes előnyei elvesznek és e miatt (a múlt század vége felé) inkább a körkemencés klinkerégetésre tértek át, bár ez a kemence egyáltalában nem felel meg a cementégetés alapelveinek. Az aknakemence szerkesztők arra törekedtek tehát, hogy a fennakadásokat, melyek az égetők munkáját hallatlanul megnehezítették, valami módon megakadályozzák.”

Egész sor javaslat merült fel a zsugorodó klinker megterhelésének, mechanikai igénybevételének megszüntetésére, melyek közül pl. az etagekemence az egész világon elterjedt. Hazánkban is volt egy válfaja az ilyen kemencéknek, az Emele-kemence. Mások viszont az aknakemence falának hűtésével kísérleteztek, az elvont hőt az égési levegő előmelegítésére vagy az adagolásra előkészített nyersanyag felhevítésére javasolták

felhasználni. Volt azonban már 1901-ből olyan javaslat is, amely szerint el kell hagyni a kemence kiadós falazását és a tűzálló bélést csak vas-köpennyel burkolni, melyet a hűtés fokozására bordázattal láttak el. Ez a Stein-féle kemence megelőzte tehát az aknakemencék mai kivitelezését.

Azóta az aknakemencés cementégetés technológiája — nem kis mértékben az elméleti tanulmányok alapján — jelentősen megváltozott és a tapadások veszélye, nehány kivételesen nagy fluiditású olvadékok képző nyersanyagot feldolgozó üzem kivételével, megszűnt. Ennek alapján veti fel Eigen újból a javaslatot, izoláljuk aknakemencéinket. Számítása szerint ily módon le lehetne csökkenteni 800 kcal/kg kalóriafogyasztás alá is aknakemencéink égetési energia igényét.

A javaslatokkal e helyütt nem kívánok részletesebben foglalkozni; ezeket az érdeklődők rendelkezésére külön összefoglaltam.

A klinkerkémia a 900-as évek óta rendkívüli mértékben fejlődött és ma már módunk van a kitűzött minőségi és mechanikai követelményeknek legjobban megfelelő klinkerösszetelt kikeresni és összeállítani. Aknakemencében éppen úgy lehet alit-, belit-, sőt Ferrari-cementet égetni, mint a forgókemencében. Módunkban van az olvadékfázis mennyiségét szabályozni; sőt, ha a kutatás ebben az irányban is tovább halad, az olvadékfázis viszkozitását is befolyásolni fogjuk. Gyakran természetesen nehézséget jelent a megfelelő kiegészítő anyagok előteremtése. Külföldi tapasztalatokból tudjuk azonban, hogy a jól fejlett cementipar nem retten vissza nagyobb távolságokról való nyersanyagbeszeréstől sem, ha ezáltal a kemence üzem egyenletességét, zavartalanságát és ennek eredményeképpen gazdaságosságát fokozhatjuk. Különösen Hejőcsaba van igen kedvező helyzetben a diósgyőri művek kohósalakja, a hegyaljai és miskolci riolitufák közelsége miatt és mert agyagbányája, amely igen képlékeny agyagot termel, bentonitos rétegeken fekszik. Talán egész Európában nincs még egy olyan cementgyár, amelynek ilyen kedvező helyzete lenne.

A nyersanyag kérdésével a mai témám keretében nem kívánok tovább foglalkozni; a nyersanyagok fizikai tulajdonságai is kihatnak a gyártási technológiára, továbbá a kémiai reakcióképesség is eltérő a különböző cementipari nyersanyagoknál. Igaz ugyan, hogy a fejlődés a kemencében uralkodó maximális égetési hőfok emelkedését vonja maga után, tehát pl. a kvarc sem olyan veszélyes alkatrész ma már az 1500 C° körüli hőmérsékleten, mint volt a régi üzemek 1300 C°-ot meghaladó égetési hőfokán és a triász-mészkö sem olyan hátrányos ma már a kréta mészkövekkel szemben, mint volt ezelőtt 40 évvel. Így az égetés elméletével kapcsolatban a nyersanyagkérdésből csak a granulálhatóság mértéke, a granulátumok mechanikai kopása és szilárdsága érint bennünket közvetlenül.

Az aknakemencés cementégetés további hátrányai közt szokás a *hamufelvételnek egyenletességét* is emlegetni. A szakértők ebben a kérdésben nem értenek teljesen egyet. Amikor 1924-ben kimutattam a hamu egyenletlen felvételének káros hatását — voltak vizuálisan kiválogatott klinker-darabok, melyek hidromodulusa közt rendkívüli különbségek voltak (2,1—1,75), a szilikátmodulus 2,56—2,25 között, az alumínát modulus 2,95—2,47 között változott — vita ellenfelem, Hauenschild, nem osztotta véleményemet; szerinte a nyersanyag a salakot egyenletesen abszorbeálja. A salak olvadáspontját irodalmi adatok alapján 1150 és 1650 °C között adja meg, 1150 °C-on azonban már megindul szerinte a zsugorodás és a hamu épp úgy viselkedik, mint a többi agyalkatrész. Hauenschildot a koks szemcsemérete csak abból a szempontból érintette, hogy a zsugorodó zóna felső rétegeibe maradék nélkül elgázosodjék, mert különben „redukciós jelenségek lépnek fel.”

A hejőcsabai klinkernél diplomamunka keretében végeztünk erre vonatkozó vizsgálatokat. A beküldött klinkermintát szétválogatva, a hidraulikus modulus 2,1—1,57, a szilikátmodulus 2,72—1,73, az alumínát modulus 3,50—1,07, a mésztelítés 96,5—70% értékhatárok között változott. A szabad mésztartalom 1,50 és 0,62% között ingadozott. Ezek a kísérletek is igazolják, hogy a hamufelvétel nemcsak az én kezdő mérnök-koromban volt rendkívül egyenlőtlen, hanem a mai hejőcsabai klinker égetésnél is az. A bruttó analízisek, a műszaki vagy napi átlagok vizsgálata nem ad és nem adhat képet a klinker minőségének tényleges állapotáról, amihez hozzájárulnak még a klinker redukciós fokában megállapítható eltérések is. Spohn kimutatja legutóbbi cikkében, hogy fém-vas cseppcsekék is vannak egyes aknakemence klinker-darabokban. A redukció néha színváltozás következtében könnyen felismerhető és a megfigyelés szerint különösen tömör klinker-darabok belsejében találunk fehérszínű zónákat. Nyilvánvaló, hogy ezekbe a tömörre préselődő darabokba a hűtő és oxidáló gázok nem tudtak behatolni, aminek következménye egyrészt az oxidációs folyamat teljes elmaradása, másrészt a lassú lehűlés következtében az esetleg előbb már keletkezett trikálciumszilikát szétesése, amire ugyancsak az előbb említett szakcikk szép mikroszkópi felvételei nyújtanak bizonyítékot.

Ezek a jelenségek különösen azért jelentkeznek erős mértékben az aknakemencés cement-klinker égetésnél, mert a kemence tartalma egyenletesen süllyed le és a részecskék, a granulátumok környezetükhöz képest helyzetüket nem változtatják, elmarad a forgókemence működése során feltétlenül érvényesülő homogenizáló keverő hatás.

Ezt a minőségi hátrányt részben azzal lehet és kell kiküszöbölni, hogy a hamufészkek méretét csökkentjük, tehát a mengendhető legkisebb szemnagyságban adagoljuk a tüzelőanyagot a nyerslisztbe, gondoskodunk ennek minél tökéleesebb elkeveréséről és igyekszünk minél nagyobb-fokú porozitással bíró klinkert égetni. Az ilyen

porózus klinkert jól járja át a zsugorító zóna alján felfelé áramló oxigéndús gáz, biztosítja az egyenletes lehűtést és az esetleg redukált részecskék oxidációját. Minőségi szempontból is nagy jelentősége van a tüzelőanyag szemcseméretének. A hatásokat nehéz elválasztani egymástól, melyek szemcsemérettel kapcsolatban vannak. Ezért tehát ezt a kérdést, melynek legszélsőségeesebb megoldását a nyerslisztbe beleőrölt tüzelőanyag jelentené, az égési folyamatok tárgyalásánál foglalom össze.

Ugyancsak komplex hatása van az általam 1932-ben bevezetett és a szakirodalomban is ismételtelen ajánlott klinker-dara és por visszavezetésnek is. A klinker-darával, illetve — porral tulajdonképpen egy hőátadó és redukált gázok oxidációját katalizáló alkatrészt viszünk a kemence töltésébe; egyenletesebbé tesszük a granulumban a hőmérsékletet és biztosítjuk a szénmonoxid oxidációját.

Amikor Spohn egy 1954-es cikkében a holnap aknakemencéjével foglalkozik és a fejlődés menetét jobb üritőberendezés, jobban szerkesztett zsilipek alkalmazásában, a szájnylás tölcser alakú kiképzésében látja, kiemeli a klinkervisszavezetés nagy jelentőségét is, melyre vonatkozóan megjegyzi, hogy érthetetlen módon ez a technológia nehezen terjed el. Úgy tudom, hogy ez a megjegyzés Hejőcsabára is érvényes.

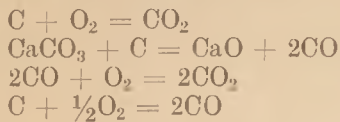
Az aknakemencés égetés tökéletesítését célzó újabb törekvések különleges súlyt helyeznek a *laza klinker égetésére*. A Schneider-féle égetési mód éppen arra törekedett, hogy egyetlen, lehetőleg összefüggő, összetapadt klinkeroszlopot égesen, melyet azután az üritő berendezés folyamatosan lemorzsol, letör. A rosztély tehát egyúttal törőberendezés is. Az új, fejlettebb elképzelés szerint lehetőleg meg kell akadályoznunk az egy tömbökbe való összetapadást; a részecskék, a zsugorított granulumból lazábban helyezkedjenek el és töltsék ki a zsugorodás folyamán keletkező, mintegy 20% üres tereket is. Ezzel egyidejűleg igyekeznek a látszólagos zsugorodás fokát is csökkenteni, ily módon ismét jelentőségét veszti az elmúlt tíz évben nagy jelentőségre szert tett tölcser alakú kiképzés.

*

1917-ben már arról panaszkodik Hauenschild, hogy a nyersanyagba *bekevert koks elégetésének elmélete* egyáltalában nincs kidolgozva. Ez a bekeverés 1897-ből való, de már 1884-ben is próbálkoztak eredménytelenül. Hauenschild szerint a koksbekeverés előnye akkor jelentkezett, amikor természetes huzat helyett mesterséges huzatot kezdtek használni, illetve az égési levegőt benyomták az aknakemencébe. Az irodalom erre vonatkozó adatai meglehetősen hiányosak. Amikor Wecke a cement-szakirodalmat összeállította, nem nagyon érdekelték az aknakemence fejlődésének részletkérdései és így Herzfeld, Block kísérleteiről nem igen tudunk részleteket. Amit meg lehet találni, az egymásnak nagyon ellentmondó adatokat nyújt. Hauenschild például 1924-ben azt

javasolja: örömjük be a tüzelőanyagot a nyersanyagba, miután így biztosíthatjuk, hogy a tüzelőanyag a zsugorító zónának legfelső részén teljes mértékben elgázosodik. 30 évvel később Spohn ugyancsak ezt ajánlja, de olyan megoldást keres, hogy a tüzelőanyag ne égjen el a zsugorító zóna előtt, ne kerüljön érintkezésbe a dekarbonizációs zónában felszabaduló CO_2 -vel, elgázosodás mentesen „csempésszük át” a dekarbinizációs zónán, mert különben a Boudouard reakció áll be. Nyilvánvaló, hogy ez a két javaslat teljesen ellentmond egymásnak. Ugyanígy a hozzáférhető irodalom pl. a kokszt elégségi idejére és szemmagyságára vonatkozóan is teljesen ellentmondó adatokat tartalmaz. A Block-féle adatok pl. egyáltalában nem egyeznek a Rosin—Kayser-féle adatokkal. Vannak, akik határozott ellenségei a tüzelőanyag finomra őrlésének és a volt kollégám, Koch mérnök, kísérletileg be is bizonyítja, hogy finomszemcséjű tüzelőanyag szinte méregként hat az aknakemence üzemére.

Aknakemencéinkben az izzó kokszt és az égési termékek 1000°C -nál nagyobb hőmérsékleten érintkeznek és a Boudouard-féle egyensúly szerint ezen a hőfokon izzó kokszzal csak szénmonoxid lehet egyensúlyi állapotban. A kokszt elégségeskor az alábbi reakciók képzelhetők el:



A gázanalízisek legtöbb esetben széndioxidon kívül szénmonoxidot és oxigént is mutatnak ki a füstgázokban. Ez csak akkor lehetséges, ha a kemencetartalom egyenetlen hézagjai következtében elégetlen oxigéntartalmú gázáramok is áthatolnak a kemencetartalmán, viszont más részeken redukciós égési folyamat játszódik le. Minél egyenetlenebb a kemencetartalom hézageloszlása, annál kisebb mértékű a CO-tartalom, bár ez teljesen aligha küszöbölhető ki.

Az aknakemencében tulajdonképpen CO-generátor folyamata valósul meg. Feladatunk azonban éppen abban áll, hogy ezt a folyamatot amit generátorreakciónak, Hauenschild reakciónak is neveznek, megakadályozzuk, illetve minél kisebb mértékre csökkentjük. Amennyiben megállapítható volt, először 1924-ben én fejeztem ki ennek a reakciónak a jelentkezését, melyet azután Hauenschild és újabban Jung professzor kísérletileg is tanulmányoztak és azt állapították meg, hogy:

A granulmok belsejében a kokszt karbon-tartalma láng nélkül csak CO-vá ég el a dekarbonizáció alkalmával felszabaduló CO_2 -t redukálva. Ez a folyamat a granulmok belsejében megy végbe és a zsugorító zónából kiemelt, félig klinkereződött granulmokon jól megfigyelhető. Ennek a CO-nak a granulmok közötti térben levő, oxigén tartalmú, felfelé áramló gázokban kell, illetve kellene CO_2 -vé elégnie. Ha darabos a kokszt, akkor a szemcseméret függvényében a zsugorító zónába is bekerül és ebben az esetben már széndioxiddá is elérhet. Ez a széndioxid viszont a felette levő

rétegekben izzó kokszzemekeken újból redukálódhat.

Az aknakemencéket ezelőtt 40 évvel még vagy normál méretű téglává préselt nyersanyag-idomokkal, vagy pedig szalagprésszel előállított hengeralakú-testekkel táplálták. A Dorsteni prések jelentős és nagy fenntartást igénylő üzemi gépei voltak az akkori cementgyáraknak és ezek a prések a legtöbb helyen még ma is megtalálhatók. A préselt téglák a kemencében meglehetősen lazán helyezkedtek el és közöttük, amennyiben nem volt üzemzavar, a gáz aránylag nagyméretű üregeket áramolhatott keresztül. Ily módon a kemence különböző zónái meglehetősen egybefonódtak, nem lehetett külön gyulladási, dekarbonizációs és égési zónáról beszélni s ezeknél a kemencéknél a gázok CO-tartalma általában nem haladta meg a 3%-ot. Amikor azonban kisebb méretű testek előállítására tértek át — présesigával, vályúsán kiképzett hengerpárral vagy kollerjarral — ugyanazok a zavarok léptek fel, mint amelyeket már idősebb Hauenschild első kísérleténél, 1894-ben megfigyeltek és kifogásoltak, tudniillik a füstgázok CO-tartalma felemelkedett 4% fölé és az előző üzemek 1150 fajlagos kalória-fogyasztása felemelkedett 1250—1350-re.

Az ilyen vizsgálatoknál a legnagyobb gondot a füstgáz mintavétele okozza. Sokféle javaslat merült fel erre vonatkozóan; az általunk használt füstgázmintavevő készülék fényképe megtalálható Kühl II. kötetében. Szokásos gázcsövekkel is mintát venni, azonban ennek a mintavételnek hibája az, hogy a mintát esetleg a redukciós zónából veszi, melyet a valóságban még oxidációs égés követhet.

Különösen sokat foglalkozott a szakirodalom, elsősorban a H. Egen iniciatívájára, a mészégető aknakemence gazdaságosságának fokozásával, első sorban a CO veszteség csökkentésével. A mészégető aknakemence, amennyiben az kevert tüzelésű, elvben azonos jellegű folyamattal végzi a termikus kezelést, mint a cementklinkert égető aknakemence; a különbség legfeljebb az, hogy az előbbinél a kokszt általában darabos kokszt formájában adagolják, s természetesen keverve a mészkövel, de nem közös formatestekbe préselve. A cementklinkert égető aknakemencénél is elvileg azonos a zónaképződés

1. legfelül az előszárító és előhevíto zóna,
2. alatta, a redukciós zóna,
3. oxidációs zóna; e kettő együttesen a dekarbonizációs zóna és az oxidációs zóna végfelé megy végbe,
4. zsugorodás is.

A hűtőzónában felhevül az alul benyomott levegő. Ez a levegő a hűtőzóna felső szintjén lefelé haladó izzó kokszzemeket széndioxiddá égeti el és az így keletkező hő, melyhez a klinkerképződés folyamatának utolsó exoterm proceszusa folyamán felszabaduló hő is hozzáadódik, fejezi be a klinkerképződés folyamatát, melynek

külső megnyilvánulása a zsugorodás is. A gázok tovább felfelé haladva izzó réteghez jutnak, melyben a kokszzsemcskék a generator reakció értelmében redukálják a felfelé áramló CO_2 -t és itt CO és O_2 egymással egyensúlyban vannak. E redukciós zóna felett csökkenő hőmérsékleten a CO elég CO_2 -vé, s a meleg gázok elvégzik a nyersanyag termikus előkezelését. Természetes, hogy ez a folyamat egyáltalában nem játszódik le ilyen egyszerűen. A *Boudouard egyensúly* beálltához időre is szükség van, már pedig nagy gázsebességek, tehát nagy teljesítmények esetén az egyensúly beálltához egyáltalában nincs idő. Sokféle kísérlet folyt ezen folyamat tisztázására: Hivatkozom Hauenschildnek kísérleteire, aki bebizonyítottak vélte, hogy a nyersanyagba préselt kokszból csak annyi ég el szénmonoxiddá, amennyi széndioxid a CaCO_3 -ból rendelkezésre áll. Ezzel tulajdonképpen meg is volna adva az a határ, ameddig értelme van kokszept vagy darát az aknakemence nyersanyagába belekeverni, belepreselni. Az így nyert fajlagos energia mennyiség azonban egész kivételes esetekben elegendő, kb. legalább 60%-os termikus hatásfok esetén; minden esetre az utóbbi időben már emlegetnek ilyen vagy ehhez hasonló kedvező üzemi termikus hatásfokot. Valójában természetesen nemcsak a nyersanyag szénsav-tartalmának rovására ég el az aknakemencébe beadagolt koks, bizonyára van jelentős mértékű oxidációs elégés is az első egyenlet értelmében, különösen akkor, ha nagyobb szemű koks is kerül a kemencébe.

Wuhrer és Hedden nyomán vizsgáljuk meg, milyen faktorok befolyásolhatják az aknakemencében keletkező CO mennyiségét. Bizonyára nő a CO_2 -koncentrációval és a redukciós zónába kerülő koks mennyiségével. A gázsebesség növekedése csökkenti a CO mennyiségét, viszont növeli a koks fajlagos felülete. Szerepet játszanak természetesen más faktorok is, melyeket egy alap egyenlettel lehet kifejezni:

$$A = \int_0^L k_0 \cdot \eta \cdot O \cdot M \cdot \frac{1}{V_0} \cdot \frac{T_0}{T} dx$$

„A” egy dimenzió nélküli integrál, mellyel a füstgázak CO-tartalmát összefüggésbe lehet hozni: minél nagyobb az A értéke, annál nagyobb a CO mennyisége. Közelebről vizsgálva az A integrál egyenletét, a következőket állapíthatjuk meg:

k_0 (dimenziója cm/sec) a *Boudouard szekció egyensúlyi tényezője*. Tudjuk, hogy ez a hőmérséklet növekedésével rohamosan nő; kívánatos lenne tehát a reakció hőmérsékletét csökkenteni, amint ez a mész égetésnél lehetséges, sőt ajánlatos (füstgáz visszavezetés); a cementklinker égetésénél azonban nem mondhatunk le a reakcióhőmérséklet szintjéről, tehát ily módon nem lehet az A értékét csökkenteni.

η a kokszzsemcsék szabad felületének *kihasználási foka*. Ez meglehetősen nehezen megközelíthető érték, mindenesetre nő a koks zottabb aprításával vagy őrlésével. Minél fino-

mabb tehát a koks, annál nagyobb százalékban jelentkezik a CO. Ezt igazolták a különböző kísérletek, melyekről már említést tettem, innen ered az a követelmény, hogy a finom részeket távolítsuk el a kokszból, viszont ezáltal növekszik a hamuhiba.

O (dimenziója cm^2/g) a koks *fajlagos belső felülete*. Ez igen nagy pl. a faszémmel, mellyel nem is tudunk klíngert égetni. Viszont kicsiny az O értéke antracitnál, mely tüzelőanyag a legkedvezőbb az összes gázszegény tüzelőanyagok közül. Olyan üzemet is ismertem, ahol antracittal égettek, és ahol a füstgázokban CO alig volt található olyannyira, hogy bár igen kiváló műszaki vezetése volt annak a gyárnak, a CO veszteségre fel sem figyeltek. A fajlagos kalória igénye ennek az üzemnek a kezében levő évtizedes statisztikai adatok alapján alig haladta meg a 850 kalóriát.

M (g/cm^3) a *kemence fajlagos koksztartalma*. Nyilvánvaló, hogy minél több tüzelőanyagot adunk be a kemencébe, annál nagyobb lesz a CO veszteség; szóró tüzelőanyag adagolással csak akkor segítünk üzemünkön, ha az darabos koks (erre a célra a leggazdaságosabb a kirostált 6 mm-nél nagyobb szemcsék felhasználása); a nagyobb szemcsék ugyanis nem égnék el a redukciós zónában és az oxiciós zónában már kisebb a veszély.

V_0 (cm/sec) a *levegő sebessége*. Minél gyorsabb tehát a kemence üzeme, tehát minél nagyobb a termelés, annál kisebb a CO veszteség.

T_0 a belépő levegő hőfoka.

T a koks hőmérséklete a vizsgált x helyen. x centiméterben a vizsgált hely koordinátája.

L centiméterben a redukciós zóna vastagsága.

Ennek az integrációs egyenletnek vizsgálata tehát megadja az útmutatást, hogyan lehet a CO veszteség ellen küzdeni. Ki kell szitálnunk a finom szemcséket (általában ajánljuk a 2 mm-nél kisebb szemcsék eltávolítását), fokozzuk a gázáramlási sebességet, amit egyrészt a granáliák méretének helyes megválasztásával és bepréselt levegő mennyiségének a fokozásával érhetünk el. Az egyenlet ajánlja továbbá a kemence veszteségek lehető legnagyobb mértékű csökkentését, hogy a M értéke minél kisebb legyen.

Adott kemence esetén a koks-zsemcsémérete és a granuláló tányér üzemeltetési módja van az üzemvezetés kezében. A granulumok mérete mechanikai összefüggés alapján megadja a kokszzsemék felső méretét, mert hiszen túlságosan nagy szemcsék lerontanák a granulumok mechanikai szilárdságát. A szakirodalomban sokféle javaslat található; különösen Anselm javaslatai felelnek meg az üzemi gyakorlatnak. Legmegfelelőbbek a 20–30 mm átmérőjű granulumok, mely esetben a megengedhető és ajánlható kokszzsemcsék 3–8 mm átmérőjűek lehetnek; ebben az esetben a reakciós zóna vastagsága kb. 3 m az előhevitő 2 m és a hűtőzónaé 5 m. Ha a kokszzsemcse méretét tovább redukáljuk, csökkenteni lehet a reakciós zóna vastagságát és növelni a hűtőzónáét.

A kokszzsemcse méretével tulajdonképpen meg van szabva a reakciós idő is. Az erre vonatkozó Rosin—Kaye egyenlet

$$T_{\text{rec}} = C \frac{D^{1.4}}{w^{0.6}}$$

Ebben az egyenletben a C konstans tartalmazza a belső és külső fajlagos felület méretét, a külső felület kiképzését és a többi fajlagos tulajdonságokat. Ez az egyenlet csak kvalitatív tájékoztatást nyújt, abszolút értéket nem ad. Gyakorlatibb számokat, adatokat Block könyvéből nyerhetünk, aki kísérleti alapon, melyeket Hauenschild is igazol, egy bizonyos égetési folyamatnál, tehát a kísérletnél fennállott tüztér terhelésnél, a következő eredményeket kapta :

20 mm-es szemcse elég	9 óra alatt,
10 mm-es szemcse elég	4,5 óra alatt,
5 mm-es szemcse elég	2 óra alatt
1 mm-es szemcse elég	26 perc alatt,
0,1 mm-es szemcse elég	2 perc alatt.

Ennek alapján már lehetne számításokat végezni, bár változó tüztér terhelésre vonatkozóan kísérleti adataink nincsenek. Sok üzem adatainak egyeztetése alapján Anselm az aknakemencéről szóló kiadványában egy érdekes grafikont mutat be, mely szemlélteti, hogy egyrészt hogyan fejlődött az aknakemencés üzem 20 tonnás napi teljesítményről 200 tonnára, másrészt, hogyan toldták egyidejűleg a kemence előhevívő és zsugorító zónái és hogyan emelkedett a zsugorodó klinker hőmérséklete. Az égő zóna koncentrációja nem csak az eddig ismertett előnyöket hozta, hanem egyidejűleg csökkentette a sugárzási veszteséget is, ami ma már csak néhány százalékot tesz ki.

*

Az eddigi elméleti megfontolásokkal teljesen ellentétben áll az a technológia, amelyik a kokszt be kívánja örölni a bevezetésben említett minőségi okokból a nyerslisztbe. Már Hauenschild tett javaslatot 1924-ben, mi is próbálkoztunk több ízben és még 1945-ben is tettem egy erre vonatkozó javaslatot, amely a CO-veszteséget nagy mennyiségű 20—30 százaléknyi klinkerdara visszavezetéssel kívánta lecsökkenteni. Tudomásom szerint az erre vonatkozó kísérlet lefolytatására már sor nem kerülhetett. Viszont 1954-ben Spohn ismételte meg a gondolatot és legújabb cikke szerint ma már bizonyos eredményeket is értek el. Ő a kokszpornak a redukciós térben való elgázosodását egy külső, tüzelőanyag-mentes, tehát mész szegényebb, nyersliszt kéreggel igyekszik megakadályozni. Ezt a megoldást, mint minden olyan javaslatot, amelyik problematikus, veszélyeket magában rejtő, komplikációval igyekszik a feladatot megoldani, nehezen tudnám ajánlani. Ajánlható azonban ennek a külső buroknak visszavezetett klinkerporból való előállítás, amelynek összetétele már megfelelő, tehát kémiai hibaforrást nem rejt magában. Mindaz, amit Spohn a beörölt koksszal égetett klinkerről ír, megfelel azoknak a tapasztalatoknak, melyeket kísérleti üze-

münkben elértünk, úgy hogy nézetem szerint ezzel a gondolattal érdemes lenne foglalkozni. Mivel azonban a rostély átszerkesztése volna szükséges, ami a leírás szerint nem egyszerű feladat, egyelőre üzemi kísérletről szó aligha lehet.

Jelenleg a granulátumok minőségére és a kokszt osztályozására kell a súlyt helyezni és annyi levegőt kell a kemencékbe fújni, illetve olyan gázsebességgel dolgozni, mely az osztályozott kokszt szemcséjének megfelel.

*

A granulátumok mérete természetesen összefügg az égési sebességgel. Erre vonatkozóan gyakorlati adatok állnak rendelkezésünkre és az erre vonatkozó grafikon tanulmányozásából arra a következtetésre jutunk, hogy a korszerű aknakemencés üzem az, amelynél a turbulens gázáramlás folyik le a kemencében. A régi, téglákkal táplált kemencékben lamináris áramlással számolhatunk. A nagy üregek miatt az oxidációs és redukciós zónák összekeveredtek, CO veszteség nem volt, a kis teljesítmény mellett a fajlagos kalóriefogyasztás igen kedvező volt. A granulátumok méretének csökkentésével nőtt ugyan a teljesítmény, azonban elmaradván minden összefüggő üreg, kialakultak a redukciós zónák és fellépett a CO veszteség. Így alakult ki az a teljesítmény, melyet ma a hejőcsabai kemencék érnek el; turbulens áramlást, a CO veszteség újbóli lecsökkentését, a redukciós és oxidációs zóna újbóli egymásba olvadását csak a teljesítmény további növelésével érhetjük el és erre a célra a granulátumok méretét 20—30 mm között kellene tartanunk.

Vigyázni kell azonban arra, hogy a granulátumok épen kerüljenek be a kemencébe és vigyázni kell arra, hogy ezek a zsugorító zónában vagy fölötte, száradás közben szét ne essenek. Mussgnug írja le egyik munkájában, 1957-ben, azokat az üzemi nehézségeket, amelyeket egy ilyen, száradás közben szétesésre hajló, nyersliszt okozott és ebben az évben Hill és Schwiete foglalkozik igen részletesen azokkal a tényezőkkel, melyek a granulátumok tartósságát befolyásolják.

Tulajdonképpen ezt a kérdést ugyanazoknak a fizikai faktoroknak tanulmányozásával kellene felkutatni, mint amelyek a téglagyártás szárítási folyamatát jellemzik. A különbség talán csak az, hogy az aknakemencében nincs módunk a szárítási folyamatát befolyásolni, legfeljebb csak a nyersanyag agyagásványait tudnók megváltoztatni. Nézetem szerint a hejőcsabai agyag olyan agyagásványokat tartalmaz, melyeknél nem áll fenn a szétesés veszélye, tehát ennek a kérdésnek különösebb jelentősége, amennyire jól vagyok informálva, nincs. Mindenesetre az üzemvezetésnek erre a kérdésre is figyelemmel kell lennie.

A granulátumok méretére a granuláló tényér hajlásszögén, peremmagasságán, belső szerkezeti kialakításán kívül, — amire Klatt ad a ZKG áprilisi számában érdekes tanácsokat — legnagyobb befolyást a nedvesítés foka gyakorol. Nézetem szerint jól beállított üzemnek legfontosabb munkahelye a nedvesítő csiga. A nyersliszt víz-

tartalmának egyenletes biztosítása — ha más hibaforrás nincs — egyidejűleg az egész kemencemenet, a napi teljesítmény és a minőség biztosítása is. Az ilyen munkhelyre a legjobban begyakorolt és a lelelkiismeretesebb munkaerőket kell állítani, mert az itt elkövetett hiba az egész termelésre kihatással van. Nehézséget okoz, ha a nedvesítő csiga távol van a granuláló tényértől, hiszen csak a granulumok megfigyelésével lehet a helyes nedvesítési fokról meggyőződni. Az intézkedés is sok időt vesz igénybe, illetve a változtatásnak nagy a késési tényezője.

Nagyon sok üzemben minden egyes kemence részére külön nedvesítik a lisztet és sok esetben magán a tényéren folyik a nedvesítés. E közben sok gyakorlati probléma is felmerül, pl. a vízfüggöny szétszóródásának és a vízugarak átmérőjének összefüggése a granulumok méretével, porozitásával, szilárdságával és kopás-állóságával. Ezek a kérdések ma még elméletileg nem hozzáférhetők és e helyütt csupán a figyelmet óhajtom erre a kérdésre ráterelni.

Berezsky Endre : Az aknakemencés cementégetés elmélete

Az előadásomban a hejőcsabai nagyteljesítményű automatikus aknakemencék üzemeltetésénél dolgozó munkatársaknak igyekeztem e kemencetípus kialakítását és a már megoldott, valamint a még megoldandó problémákat ismertetni, és rámutattam a termelés további fokozásának, a minőség javításának és az önköltség csökkentésének lehetőségeire. A nagyteljesítményű cementégető aknakemencék mint az aránylag kisebb beruházást igénylő és mégis nagy termikus

hatásfokkal működő kemencék világszerte jelenleg is épülnek, és a hejőcsabai adottságok lehetővé teszik, hogy ez az egyetlen magyarországi aknakemencés cementégető üzem kiemelkedő minőségi és gazdasági eredményt érjen el.

Эндре Березки : ТЕОРИЯ ОБЖИГА ЦЕМЕНТА В ШАХТНОЙ ПЕЧИ.

Изложение создания типа печи и разрешаемых проблемы для работников автоматические шахтных печей с высокой производительностью в Хейочаба. Возможности дальнейшего повышения производительности, улучшения качества и уменьшения себестоимости. Шахтные печи с высокой производительностью строятся во всем мире вследствие того, что требуют относительно меньше капиталовложений и все-таки они работают с высоким термическим коэффициентом полезного действия; условия в Хейочаба позволяют достигнуть хорошего качества и экономического результата в Венгрии цементнообжигательном цехе с шахтной печью.

Endre Berezky : Die Theorie des Zementbrennens in Schachtofen.

In meinen Vortrag für die Mitarbeiter des leistungstarken Schachtofens in Hejőcsaba, befasste ich mich mit dem Ausbau dieses Ofentyps und mit den Problemen, die noch der Lösung harren. Ich habe dabei auf die Möglichkeiten der weiteren Steigerung der Produktion, der Besserung der Qualität und der Verringerung der Selbstkosten hingewiesen. Die leistungstarken Zementschachtofen, die sich trotz des grossen thermischen Wirkungsgrades mit verhältnismässig kleineren Investitionen herstellen lassen, sind allbekannt und werden überall gebaut. Die Ortsbeschaffenheiten in Hejőcsaba er möglichen es, mit dem einzigen ungarischen Zementschachtofen hervorragende qualitätsmässige und wirtschaftliche Ergebnisse zu erzielen.

Megjelent

ERDŐS ANDOR—JAKAB ÁRPÁD—SOMOGYI IMRE:

Szerelvénykönyv műszaki adatok és mérések 2. javított kiadás

A szerelvénykönyv katalógus, mely tárgyalja a hazánkban jelenleg tömegcikként gyártott szerelvényeket. Közli, hogy a szerelvényeket mire lehet használni, milyen anyagokból készítik, milyen gyári jelölések találhatóak rajta, melyik vállalat gyártja és milyen megnevezéssel kerül forgalomba

A katalógus az építésügyi, tanácsi, kohó- és gépipari, a közlekedési és vegyipari épületgépészeti berendezésekkel foglalkozó szakemberek (tervezők, mérnökök, anyagbeszerzők stb.), továbbá népgazdasági szinten tervező gazdasági szakemberek részére készült

500 old. ára kötve: 62,— Ft

Fenti könyvek megrendelhetők, ill. beszerezhetők az Állami Könyvterjesztő Vállalat Könyvesboltjaiban.

Szakkönyvesbolt:

Műszaki Könyvesbolt, Budapest, VII., Lenin körút 7

Technikus Könyvesbolt, Budapest, XI., Bartók Béla út 25

Cementőrlés körfolyamatban

BEKE BÉLA

1. Bevezetés

11. A körfolyamatos őrlés elve
12. Történeti visszaillesztés

2. Elméleti megfontolások

21. Célkitűzés
22. Az aprítás energiafogyasztása
23. Az őrlmények szemcseösszetétele
24. Az őrlés kinetikája
25. Szélosztályozás

3. Golyósmalmok üzemtanára vonatkozó megjegyzések

31. A golyómozgás kinematikája
32. A golyótöltet összeállítása
33. Az őrlemény áthaladási ideje
34. A golyóbeesapódások teljes száma
35. A malom hossza és átmérője

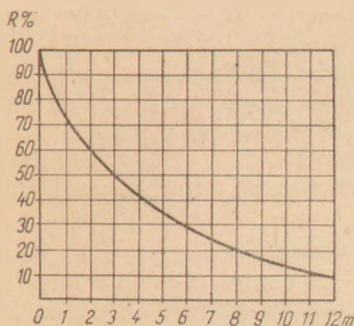
4. Őrlési kísérletek

41. Üzemi kísérletek
42. Modellkísérletek
 421. Szakaszos őrlés
 422. Nyílt folyamat
 423. Zárt folyamat

1. Bevezetés

11. A körfolyamatos őrlés elve

A körfolyamatos őrlés elve régóta ismert. Ha vizsgálat tárgyává teszünk egy oly folytonos üzemi golyósmalmot, amelynek hossza az átmérőnek többszöröse és amely egy átmenetben pl. cementfinomságúra őrli az anyagot, felvesszük továbbá e malom diagrammját, azaz ábrázoljuk a malom mentén finomodó őrlemény valamely szitára vonatkozó maradékának csökkenését, azt tapasztaljuk, hogy a malom hosszának negyedénél az őrleménynek mintegy fele kisebb már az előírt ellenőrzőszita nyílásánál, a másik felét a malom hosszának háromnegyedrésze finomítja, azaz az őrlés első negyedének látszólag háromszoros a gazdaságossága (1—1. ábra.)



1-1. ábra

Kézenfekvő a gondolat, hogy a malom $\frac{3}{4}$ hosszúságát hagyjuk el, ezzel energiafogyasztása $\frac{1}{4}$ -ére csökken, a $\frac{3}{4}$ malmot pótoljuk osztályozóval és a durva frakciót vezessük vissza a malomba. Ezáltal azonban a mennyiségi viszonyok eltorzulnak, a malmon átmennő mennyiség a feladás, illetve kihozatal többszörösére nő meg, megváltozik a malomban vándorló anyag szemcsézete is,

5. A körfolyamat alakulása

51. A szitamaradék változása a terheléssel
52. A finom frakció változása a terheléssel
53. A körfolyamat mennyiségi viszonyai
54. Kísérleti igazolás
55. Irodalmi igazolás

6. Az őrlési folyamat hatása a szemszerkezetre

61. Nyílt és zárt folyamat összehasonlítása
62. A szemszerkezet előre meghatározása

7. A technológiai követelmények teljesítése

71. A 3—30 mikronos frakció mennyisége
72. Az őrlmények minősítése
73. Válaszok eddig tisztázatlan kérdésekre
74. $3\varnothing \times 5,2$ m főméretű malom üzemi jellemzői
75. Régi malmok korszerűsítése

8. Nagyfinomságú őrlmények

81. Elvi megvalósítás
82. Gyakorlati megvalósítás

mindez az őrlés üzemviszonyait már befolyásolja és a várt kétszeres határfokot nem érhetjük el. De nemcsak a malom üzemviszonyai változnak, hanem megváltozik az őrölt termék is, hiába megy az át akár teljes mennyiségében az ellenőrzőszitán, finomabb frakcióinak megváltozik az összetétele, a viszonylag durvább frakciók esetleg túlsúlyba kerülnek, ami bizonyos gyártási ágaknál megengedhető, másoknál nem.

Nem zavar a szemcseösszetétel megváltozása az iparilag nagy jelentőségű őrlési műveletek közül az ércelőkészítésnél (flotálás bevezető művelete), a cementgyártás nyersőrlésénél, valamint a szénportüzelések szénőrlésénél. Ismeretes, hogy ezeknél a műveleteknél a körfolyamatos rendszerek az utóbbi évtizedekben fokozatosan kiszorították, illetőleg kiszorítják az egyszéri átmenetben finomra őrítő berendezéseket.

A cementőrlés tekintetében a kérdés még egyáltalán nem dőlt el és igen tanulságos mindennek előtt a probléma történetére visszatekinteni.

12. Történeti visszaillesztés

A cementgyártás hőskorában mai értelemben vett finomőrlésről nem lehet beszélni. A fejlődés során szélosztályozóval és körfolyamatos kapcsolású középsebességű- és golyósmalmokkal igyekeztek eleget tenni a fokozódó követelményeknek, a századforduló körül pedig megjelentek a durva-őrítő golyósmalomból és finomőrítő csőmalomból álló, kétfokozatú berendezések. Ez utóbbiak a cementminőség javulása terén olyan ugrásszerű fejlődést jelentettek, hogy a szélosztályozós — körfolyamatos rendszert a cementőrlés területéről több évtizedre száműzték.

A két eltérő fordulatszámú dobból álló rendszer az őrléstechnológia akkori követelményeinek igen jól megfelelt, de a transzmissziós hajtások mellett az üzembiztonság nem lehetett kielégítő. Az egyre nagyobb kapacitású gyárak részére ezért

újabb megoldást kerestek és kb. 40 éve vette kezdetét a komoly gépészeti és gépgyártási haladást képviselő többkamrás malmok elterjedése.

A cementminőség terén támasztott újabb követelmények a többkamrás malommal — és általában a nyílt folyamatú őrléssel — csak tűrhetetlen energiafogyasztás mellett voltak kielégíthetők és így indult meg elsősorban Amerikában a negyvenes években a körfolyamatos rendszerek újabb térfoglalása.

A háború befejezése után az európai — elsősorban a német — cementipar és szaksajtó tudomást szerezvén az amerikai fejlődésről, visszamlékezve a negyven év előtti rossz tapasztalatokra, főleg *W. Anselm* irányításával elkezdte sorozatosan közzétenni vitázó tanulmányait.

Az 1950 körül megjelent közlemények főbb érvei a körfolyamatos rendszer ellen a következők voltak [1], [2], [3]:

A cement szilárdulása és szilárdsága a legfinomabb frakciók (0—30 μ) jelentős mennyiségét kívánja. Ennek szórt szemszerkezet, alacsony egyenletességi tényező felel meg. Ha pedig a malomból hamarosan kiragadjuk a finom frakciókat, a szélosztályozós rendszer magas egyenletességi tényezőt eredményez, a nagyobb malomteljesítményt a cement szilárdságcsökkenésével fizetjük meg. A követelmény tehát a hosszú őrlési pálya, azaz a többkamrás malom.

Ezzel az elmélettel szembenállt a német cementszakértők tanulmányútján tapasztalt amerikai gyakorlat, amely magas követelményeket kielégítő cementeket körfolyamatos rendszerben gazdaságosan állított elő [4].

A kérdés tisztázása céljából 1951-ben a Watenstedt-i új salakcementgyárban az egyik 2,4 $\varnothing \times 13$ m méretű többkamrás malmot különféle kapcsolásokra tették alkalmassá.

A Watenstedt-i üzemi tapasztalatokról *H. Börner* két igen terjedelmes közleményben számolt be [5], [6]. Börner már rámutat, hogy a szemcsézet optimum 3—30 és nem 0—30 mikron. A két rendszer összehasonlítása szerinte a következő képet mutatja:

1. A körfolyamatos rendszer szelektíven őrl, azaz többszöri cirkulációval a nehezen őrlhető komponenst is azonos finomságra őrl, a többkamrás malom viszont heterogén keverékek esetén kiszámíthatatlan szemcsézetet állít elő.

2. Az osztályozósmalom működése kevésbé függ az őrlőtest-összeállítástól, váltakozó követelményekhez (változó anyag, változó finomság) csakis ez felelhet meg.

3. Osztályozós rendszerben nem lép fel a túlőrlődés miatti párnázás. Ezzel összhangban különféle anyagoknál 12—30% többteljesítmény volt elérhető és az acélkopás is lecsökkent.

4. Az osztályozott cement „felülete hidraulikusan aktívabb”, az első sorozatnál 800-zal, a másodikkal 350-nel kisebb Blaine-szám mellett tapasztalt azonos szilárdságot.

5. Körfolyamatos rendszerben a cement felmelegedése mérsékelt.

6. A méréssorozatok korrelációs számítással való feldolgozása a körfolyamatos rendszernél statisztikai rendezettség, a többkamrás malomnál statisztikai rendezetlenséget állapított meg.

Börner végül is kohósalakcemente a tehermentesített zárt folyamatot találta a legelőnyösebbnek.

1956-ban Anselm mégegyszer visszatért erre a kérdésre [7] és korábbi határozott álláspontja módosításával 30 t/ó teljesítmény fölött (ez az addig gyakorlatban elért teljesítményhatár) a körfolyamatos rendszert előnyösebbnek, e határ alatt pedig — elméleti indokolás nélkül — a tapasztalatok alapján egyenértékűnek minősíti. Javasolja a 2,8 $\varnothing \times 6-7$ m, $\frac{L}{D} = 2,25$ méreteket, kétkamrás elrendezésben.

Az amerikai fejlődésről *J. M. Wolfe* és *R. E. Luebke* adnak összefoglaló képet [8], [9].

Többkamrás malomhoz már 1926-ban bevezették a többfokozatú, több egységből álló körfolyamatos rendszert, amely a gazdaságos energiafogyasztást biztosította, 1948-ban pedig az olcsó és egyszerű berendezés érdekében a rövid egykamrás körfolyamatos cementőrlést. Ez utóbbinál

$$\frac{L}{D} = 1,5 - 1,6.$$

A rövid körfolyamatos malom előnyeit a következőkben látjuk:

1. Kisebb fajlagos energiafogyasztás (5—15 %), kisebb karbantartási és kezelési költség.

2. A finom frakciónak jelentős hányada cirkulál (nincs éles osztályozás), ezért az osztályozott termék is változatos szemcsézetű, szilárdsági hátrány nincs.

3. A rövid malom és járulékos berendezése egyszerűbb és olcsóbb.

4. Kisebb az őrlemény melegedése.

5. Viszonylag magas fordulatszámmal járatott, nagy átmérőjű malomnál a dörzsöléssel szemben az ütés túlsúlyba kerül, aminek előnyeit Wolfe külön hangsúlyozza és ezért nagy átmérőjű malomhoz is nagy golyókat javasol.

Wolfe mint külön előnyt említi, hogy a rövid malmok párjával állíthatók fel és ha a minőség nem volna megfelelő, sorosan is járathatók. Luebke viszont közli, hogy a Superior (Ohio) üzemből a tervezett soros kapcsolási lehetőséggel már nem éltek.

A golyótöltés 2,90 $\varnothing \times 4,55$ m méretű malomnál 90—100 mm \varnothing -tól 25 mm \varnothing -ig terjed.

C. Mittag az amerikai fejlődés korábbi szakaszával, a több forgódobból összetett körfolyamatos rendszerrel szemben a hosszú, megcsapolt többkamrás malomhoz iktatott szélosztályozós — körfolyamatos rendszer mellett foglal állást [10].

Igen lényeges és értékes *F. Kraus* közleménye [11], amelyben a Gmunden-i cementgyárban végzett összehasonlító üzemi kísérletek eredményei vannak adatszerűen közölve.

Az összehasonlított malmok a következők:

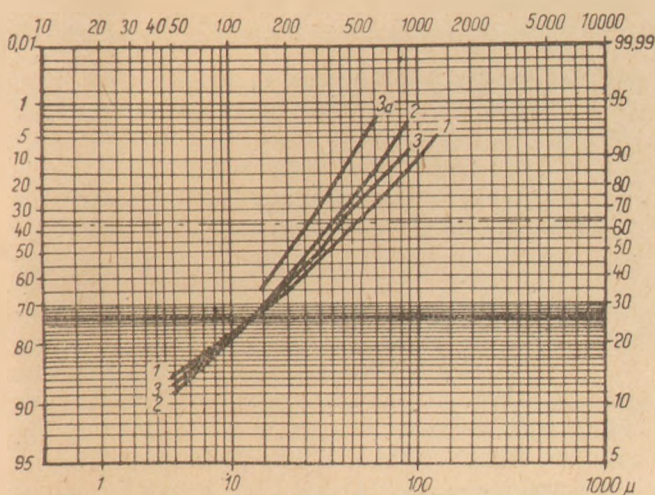
1. 2000 $\varnothing \times 1650$ cementor + 1800 $\varnothing \times 6000$ csőmalom,

2. 2800 \varnothing \times 5700 kétkamrás légáram-örölő-szárító berendezés cementőrlésre kipróbálva,

3. 2800 \varnothing \times 6085 kétkamrás malom, szóró-osztályozós körfolyamattal.

Elsősorban DIN 325-ös cementet őrltek és a fajlagos energiafogyasztás rendre 42,5, 48 és 27,4 kWó/t volt. Ez utóbbiból 22,8 kWó/t esik a malomra, 2,3—3,2 az osztályozásra és anyagmozgatásra.

A 3. jelű berendezéssel nagykezdőszilárdságú (DIN 425-ös) cementet is őrltek 48 kWó/t energiafogyasztással. A négyféle cement szerkezete az 1—2 ábrán (a nagy kezdőszilárdságú cement 3a jelzéssel) látható. Az összehasonlítás a szóróosztályozós berendezés kimagasló előnyét és a légárammal hátrányos voltát mutatja. A kipróbált légárammal azonban láthatólag nem erre a célra készült és így az állásfoglalás korai volna.



1-2. ábra

Amerikában újabban erősen terjednek a légáramkihordású cementmalmok, de részletes adatok ezekről egyelőre nem állnak rendelkezésünkre.

A műszaki fejlesztés európai iránya az egészen nagy teljesítményű egységek felé irányul. A Szovjetunió gyáróriáisaiban 50 t/ó teljesítményű, 3,2 \varnothing \times 15 m főméretű nyíltfolyamatú többkamrás malmot terveznek [12]. Nyugatnémet gyárak legújabb hirdetéseiben 60 t/ó teljesítményű zárt folyamatú tervezett és épülő malmokról olvassunk.

Újabban egyre nagyobb fontosságot nyer a nagy kezdőszilárdságú cementek gyártása. Erre a célra általában viszonylag kis mennyiségek kerülnek előállításra és a követelmény a — rendszerint számszerűleg meg sem határozott — igen nagy őrlési finomság. Az őrlést sokszor rezgőmalmokban végzik, amelyek néhány év óta már folyamatos üzemeltetésre alkalmas kivitelben is készülnek [13].

Ez az összefoglalás világosan tükrözi a fejlődésben évtizedeken át jelentkezett és még ma is jelentkező ellentmondó irányzatokat. De azt is láthatjuk, hogy pusztán kísérleti-statisztikai vizsgálatok a zürzavar felszámolására nem elegendők.

A következőkben ezért kísérletileg alátámasztott elméleti megfontolásokkal igyekszem a legkedvezőbb őrlési technológia tekintetében határozott állásfoglalásra jutni.

IRODALOM

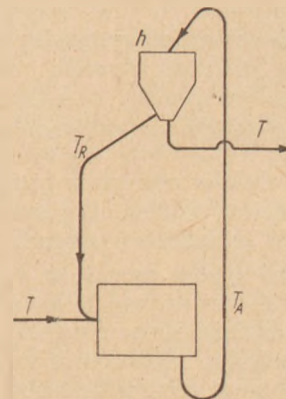
- [1] Schmid A.: Für die Feinmahlung von Zement geeignete Mühlen. Z. K. G. 1950. p. 126—129.
- [2] Anselm W.: Verbundmühle oder Sichter-mühle bei Zementvermahlung, Tonind. Ztg. 1950. p. 11—15.
- [3] Anselm W.: Zerkleinerungstechnik und Staub, Düsseldorf 1950. p. 11.
- [4] Mussgnug G.: Eine Studienreise nach den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Z. K. G. 1951. p. 175—188.
- [5] Börner H.: Sichter-mühle oder Verbundmühle, Z. K. G. 1952. p. 242—253.
- [6] Börner H.: Noch einmal: Sichter- oder Verbundmühle, Z. K. G. 1956. p. 153—170.
- [7] Anselm W.: Stand der Zementherstellung im einfachen Durchlauf und im geschlossenen Kreislauf, Z. K. G. 1956. p. 45—49.
- [8] Wolfe J. M.: Short ball mills for dry raw- and clinker grinding. Pit and Quarry. 1953. oct. p. 99.
- [9] Luebke R. E.: Clinker grinding in ball mills, Pit and Quarry. 1954. apr. p. 135.
- [10] Mittag C.: Ein Verbund- Sichter- Mahlaggregat, Z. K. G. 1955. p. 53.
- [11] Kraus F.: Über die Arbeitsweise von Sichter-mühlen, Z. K. G. 1954. p. 273—281.
- [12] Nikulin K. V.—Lurje Ju. Sz.: Új technológiai berendezések a cementgyárak részére. Építőanyag 1956. p. 360—364. (Orosz eredeti: Cement 1956. 2. sz.)
- [13] Grimme H.: Schwingmahlung von Mörtelbindemitteln. Silikattechnik 1956. p. 109—112.

2. Elméleti megfontolások

2.1. Célkitűzés

A körfolyamatos őrlés elvi vázolata az 1—3. ábrán látható. A malomba vezetett T t/ó klinkermennyiségből a tökéletes leválasztásának feltételezett szélosztályozó a h mikron határszemcse-nagyságnál durvább T_R t/ó darát a malomra visszairányítja, a malom átmenőteljesítménye $T_A = T + T_R$ lesz.

Feladatul tűzttem ki T és h változása esetén a $\tau = \frac{T_A}{T}$ viszonyszám alakulásának tanulmányozását, illetve a $T = f(T_A, h)$ összefüggés megállapítását.



1-3. ábra

Aprítási műveletek tanulmányozásánál két alapvető elméleti kérdést kell tisztáznunk: az energiafogyasztás kérdését és az őrlési termék szemcseösszetételét.

Golyósmalmoknál az energiafogyasztás közel állandónak tekinthető, itt tehát a fajlagos energiafogyasztásra a termékkihozatal lesz az irányadó. Vizsgáltam ennek megfelelően a nyílt- és zárt folyamatoknál az adagolás és kihozatal változását, illetve ezek összefüggéseit.

Ezek tisztázása után az előállított őrlémény szemcseösszetételét vizsgáltam, és pedig főleg általános törvényszerűségek felismerése céljából, de abból a szempontból is, hogy a cementminőség által támasztott követelményeknek a szemcseösszetétel megfelel-e.

Nem képezi tárgyát e dolgozatnak a cement kötésénél fellépő és körülményes, nagyrészt még tisztázatlan fiziko-kémiai jelenségek tanulmányozása. Általánosan elfogadott viszont az a megállapítás, hogy bizonyos méretet meghaladó szemcsék esetében a kötési folyamat csak igen hosszú idő után érne el a szemcse belsejét, azaz a felhalmozott kémiai energia a kötés szempontjából kihasználatlan maradna, másrészt bizonyos mérethatárnál kisebb szemcsék túl gyorsan, részben már felhasználás előtt a levegő páratartalmától lekötnék. A mérethatárok még nem teljesen tisztázottak, azokat valószínűleg a cement kémiai, illetve ásványtani összetétele is befolyásolja. Vizsgálataim során, illetve kidolgozott számítási eljárásomban a 3–30 mikron közötti frakciót tekintettem a legértékesebbnek és e frakció maximumának elérését tűztem ki célul. A vizsgálatok módszere, illetve a számítási eljárás egyébként minden nehézség nélkül más mérethatárokra is alkalmazható.

Az őrlés elméleti kérdései — mint ismeretes — még távol vannak a tisztázástól. Számításaimban azonban bizonyos tételeket alapul kellett vennem, az amúgy is fennálló bizonytalanságokra való tekintettel ezért a legegyszerűbb alakú tételekből indultam ki. Az eredményeket azután a kívánt érvényességi körön belül irodalmi adatokkal és saját kísérleteim eredményével egyeztettem; a választott egyszerűsítések ily módon jogosnak bizonyultak.

22. Az aprítás energiafogyasztása

Az aprítás energiafogyasztása tekintetében, mint ismeretes, két régi hipotézis versengett egymással több évtizeden át: a *Rittinger*-féle „felületi” és a *Kirpicsov—Kick*-féle „térfogati” elmélet.

A felületi elmélet szerint az energiafogyasztás arányos a feltárt új felülettel. Ezen elmélet a hasítás, szeletelés szemléletén alapszik.

A térfogati elmélet szerint az energiaszükséglet az aprítandó test anyagi jellemzői mellett annak térfogatától függ. Ez az elmélet a testek rugalmas alakváltozására vonatkozó ismert képletekből indul ki, de nem veszi tekintetbe a finom aprítás végrehajtása során szükséges ismételt behatásokat.

Az idők folyamán kiderült, hogy egyik elmélet sem szolgáltatja és nem is szolgáltathatja a valóságos energiaszükségletet, mert hisz az sok paraméternek a függvénye.

Rideg, vagy közel rideg anyagok — és itt csak ilyenekkel foglalkozunk — aprításánál bizonyos fokú rugalmas feszítés után és maradandó alakváltozás nélkül kerül sor a kohéziós kapcsolat megszüntetésére. A rugalmas feszítést pedig valamely mechanizmus működése idézi elő.

Így pl. a témát képező golyósmalomnál az energia felhasználása a következő folyamatot követi (belülről kifelé haladva):

1. A rugalmasság határáig rugalmasan megfeszített anyag kohéziós kapcsolatának megszüntetése, felületi és felületi energia szabaddá tétele. Ez arányos a szabaddá váló felülettel, a felületi elmélet csakis ezzel számol.

A *Rittinger*-törvényt számszerűleg a következőképpen szokás figyelembe venni:

$$M = k \left(\frac{1}{\delta} - \frac{1}{d} \right) \quad (22-1)$$

és

$$M_1 \delta_1 = M_2 \delta_2 \quad (22-2)$$

ahol M a befektetett munkát, d a kiinduló, δ az elért átlagos szemnagyságot jelenti, k arányossági tényező, az 1 és 2 index az aprítási folyamat egy korábbi és egy későbbi fázisára vonatkozik.

A (22—1) képlet azt mutatja, hogy δ csökkenésével M értéke rohamosan növekszik. De ugyanakkor $\frac{1}{d}$ elhanyagolhatóvá válik, azaz az energiafogyasztás finomraaprításnál (örlésnél) független a kezdőállapottól.

A (22—2) képlet szavakkal kifejezve azt jelenti, hogy az aprítás bármely fázisában az addig befektetett munka és az elért szemnagyság szorzata állandó marad. A (22—2) képlet a (22—1)-ből azáltal következik, hogy $\frac{1}{d}$ értékét $\frac{1}{\delta}$ mellett elhanyagolják.

2. A test rugalmas megfeszítése. A rugalmas alakváltozás Hooke-féle törvénye szerint ennek energiaszükséglete

$$M = \frac{\sigma^2}{2E} V$$

ahol M az energiaszükséglet cmkg

σ a keresztmetszetegységre eső erőhatás kg/cm²

E a rugalmassági modulus kg/cm²

V a test térfogata cm³.

Ez tehát arányos a térfogattal, a térfogati elmélet csakis ezzel számol.

3. Az 1. és 2. alattiakhoz energiát szolgáltató őrlőtestek mozgatása során fellépő súrlódás.

4. Magának a malomnak a mozgatása során fellépő mechanikai veszteségek (csapsúrlódás, hajtómű veszteségei).

Szűkösen rendelkezésre álló irodalmi források alapján a teljes energiafogyasztás e négy részlege egymásközti arányát a következőkre becsülhetjük:

Minden irodalmi forrás egyetért abban, hogy az 1. alatti, az aprítás hasznos munkája a teljes felhasznált energiának soha nem éri el az 1%-át [1].

A 2. és 3. alatti viszonyszáma tekintetében a *Smékal* által közölt kísérletek azt mutatják, hogy az ejtőgolyó a golyósmalom munkájához képest csak kb. $\frac{1}{16}$ részt igényel [1].

A 4. alatti tekintetében elfogadhatjuk *Anselm* ismert és egy $2,2 \varnothing \times 13$ m méretű cementmalomra vonatkozó, sokszor idézett adatait. E szerint a csapsúrlódás és hajtóművesztés a bevezetett energiának mintegy 13%-át tette ki [2].

Ugyanitt az elméleti aprítómunka 0,6% volt.

Ezek alapján az energiafogyasztás egy többkamrás golyósmalomban nagyjából a következőképpen oszolhatik meg :

- 1. Felületképzés 0,6%
- 2. Rugalmas feszítés 5,4%
- 3. Órlótest súrlódás 81,0%
- 4. Gépezeti vesztés 13,0%

Láthatjuk, hogy a Rittinger-törvény igaz a golyósmalom energiafogyasztásának 0,6%-ára, a térfogati törvény az 5%-ára. Túl merész általánosítás bármelyiket is az egész energiafogyasztásra vonatkoztatni!

A helyzet mégsem ilyen reménytelen, mert *S. Kiesskalt* igen alapos kísérletei éppen golyósmalommal kapcsolatban kimutatták, hogy a Rittinger-törvény minden fizikai megalapozottság nélkül, tisztán statisztikai alapon alkalmas az energiafogyasztás nagyságrendi megítélésére [3].

A nagyobb nyersanyagsemcsék első szétütésének fázisában éppígy jogosultnak tűnik a térfogati elmélet alkalmazása.

Általában megjegyzendő, hogy ily számításoknál mindenkor utólagos kísérleti igazolás szükséges ahhoz, hogy akár a felületi, akár a térfogati elmélet számszerű alkalmazása megengedhető volt-e, vagy sem. A megengedhetőség azt jelenti, hogy a teljes energiaszükséglet az adott körülmények között és a kísérletek által közrefogott számszerű határok között arányosan változott annak 1., illetve 2. jelzésű, jelentéktelen hányadával

Az előadottak figyelembe vételével finomörlésre vonatkozó későbbi számításaimban a Rittinger-törvény (22—2) alakját használtam. A levezetett eredmények kísérleti igazolása természetesen mindenkor elengedhetetlen volt.

23. Örlemények szemcseösszetétele

Örölt halmazok szemcseösszetétele tekintetében a *Rosin—Rammler*-összefüggéssel számoltam és a RRB-féle ábrázolást használtam. A szemcsenagyságra vonatkozó kísérleti vizsgálataimat — alkoholban való ülepítés — 2 mikronig terjesztettem ki és addig a határig ez a számítási mód nem vezetett ellentmondásokra. A *Rosin—Rammler* képletet ebben a *Bennet*-től származó alakban írtam :

$$R(x) = 100 \exp \left[- \left(\frac{x}{x_0} \right)^n \right] \quad (23-1)$$

vagy

$$D(x) = 100 \left\{ 1 - \exp \left[- \left(\frac{x}{x_0} \right)^n \right] \right\} \quad (23-2)$$

Az eloszlás súly szerinti átlagértéke

$$A = \bar{x} \frac{1}{n} !$$

\bar{x} tehát nem azonos az átlagértékkel, de $n = 0,8 - 1,2$ határok között attól kevéssé tér el.

A fajlagos felület értéke :

$$F = \frac{6}{\gamma} \int_0^{x_{\max}} \frac{dR(x)}{dx} \quad (23-3)$$

$n \equiv 1$ esetén $F = \infty$, ami természetesen lehetetlen, $n > 1$ esetén

$$F = \frac{6}{\gamma} \frac{1}{x} \left(- \frac{1}{n} \right) ! \quad (23-4)$$

ugyancsak túl magas értéket eredményezhet.

E. Rammler javasolta ezért az alsó integrálási határt $x_{\min} = 0,1$ mikronban, vagy $R = 99,9\%$ -ban felvenni [4]. A *Rosin—Rammler*-megoszlás érvényessége azonban bizonyos meg nem határozott alsó szemnagysághatárnál megszűnik és akár a (23—4) képlet szerinti, akár az $R = 99,9\%$ szerinti értékek ezért önkényesnek és a valóságtól jórészt eltérőnek tűnnek.

A fajlagos felületre vonatkozó minden számítás azt mutatja, hogy a legalsó frakciók hatása a túlnyomó és az alsó szemcsehatár nem lényeges kiterjesztése is már meghatározó mértékben növeli meg a fajlagos felületet.

Minden, a fajlagos felületre vonatkozó adatközlés tehát csak akkor válik egyértelművé, ha meg van adva a figyelembevett alsó szemcsehatár, de még ekkor is kérdéses, hogy mit hanyagoltunk el — és ez főként az n egyenletességi tényezőtől függ.

Összehasonlításra két fajlagosfelület-mérőszám csak akkor alkalmas, ha

- a) megadjuk a figyelembevett alsó szemnagysághatárt és
- b) a két szemszerkezet n egyenletességi tényezője azonos.

Rá kell mutatnom, hogy a gyakorlatban ez a két feltétel a legritkább esetben teljesíthető és így minden a fajlagos felületre vonatkozó adatközlés — a legkomolyabb irodalmi forrásokban is — csak a legnagyobb kritikával fogadható el.

Az üzemi gyakorlatban kétféle fajlagos felület meghatározás terjedt el : a turbidimetria és a permeabilitásos módszer. Ezek közül a permeabilitás-mérés kb. kétszeres értéket ad ; a turbidimeter néhány mikron, a permeabilitásmérő néhány tized mikron alsó szemcsehatárig veszi figyelembe a szemcséket.

Az előbbieket szerint nemcsak e két eljárás nem alkalmas egymás közötti összehasonlításra, de eltérő anyagoknál és eltérő örlési eljárásnál az azonos módszerrel meghatározott fajlagos felület sem tükrözi az örlemény valóságos tulajdonságait.

Amikor kb. 15 évvel ezelőtt bevezették a szítálás helyett a fentemlített és azóta elterjedt fajlagos felületmérőket, azt hitték, hogy a joggal kritizálható szítálás helyett (amely az örlemény-

nek a szítán áthulló túlnyomó részéről semmit sem mond) objektív mérési eljárást bocsátottak az ipar rendelkezésére. Meg kell állapítanom, hogy a kérdés még messze van a megoldástól. Még sajnálatosabb, hogy ezt a komoly szakirodalom és szabványalkotás sem veszi tekintetbe. (Blaine-szám, mint az őrlemény kizárólagos jellemzője!)

Későbbi számításaimban a fajlagos felület értékét az Anselm által javasolt egyszerű közelítő képlettel számítottam:

$$F = \frac{36,8 \cdot 10^4}{\bar{x} n \gamma} \quad (23-5)$$

ahol \bar{x} mikronban, γ g/cm³-ban helyettesítendő és F értékét cm²/g-ban kapjuk. A formafaktort — egynemű őrlemények összehasonlításáról lévén szó — elhagytam.

24. Az őrlés kinetikája

A szemszerkezet időbeli változását az $R(t)$, $x = \text{konst}$ függvény írja le. Az ún. malomdiagram (1—1. ábra) is ezt ábrázolja.

V. V. Aljavin feltételezte, hogy az „őrlési sebesség”, azaz az időegységben megőrlődő, az előírt minősítősztán az időegység elmúltával újonnan áteső anyagmennyiség arányos a malomtérben levő, még aprítatlan anyagmennyiséggel [5].

$$\frac{dR}{dt} = -kR$$

és

$$R = R_0 \exp(-kt) \quad (24-1)$$

ahol R_0 a szitammaradék a folyamat kezdetén.

A kísérletek a (24-1) képletet nem igazolták, ezért Aljavin a következő empirikus képletet javasolta:

$$R = R_0 \exp(-kt^n) \quad (24-2)$$

amely alakilag egyező a Rosin—Rammler megoszlás (23-1) képletével.

RRB koordinátarendszerben tehát a képlet érvényességi határáig egyenessel ábrázolható.

A (24-2) képlet egyébként könnyen kimutathatóan a Rittinger-törvény és Rosin—Rammler-összefüggés egyidejű fennállásának folyománya. A diagramm felfelé való elhajlása az n egyenletes-

ségi tényező növekedésének (1. 6. fejezet), lefelé hajlása pedig a Rittinger-törvénytől való eltérés túlnyomó hatásának következménye.

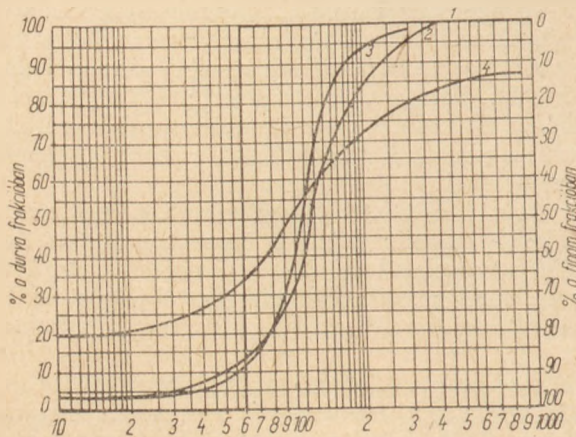
25. Szélosztályozás

Szélosztályozóra vezetett őrlemények szemszerkezete az osztályozás élességétől függ. Az osztályozás élességének jellemzője az osztályozási diagram, amely minden szemcseméretre nézve megadja, hogy abból hány százalék került a durva, illetve finom halmazba. Ideális esetben az osztályozási diagram a határszemcseméretnél 0-ról 100%-ra emelkedő lépcső, kevésbé éles osztályozásnál a diagram egyre jobban ellaposodik.

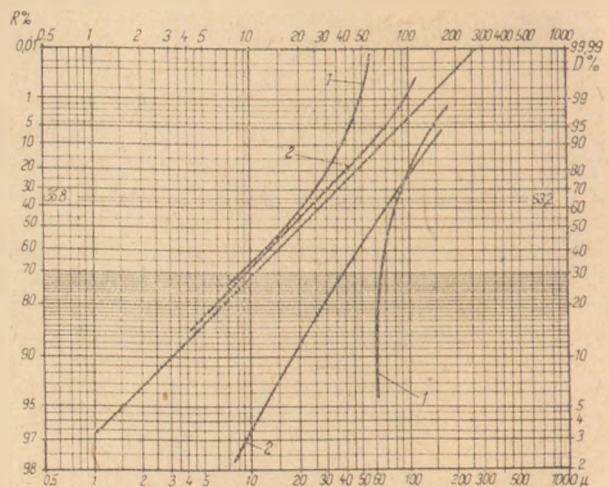
A 2—1. ábra különböző osztályozási diagramokat tüntet fel. Az 1 jelzésű lépcsős diagram 60 mikron határszemcséjű, ideális osztályozóra vonatkozik. A 2 jelzésű diagram a később leírt üzemi kísérleteknél használt 2800 mm \varnothing tatabányai bauxitgyári osztályozó kimért diagramja (normális $n = 210$ fordulatszám és 2—4,5 t/ó feladott anyag terhelés mellett). A határszemcse nagyság (50%-os szétválasztás) 115 mikron. A 3 jelzésű diagram éles leválasztású 105 mikron határszemcse nagysággal, a 4 jelzésű kevert szemcszetű, 95 mikron határszemcse nagysággal.

Az osztályozási diagram ismeretében mód van bármely az osztályozóra vezetett, ismert szemcszetű őrlemény finom és durva frakciója szemszerkezetének meghatározására. Ideális esetben, ha az elválasztás egy határszemcse nagyság mentén történik, RRB diagramban a feladott őrlemény szemszerkezetét ábrázoló egyenes elvágandó, a ferde egyenes baloldali alsó része kiegészítve a felfelé tartó határszemcse nagyság-függőlegessel ábrázolná a finom frakciót, az egyenes jobboldali felső része és a határszemcse nagyság lefelé tartó függőlegese a durva frakciót. Ez az ábrázolás azonban módosítandó annyiban, hogy az eredeti őrlemény %-ában adja a szitammaradékot. Átszámítva a két termék %-ára, két görbét kapunk, amelyeknek az említett egyenesek aszimptotái.

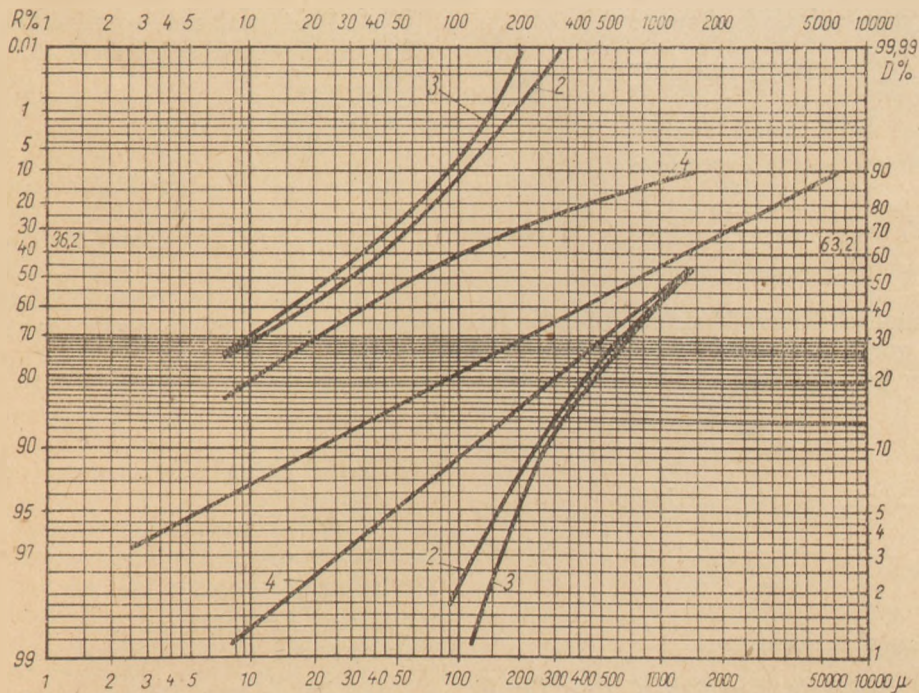
A 2—2. ábrán $R(90) = 5\%$ és $n = 1$ által jellemzett cementőrleménynek a 2—1. ábra 1 jel-



2-1. ábra



2-2. ábra



2-3. ábra

zésű, 60 μ határszemcsenagyságú ideális osztályozási diagramja szerinti szétválasztását látjuk.

Ugyanezen ábrán van feltüntetve a szóbanlevő őrlemény két osztályozási terméke a tatabányai szélosztályozó 2—1. ábra szerinti 2 jelzésű osztályozási diagramja felhasználásával.

Egy $R(90) = 80\%$ és $n = 0,5$ adatokkal jellemzett durva őrlemény osztályozási frakciói a 2—1. ábra szerinti 2, 3 és 4 jelű osztályozási diagram szerint a 2—3. ábrán láthatók.

A közölt gondolatmenetből jól látható, hogy ellenében az irodalomban általában képviselt felfogással, osztályozott őrleményre nézve már megszűnik a RRB koordinátarendszerben egyenessel való ábrázolhatóság. De azt is láthatjuk, hogy ha a leválasztás nem éles, az eltérés az egyenestől nem számottevő.

Ennél az alaki eltérésnél sokkal lényegesebb azt észrevennünk, hogy már eredetileg finom őrlemények szélosztályozott terméke szemszerkezetének a finom frakciókra eső része — és így fajlagos felülete is — alig tér el az osztályozatlan termékétől. Szélosztályozással lényegesen lecsökkenthetjük a 90 mikronos szitamaradékot, anélkül, hogy a terméknek pl. a cementkötés szempontjából mértékadó tulajdonágait javítottuk volna (2—2. ábra). Eredetileg durva őrlemények tulajdonságai viszont osztályozással megjavíthatók, de csakis éles leválasztású osztályozóval (1. 2—3. ábra)

IRODALOM

- [1] Smékal A.: Grundvorgänge der Hartzerkleinerung, Z. VDI. 1937. p. 1321—1326.
- [2] Anselm W.: Zerkleinerungstechnik und Staub. — Düsseldorf 1950. p. 51.
- [3] Kiesskalt S.: Neue Ergebnisse der Feinzerkleinerung, Z. VDI. 1955. p. 1009—1011.
- [4] Rammler E.: Zur Ermittlung der spezifischen Oberfläche des Mahlgutes. Z. VDI Beiheft Verfahrenstechnik, 1940. Nr. 5. p. 150—160.

[5] Perov V. A.—Brand V. J.: Feinmahlen der Erze, Berlin, 1954. p. 30—32. — (Orosz eredeti Moszkva, 1950.)

3. Golyósmalmok üzemtanára vonatkozó megjegyzések

A későbbiekben az őrlemény szemcseszerkezete és a golyóbehatások (ütések) száma között igyekszem összefüggést megállapítani. Ennek érdekében a golyómozgásból adódó ütésszámot kell kiszámítani. A c_s összes ütésszám három tényező szorzata: egyetlen golyó percenkénti ütéseinak száma ($ü$), a röppályát leíró golyók száma (m) és az anyagnak a malomban tartózkodási ideje (i). Mindhárom tényezőt külön vizsgáltam.

31. A golyómozgás kinematikája

A golyómozgásra nézve a Davis-féle, azaz a parabolikus röppályák elméletét vettem alapul. Ismeretes, hogy ez nem veszi figyelembe az emelkedő pályaszakasz kényszermozgású jellegét de a későbbi számítások céljára az ezzel nyerhető pontosság is megfelel.

A golyómozgás kinematikai jellemzőjéül a Froude-féle számot

$$Fr = \frac{R\omega^2}{g} = \left(\frac{n}{n_{kr}} \right)^2 \quad (3-1)$$

választottam. (R a keringés sugara, n a tényleges, n_{kr} a kritikus fordulatszám). Ennek függvényében a különböző sugarú körpályákon mozgó golyók mozgási jellemzői sokkal egyszerűbben fejezhetők ki, mintha az irodalmi gyakorlat szerint az ω szögsebességet használjuk. Az egyszerű levezetések leírását mellőzöm.

A röppályamozgás időtartama :

$$t_r = \frac{4}{\sqrt{g}} \sqrt{Fr - Fr^3} \sqrt{R} \quad (3-2)$$

a dobbal együttmozgás időtartama :

$$t_f = \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{2\pi - 4\alpha}{\sqrt{Fr}} \sqrt{R} \quad (3-3)$$

Figyelemmel a becsapódásokat követő felgyorsulásra, a golyóciklus ideje felvehető $t^* = 1, 1 (t_r + t_f)$ -re, egy golyó percnkénti ütéseinak száma pedig

$$\ddot{u} = \frac{60}{t}$$

A malom körülfordulásának ideje

$$t_m = \frac{2}{\sqrt{Fr}} \sqrt{R} \quad (3-4)$$

végül a golyó esési magassága

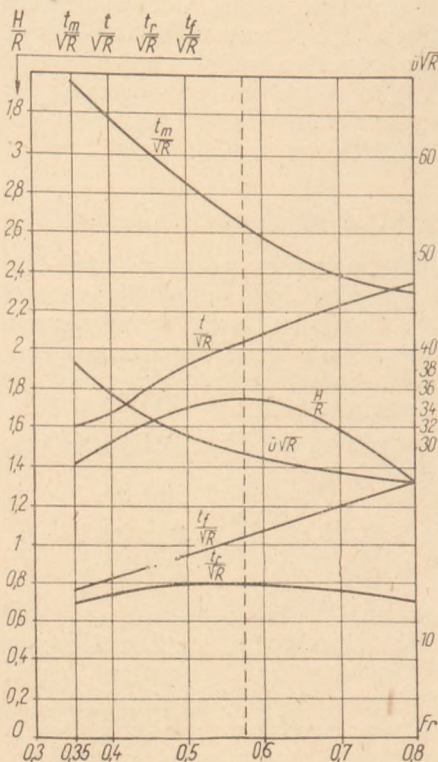
$$H = 4,5 Fr (1 - Fr^2) R \quad (3-5)$$

ahol R a mindenkori pályasugár, α a leválási szög (a röppálya kezdőpontja).

Fr 0,35 és 0,8 közötti értékeihez tartozó

$$\frac{t_r}{\sqrt{R}}, \frac{t_f}{\sqrt{R}}, \frac{t}{\sqrt{R}}, \ddot{u}\sqrt{R}, \frac{t_m}{\sqrt{R}} \text{ és } \frac{H}{R}$$

értékek változása a 3-1. ábrán látható. Az $Fr = 0,577$ optimum környezetében t_r , \ddot{u} és H változása lassú, azaz a malom a fordulatszám pontos beállítására kevésbé érzékeny.



3-1. ábra

A röppályamozgásban résztvenni képes golyók elhelyezkedésének belső határát, mint ismeretes, a $\text{tg } \alpha = \sqrt{7}$, illetve $\alpha = 1,21 = 69,295^\circ$ leválási szög jellemzi.

Ebből kiszámítható, hogy a gyakorlatban szokásos $n = \frac{32}{\sqrt{D}}$ fordulatszám esetén ($Fr =$

$= 0,577$), a röppályamozgásban résztvenni képes töltetmennyiség az $\varepsilon = 19,3\%$ töltési foknak felel meg, egyetlen golyó percnkénti ciklusainak (ütéseinek) átlagos száma pedig, az elhelyezkedést is figyelembe véve

$$\ddot{u} = \frac{34,5}{\sqrt{R_k}} \quad (3-6)$$

ahol R_k a legkülső pálya sugara (a malomdob belső sugara).

Eltérő Froude-szám esetén a (3-6) képlet közelítőleg oly módon helyesbíthető, hogy számológóját az $Fr = 0,577$ -hez tartozó $\ddot{u}\sqrt{R} = 30$ és a tényleges Fr értékhez tartozó $\ddot{u}\sqrt{R}$ arányával megszorozzuk (l. 3-1. ábra).

IRODALOM

A golyómozgás kinematikájára vonatkozóan e pontban használt tételek részletes tárgyalása megtalálható pl. a következő alapvető, illetve összefoglaló munkákban :

Davis E. W.: Fine crushing in ball mills, Transactions AIME Vol LXI (1920) p. 250—296.

Joisel A.—Bérebent A.: Mécanique interne du broyeur a boulets. Revue des Matériaux No. 434—439. 1951—1952.

Perov V. A.—Brand V. J.: Feinmahlen der Erze. Berlin 1954. p. 78—84. (Orosz eredeti Moszkva 1950.)

Beke B.: Aprítás és fajtázás, Budapest 1952. p. 85—96.

Tarján G.: Ércelőkészítéstan, Budapest 1954. p. 113—126.

32. A golyótöltet összeállítása

A Davis-féle elmélet szerint röppályát, mint az imént láttuk, csak az $\alpha = 69,295^\circ$ leválási szögnek megfelelő töltési fokon belül elhelyezkedő golyók irhatnak le. Modellkísérletekről készített fényképfelvételek viszont azt mutatják, hogy ennél nagyobb töltési fok is golyómozgást hozhat létre [1], [2]. Nagyüzemi malmoknál a röppályamozgást előmozdítja a hullámos páncélozás is. Számításaiiban ezért a tényleges golyó, illetve őrlőtetszámmal számoltam.

A tényleges golyószám elsősorban a betöltött golyók méreteitől függ. A legkülönbözőbb irodalmi források egyaránt a $d^2 = cx$ képletet adják meg a golyóméretre, ahol d a golyóátmérő, x a szemcseátmérő, mindkettő mm-ben, c az anyagtól függő állandó, értéke cementre kb. 600. E képlet az őrlőttest méretének az őrlemény méretéhez való alkalmazkodását írja elő. Miután a malomban a finomodó őrlemény egész szemcsekalaja elkerülhetetlenül jelen van, a feltöltéshez bizonyos szemcsehatárok közötti, változó méretű golyókat kell használni.

A golyóméret megválasztásánál szerepet játszik az őrlendő anyag és az őrlőttest keménysége, szívós-

sága, a malom mérete, fordulatszáma, töltési foka, stb. Mindezek a befolyásoló tényezők a képlet c állandójában kell, hogy kifejezésre jussanak.

Különös hangsúllyal kívánok itt rámutatni a malom átmérőjének befolyására. Bár ezt a legtöbb kézikönyv megemlíti, de meg is elégszik a felemlítéssel, holott nézetem és vizsgálataim szerint a legnagyobb golyó kiválasztásánál szerepe kiemelkedő fontosságú.

A malomba adagolt anyagszemcsék első aprítása, szétzúzása a rázuhanó golyók hatására veszi kezdetét. Itt pedig egyáltalán nem közömbös, hogy a rázuhanás milyen magasságból történik. Kinematikailag hasonló folyamatok feltételezése mellett ez az energiaközlés arányos lesz a malom átmérőjével.

Valamely anyagszemcse első szétzúzásához — a térfogati elmélet figyelembevételével — a szemcsének a rugalmassági, egyben törési határig terjedő rugalmas megfeszítésével egyenlő energia közlendő, ez az energia egyrészt arányos a szemcse térfogatával, másrészt a zúzógolyó súlyával és esési magasságával — azaz az előbbi megszorításával a malom átmérőjével.

Helyesnek tűnik a malom átmérőjét eszerint oly módon tekintetbe venni, hogy a zúzáshoz szükséges golyóenergiát írjuk elő, amely pedig arányos a Dd^3 mennyiséggel, ahol D a malom és d a golyó átmérője.

Kísérleteim és megfontolásaim azt mutatták, hogy az ejtési magasság, azaz a malomátmérő az egyszerű arányosságnál jobban érvényesül és nem a Dd^3 , illetve DG (G a golyósúly) szorzat, hanem kb. a $D^{1.5}d^3$, illetve $D^{1.5}G$ szorzat mutatkozik állandónak.

Vegyük még figyelembe, hogy az ejtőgolyó *Smékal* ismert közlése szerint (l. 22 pont) mintegy 15-szörös gazdaságosságú a golyósmalomhoz képest. Ennek fő okát abban kell látnunk, hogy a golyók a malomban való lezuhanásuk alkalmával nem a szemcsét, hanem egymást találják el. Magától értetődő, hogy ha ugyanazon térben nagyobb számú kisebb golyót helyezünk el, az ütés számának növekedésével a találati valószínűség is növekszik, azaz a gazdaságosság javul. Erre pedig a nagyobb magasságról való ejtés, a nagyobb átmérőjű malom ad lehetőséget, ahol még ráadásul az esési magasság egynél magasabb hatvánnyal, tehát fokozottan érvényesül.

Ugyanez a gondolatmenet alkalmazható annak a sokszor felvetett kérdésnek eldöntésénél is, hogy alkalmazunk-e a golyósmalom előtt zúzó-művet.

A zúzómű hatásfoka általában nem jobb a golyósmaloménál [3], beépítése tehát közvetlen energetikai előnyt nem jelent, de lényeges szerepet játszhat a golyósmalom kedvező üzemviszonyainak megteremtésében. Az előzúzó lehetővé teszi kevésszámú nagy golyó helyett nagyszámú kis golyó betöltését, ez pedig, főként kis dobátmérő esetén, szabadabb kezét biztosít a körfolyamat anyagforgalma és az őrlemény szemszerkezete befolyásolása tekintetében (l. 6. pont).

Megfontolandó még az esetleg alkalmazásra kerülő előzúzó típusa is.

Ütéssel működő kalapáctörő vagy hajítótörő nagy porképző, a por pedig a malom elején párnázó hatásával csak bajt okoz. Ily előzúzó tehát csakis erős szellőzésű, vagy légáramkihordású malomnál kerülhet szóba. Klinkerörlésnél helyesebb az egyenletes szemcsézetet szolgáltatató granulátorok (főleg Symons-rendszerű granulátorok) beépítése.

33. Az őrlemény áthaladási ideje

Az őrleménynek a malmon való áthaladási ideje egyszerűen kiszámítható, ha ismerjük a malom átmenőteljesítményét és a normális és kívánatos üzemmenetnek megfelelően feltételezzük, hogy az őrlendő anyag az őrlőtestekkel szintesen helyezkedik el (túlterhelt, vagy üresen járó malomnál ehhez képest lényeges eltérés is előfordul, ezt adott esetben mindenkor külön kell számításba venni.)

A malomban az őrlőtestek átlagos térkitöltése $\frac{4600}{7800} = 59\%$ -os. Az anyag részére rendelkezésre álló hézag $100 - 59 = 41\%$. Legyen az anyag térkitöltése 60% -os, akkor az anyag elfoglalja a teljes tér $0,41 \cdot 0,60 = 0,246$, azaz $24,6\%$ -át.

Az őrlőtest-anyag súlyaránya:

$$\frac{0,59 \cdot 7,8}{0,246 \gamma_a} = \frac{19}{\gamma_a}$$

ahol γ_a az anyag fajsúlya t/m^3 -ben.

A malomban ezek szerint a következő anyagmennyiség tartózkodik:

$$A = \frac{4,6 R_k^2 \pi L \varepsilon}{19 \gamma_a} = 0,76 R_k^2 L \varepsilon \gamma_a \quad (3-7)$$

(L a malom hossza m -ben, ε a töltési fok).

Ez az anyagmennyiség másrészt egyenlő stacioner állapotban a malom átfutási ideje alatt betáplált, illetve kiürülő anyagmennyiséggel (mert különben növekednék, vagy csökkenne az anyagfelszín).

A malom energiafelvétele az ismert *Blanc*-féle képlet szerint $N = C Q \sqrt{D}$ és a szokásos töltési fokok mellett, kW -ra számítva

$$N = 156 R_k^{2.5} L \varepsilon \quad (3-8)$$

Ha a malom fajlagos teljesítménye f $kg/kWó$, akkor a teljesítmény:

$$T = \frac{N f}{1000} = 0,156 R_k^{2.5} L \varepsilon f \quad t/ó \quad (3-9)$$

és az átfutási idő percben:

$$i = \frac{60 A}{T} = \frac{300 \gamma_a}{f \sqrt{R_k}} \quad (3-10)$$

Az átfutási idő megállapításának leírt gondolatmenete a nyíltfolyamatú őrlés egyszeri átfutására vonatkozik. Könnyen belátható azonban, hogy a (3-9) alatti képlet zárt folyamatra is érvényes. Legyen ugyanis a malom teljes átmenőterhelése (beleértve a T kimenő teljesítményt is) $T_A = \tau T$, akkor A változatlan értéke mellett az egyszeri

átfutás ideje $\frac{A}{T_A} = \frac{A}{\tau T}$ volna, de a τ -szoros körbenjárás figyelembevételével változatlanul $\frac{A}{T}$ a malomban tartózkodás átlagos ideje. (Az áthaladási sebesség természetesen τ -szoros.)

34. A golyóbecsapódások teljes száma

Láttuk 3—6 alatt, hogy egyetlen golyó per centenkénti ütéseinek száma $\bar{u} = \frac{34,5}{\sqrt{R_k}}$, 3—10 alatt pedig, hogy az anyag áthaladási ideje a malmon:

$$\bar{i} = \frac{300 \gamma_a}{f \sqrt{R_k}}$$

A malomban levő golyótöltet golyóinak, illetve őrlőtestjeinek száma az egyes méretekből betöltött súly alapján gyorsan kiszámítható.

Ha azonos töltetsúlyt eredményező d átlagos golyóátmérőt veszünk tekintetbe, akkor a golyók száma

$$m = \frac{R_k \pi L \varepsilon \cdot 4600}{d^3 \pi \cdot 7800} = 3,54 \frac{R_k^2 L \varepsilon}{d^3}$$

és a csapódások teljes száma az áthaladás ideje alatt

$$\begin{aligned} c_{\bar{u}} &= \frac{34,5}{\sqrt{R_k}} \cdot \frac{300 \gamma_a}{f \sqrt{R_k}} \cdot \frac{3,54 R_k^2 L \varepsilon}{d^3} = \\ &= 37\,000 \frac{R_k L \varepsilon \gamma_a}{f d^3} \quad (3-11) \end{aligned}$$

35. A malom hossza és átmérője

A golyósmalom energiafelvételének a terheléstől (kihozattaltól) való függetlensége azt mutatja, hogy ha az őrlemény finomságával nem törődünk, a malom kihozatala növelhető. Sokszor felmerül a kérdés, különösen, ha körfolyamatos rendszerre kívánunk áttérni, hogy hol van a terhelhetőség határa.

Az üzemi gyakorlat erre azonnal megfelel: minden üzemben levő malom bizonyos — nem nagy — túlterhelésnél feltelik, nem sokkal a szokásos őrlési finomság felett a malom már nem fogad be több anyagot.

E jelenség magyarázatával az irodalom nem foglalkozik, holott a körfolyamatos őrlés előnye csakis nagy terhelhetőségnél jelentkezhetnek.

Az első kérdés ezzel kapcsolatban az, hogy mi okozza az anyagnak a vízszintes tengelyű malomban meghatározott irányban a beömlő végtől a kiömlővéig felé való folyamatos haladását. E kérdésben az irodalom ugyancsak nagyon szűkszavú.

Nedves őrlés tekintetében A. F. Taggart kifejti, hogy a kiömlőcsap belső átmérője nagyobb, mint a beömlőcsap és így a hidraulikai nyomás hajtja keresztül a zagyot, illetve iszapot a malmon. Ugyanez a hidraulikus nyomás rendelkezésre áll periferikus kiömlésnél, vagy kihordókamránál is, ekkor a dob fenékszintjéig terjedő szintkülönbség szolgáltatja a mozgató energiát [4].

Száraz őrlés esetére is a szintkülönbséget tekinteti mozgatóerőnek V. P. Romadin a szénőrlésről szóló alapvető munkájában. Ebből a feltevésből kiindulva nagy matematikai apparátussal fog hozzá a mennyiségi viszonyok tisztázásához, sajnos az egyenleteiben szereplő állandók bizonytalansága eredményeinek gyakorlati használhatóságát kérdésessé teszi [5].

Ezzel ellentétes megállapításokat tett H. Fischer 1904. évben közzétett klasszikus dolgozatában. Szerinte a beömlővégen bejutó és a golyók hatásának kitett anyag valóságos szétfreccsen és pedig abban az irányban, amerre hely van, azaz a kiömlés felé. Összefoglaló szakkönyvekben C. Naske és újabban C. Mittag is ezt a magyarázatot közlik [6]. Ez valóban magyarázatot ad az üres malom megindításakor fellépő jelenségre, de adós marad azzal, hogy mi történik, ha például egy előzőleg feltelt, befulladt malmot újra megindítunk.

Véleményem szerint száraz őrlésnél is inkább a hidraulikus elképzelés adhatja a jelenségek magyarázatát. Feltételezhető, hogy az állandó mozgató, golyóbombázás következtében a fokozatosan porrá váló anyag a fluidizált állapotot megközelíti és már folyadékként viselkedik.

Ez a magyarázat azonban még távol van attól, hogy módszert adjon a malom be-, ki- és átömlő nyílásainak méretezéséhez. Mindenesetre az a tény, hogy malmaink már kis túlterhelésnél befulladásnak, arra mutat, hogy körfolyamatos rendszerrel a jelenlegi szerkesztési gyakorlaton változtatni kell.

A számszerűségeket tekintetében az alábbi gondolatmenet némi támpontot szolgáltat:

Az L hosszúságú malomban az anyag átlagos áthaladási sebessége $\frac{L}{\tau}$ és ha az anyagot egy pillanatra a malomban egyenletesen eloszló porfelhőnek tételezzük fel, a kiáramló „felhő térfogat” $\frac{L}{\tau} R^2 \pi$. Helyettesítve i (3—10) alatti értékét majd a súly (3—9) szerinti értékét a térfogattal elosztva, kapjuk a „felhő” térfogatsúlyát, a por-koncentrációt, amely $0,25 \varepsilon \gamma_a t/m^3$. Körfolyamatban az átáramló térfogat is, súly is τ -szoros, azaz viszonyszámuk változatlan.

Pl. cementőrlésnél, $\varepsilon = 25\%$ töltési fok mellett

$$0,25 \cdot 0,25 \cdot 3,2 = 0,2 t/m^3$$

Nagyüzemi finomőrlő malmaink többkamrásak és a kamrafalak szabad szelvénye általában a dobkeresztmetszet mintegy 10%-a. Továbbra is egyenletes eloszlást feltételezve, a résekben a cementőrlemény az előbbi érték tízszeresére, 2 t/m³-re sűrűsödnek be. Ismert, hogy cement ennyire csak nagynyomású sajtóban sűrűsíthető össze. Ha még figyelembe vesszük, hogy az eloszlás a malomtérben nem egyenletes és az anyagnak az alsó térrész válaszfalrésein kell áthaladni, akkor láthatjuk, a golyók kalapáló hatása nem lesz elegendő ahhoz, hogy az anyagot átpréselve, a malmot egyáltalán működésben tartsa. Ezzel tehát arra a meglepő megállapításra jutottam, hogy

a többkamrás malom — szellőzés nélkül — nem lehet működőképes.

A szellőzés természetesen alapjában változtatja meg a mozgásviszonyokat.

A malomszellőzés és légáramkihordás kérdéseivel részletesen nem foglalkoztam és így nem is kívánok határozott értékek mellett állást foglalni. De minden közelebbi tanulmány nélkül is világos, hogy ha előírunk pl. 1 m/sec légsebességet a malomterében, akkor a 10% szabad szelvényű résekben 10 m/sec adódik, amely gyakorlatilag minden előforduló szemcsét magával ragad, és a lebegő szemnagyság összefüggéséből következik, hogy ennek a szellőzésnek csekély töredéke is elegendő a rések bizonyosmérvű öblítésére, illetve legalább a finomabb szemcsefrakcióknak a következő kamrába juttatására.

Újabb konstrukcióknál a többkamrás malom válaszfalain 20% szabad keresztmetszetet is elértek már, de a helyes megoldás mindenképpen a válaszfalak lehetőség szerinti mellőzése. Az utóbbi években számos erre vonatkozó javaslatot olvashattunk a szakfolyóiratokban. A szerkezet lényege a páncéllemezek alkotta hengerpalástnak rövid csonkakuppalástszerű szakaszokból való felépítése, amely kúpok a kiömlés felé szűkülnek, mintegy 3° félnyílással. Az eredmény a nagyobb őrlőtestek visszaterelése, azaz a többkamrás malom kamrafalainak funkcióját, az őrlőtestméreteknek a malom hossza mentén való fokozatos csökkentését a kúpos páncélzat tökéletesebben ellátja. (Mühlhäuser-féle osztályozó páncéllapok).

A nagy $\frac{L}{D}$ viszony azonban a válaszfalak kiküszöbölése után is számos hátrányt mutat. Hosszú malomban kisebb a „hidraulikai nyomás”, kisebb az átáramlás sebessége. Ennek követke-

ménye, hogy a malom a terhelés növelésénél, ha nem is fullad be, de hamarosan feltelik, az őrlőtestfelszín felett nagyobb őrléménypárna jelentkezik, ami az őrlés hatásosságának lecsökkentését, az őrlémény melegedését, felületi tapadását stb. váltja ki, azaz a malom üzemviszonyait lerontja.

A kis $\frac{L}{D}$ viszony további előnyöket is nyújt: azonos malomtérfogat mellett a nagyobb átmérőjű malom teljesítménye az átmérők viszonyának négyzetgyöke arányában nagyobb (3—8 képlet), nagyobb számú és kisebb átmérőjű golyóval tölthető fel, az esetleg szükséges előtörő is elmaradhat. Ugyanakkor azonos teljesítmény mellett a nagyobb átmérőjű malom külső felülete kisebb, a palást másodrendű nyomatéka lényegesen nagyobb és a csapágytávolság is kisebb. Mindez a szerkezet súlyának csökkentését teszi lehetővé.

A felsorolt tények mind arra mutatnak, hogy a malom kapacitásának eléréséhez szükséges térfogatot ne a hosszúság, hanem az átmérő növelésével biztosítsuk. Ez a megállapítás ellentétben áll az európai cementörlés jelenlegi gyakorlatával.

IRODALOM

- [1] Romadin V. P.: Püleprigotovlenje. Moszkva, 1953. p. 257.
- [2] Mittag C.: Die Hartzerkleinerung, Berlin, 1953. p. 221.
- [3] Anselm W.: Zerkleinerungstechnik und Staub. Düsseldorf, 1950. p. 37—42.
- [4] Taggart A. F.: Elements of ore dressing. New York, 1951. p. 405—406.
- [5] Romadin V. P.: Püleprigotovlenje. Moszkva, 1953. p. 285—298.
- [6] Fischer H.: Der Arbeitsvorgang in Kugelmühlen. Z. VDI. 1904. p. 437—441.
Naske C.: Zerkleinerungs-Vorrichtungen und Mahlanlagen, Leipzig, 1918. p. 146.
Mittag C.: mint 2. alatt, p. 219.

(Folytatjuk)

CRISTOFOLI OTTÓ:

É p ü l e t b u r k o l á s

(Ipari Szakkönyvtár)

Bevezetőben ismerteti a burkolómunka történetét, általános szabályait, szerszámait, a raktár, a szállítás megszervezését, a balesetelhárítást és az egészségvédelmet. Utána az anyagok ismertetése következik, majd a burkolómunka fajtáit és feladatait tárgyalja: padlóburkolatok, falburkolatok, különleges falburkolatok, szerelési tárgyak és fölkék elhelyezése, fagyálló és szigetelt burkolatok, lábazatok, idomok és csíkok elhelyezése, burkolás fagyban és hőben, javítás, bontás, saválló burkolatok, szovjet élmunkás módszerek, a jövő burkolatai, gépesítés. Tanácsokat ad a gyár- és épületlátogatások tekintetében, majd a munka elszámolásáról és az anyagszükséglet kiszámításáról beszél

Fenti könyvek megrendelhetők, ill. beszerezhetők az Állami Könyvterjesztő Vállalat Könyvesboltjaiban

Szakkönyvesbolt:

Műszaki Könyvesbolt, Budapest, VII., Lenin körút 7

TechNIKUS Könyvesbolt, Budapest, XI., Bartók Béla út 25

Korszerű üveggyári keverőüzemek technológiájának kialakítása

íj. DÉRY ATTILA

1. Általános ismertetés.
2. 10 t/nap teljesítmény alatti keverők.
 21. A folyamatok megoldása.
 211. Kirakás — anyagmozgatás — tárolás.
 212. Előkészítés — kész anyag tárolás.
 213. Bemérés — keverés.
 214. Hutába szállítás.
 22. Elrendezésbeli megoldások.
 23. Üzemi mutatók.
3. 10—50 t/nap teljesítmény közötti keverők.
 31. A folyamatok megoldása.
 311. Kirakás — anyagmozgatás — tárolás.
 312. Előkészítés — kész anyag tárolás.
 313. Bemérés — keverés.
 314. Hutába szállítás.
 32. Elrendezésbeli megoldások.
 33. Üzemi mutatók.
4. 50 t/nap teljesítmény feletti keverők.
 41. A folyamatok megoldása.
 411. Kirakás — anyagmozgatás — tárolás.
 412. Előkészítés — készanyag tárolás.
 413. Bemérés — keverés.
 414. Hutába szállítás.
 42. Elrendezésbeli megoldások.
 43. Üzemi mutatók.

1. ÁLTALÁNOS ISMERTETÉS

A hazai üvegipar korszerűsítése 1951-ben indult meg és ez együtt járt a fejlődő szükségletek kielégítését szolgáló bővítésekkel. Tulajdonképpen a gyárak technológiai tervezése is ekkor kezdődött el és ezen belül ekkor merült fel annak a szükségessége, hogy a gyárakon belül korszerű keverőüzemet kell kialakítani. Korábban a keverőt mint melléküzemet tekintették és a folyamatok nagy részét kézi erővel végezték, mivel a munkaerő olcsó volt. Az anyag tárolás is korszerűtlen volt és főleg a gyár több helyén történt, ami rengeteg felesleges ide-oda szállítást eredményezett. Persze ezeket a gyári viszonyokat örökségül kaptuk és a felszámolásuk jelenleg van folyamatban. Ezek a problémák a gyárak bővítésével különösen égetővé váltak, mivel egyrészt nem volt munkaerő ezek lebonyolítására, másrészt pedig lényegesen rontották a gyárak önköltségét.

A fenti okok alapján a gyárak rekonstrukcióját és bővítését célzó beruházásokban mindenütt szerepel egy új keverőüzem. A két legnagyobb öblösüveggyárunkban most van üzembehelyezés alatt egy-egy új keverőüzem, továbbá meg van tervezve egy kisebb kapacitású, valamint most van tervezés alatt egy egészen nagy teljesítményű keverőüzem. Ezek tervezésénél tanulmányoztuk a külföldi irodalom ilyen jellegű kevés közlését és a hazai gyakorlatot, de a tervezések és az üzembehelyezések során is már sok tapasztalatra tettünk szert ezzel kapcsolatban.

Ezek előrebocsátása után hangsúlyozni kívánom, hogy a korszerű keverőüzemek tárgyalásánál a hazai viszonyokat veszem alapul. Így a nyersanyagok érkezési formái nálunk a következők:

Homok — nyitott vagonban ömlesztve érkezik (nagyon ritkán előfordul, hogy zárt vagonban érkezik).

Dolomit — nyitott vagy zárt vagonban őrölve, ömlesztve érkezik.

Mész-köliszt — zárt vagonban őrölve és ömlesztve érkezik.

Földpát — nyitott vagy zárt vagonban őrölve, ömlesztve, vagy zárt vagonban őrölve, zsákolva érkezik.

Folypát — zárt vagonban őrölve, zsákolva érkezik.

Fonolit — nyitott vagonban előtörve, ömlesztve érkezik.

Szulfát — zárt vagonban ömlesztve vagy zsákolva érkezik.

Szóda és a többi vegyi úton nyert nyersanyagok zárt vagonban zsákolva érkeznek őrölt állapotban.

A szállítástól és a hazai gyakorlattól függően, így az egyes anyagokat az alábbi előkészítő eljárásoknak kell alávetni:

Homok — szárítás, szitalás.

Dolomit — szárítás, szitalás.

Mész-köliszt — szitalás.

Földpát — szitalás.

Folypát — szitalás.

Fonolit — törés, szitalás,

Szulfát — esetleg törés csomósodás esetén, szitalás.

Szóda és stb. esetleg törés csomósodás esetén, szitalás.

Ezeket azért kívántam előrebocsátani, mivel az előkészítő folyamatok lényegesen befolyásolják az egész keverőüzem elrendezését, és ezek országunként változnak. Így például a Szovjetunióban és Kínában a helyi nyersanyagok nagyobb felhasználása miatt az üveggyárak sok nyersanyagot kőzet formájában kapnak közvetlenül a bányából és ezt a gyárban kell megtörni — megőrölni, vagy a homokot felhasználás előtt dúsítani. A nyugati államokban és az USA-ban viszont a gyárak teljesen kész nyersanyagokat kapnak és sokszor szárítás és szitalás nélkül használják fel a keverékhez. Ennek következtében ezeken a helyeken a keverőüzemek elrendezése egyszerűbb.

A tároló nagyságát és formáját erősen befolyásolja a szükséges tárolt törzskészlet nagysága.

A törzskészletek nagysága nálunk az alábbi:

Homok 90—120 napos készlet

Dolomit 60—90 napos készlet

Mész-kő 60—90 napos készlet

Szóda, szulfát . . . 90—120 napos készlet

Egyéb kőzet . . . 60—90 napos készlet

A következőkben a tárgyalás megkönnyítése céljából a gyakorlat alapján kialakult nagyságrendi csoportosítást kívánom alkalmazni itt is, amelyek a következők:

- 10 t/nap teljesítmény alatti keverőüzemek,
- 10—15 t/nap teljesítmény közötti keverőüzemek,
- 50 t/nap teljesítmény feletti keverőüzemek.

A keverő nagyságrendje a gazdaságosság figyelembevételével megszabja a gépesítés fokát is. Ez azt hiszem, magától érthető, mivel pl. egy kis teljesítményű keverőüzemnél nem fogunk minden folyamatot gépesíteni, tekintve, hogy a legkisebb géptípus beállításánál is a gép naponta mindössze 1—2 órát működne és így a magas gépbeszerzési költségek mellett nem fizetődne ki. Ilyen helyen többcélú gépeket kell alkalmaznunk és sok munkafolyamatot meg kell hagyni legalább részlegesen kézi munkának. Így ezek az üzemek csak részlegesen gépesíthetők.

A fenti csoportosítást természetesen nem lehet dogmának tekinteni, mivel az függ a gyár egyéni sajátosságaitól, valamint az előrelátható termelés emelkedésétől is. Pl., ha egy gyárban jelenleg 40—45 t/nap a nyersanyagfelhasználás, de előreláthatóan a termelés fel fog futni úgy, hogy 60—65 t/nap lesz, akkor itt egy jobban gépesített keverőüzemet gazdaságos építeni, annak megfelelő, amit az 50 t feletti csoportnál fogok tárgyalni.

Ezek előrebocsátása után rátérek a fenti csoportosítás szerinti részletes tárgyalásra.

2. 10 T/NAP TELJESÍTMÉNY ALATTI KEVERŐK

2.1. A folyamatok megoldása

211. Kirakás — anyagmozgatás — tárolás.

Ilyen kis mennyiség esetén az ömlesztett anyagok kirakása, — amely mindig a nagyobb mennyiség, — tekintve, hogy ezek közt van a homok is, akár teherautón, akár vasúton érkező anyagról van szó, csak kézi lapátolás lehet. Azonban a tárolóba beszállítás és az ottani elosztás céljaira már rövid hordozható 4, 6, 8 m-es hosszúságban gyártott szállítószalagot kell alkalmazni. A tárolóból való továbbszállításra nagyon alkalmas egy egygerendás villamos futómacskára erősített önműködő fenékürítésű szállítóedény. A futómacskapálya lehetőleg úgy képezendő ki, hogy a tároló teljes egésze ennek hatókörébe essen. Tekintve, hogy a fenékürítésű edényt lapáttal kell megrakni, így a pályától jobbra és balra 2—2,5 m még beleesik a pálya hatókörébe. A fenékürítésű szállítóedények nálunk szabványosítva vannak 0,3 ; 0,5 ; 0,75 ; 1,0 ; 1,5 m³ űrtartalomra. A villamos futómacska az edény nagyságától függően 500, 1000 vagy 2000 kg-os lehet. Az edényt a megfelelő nagyságú üritőnyílásra helyezve, a benne tárolt anyag nyitja a záró kupot és az anyag saját súlyától alul kifolyik. A zsákolt anyagok kirakása ebben az esetben csak kézi erővel történhet, azonban a szállítása lénye-

gesen megkönnyíthető azzal, hogy gumikerekű targoncára rakják és így szállítják. Amennyiben a tárolás emeleten van, úgy természetesen liftre van szükség. A tárolóból való továbbszállítás is hasonló úton történik.

Az ömlesztett anyagok tárolása fedett, de félig nyitott könnyű szerkezetű épületben történhet. Amennyiben a talajvíz viszonyok megengedik, a tárolóteret a lehetőség szerint mélyíteni kell, hogy kisebb felületen több anyagot lehessen tárolni. A zsákolt anyagokat már zárt épületben kell tárolni. Az épülettel szemben a legfőbb követelmény, hogy száraz legyen, mivel ezek az anyagok többnyire nedvszívóak. Az egymáshelyezett zsákokat minden sor után 90°-kal kell elfordítani. Általában 3 m-nél magasabban ne tároljunk. Födémén való tárolás esetén ellenőrizni kell, hogy csak a névleges terhelést kapja a födém.

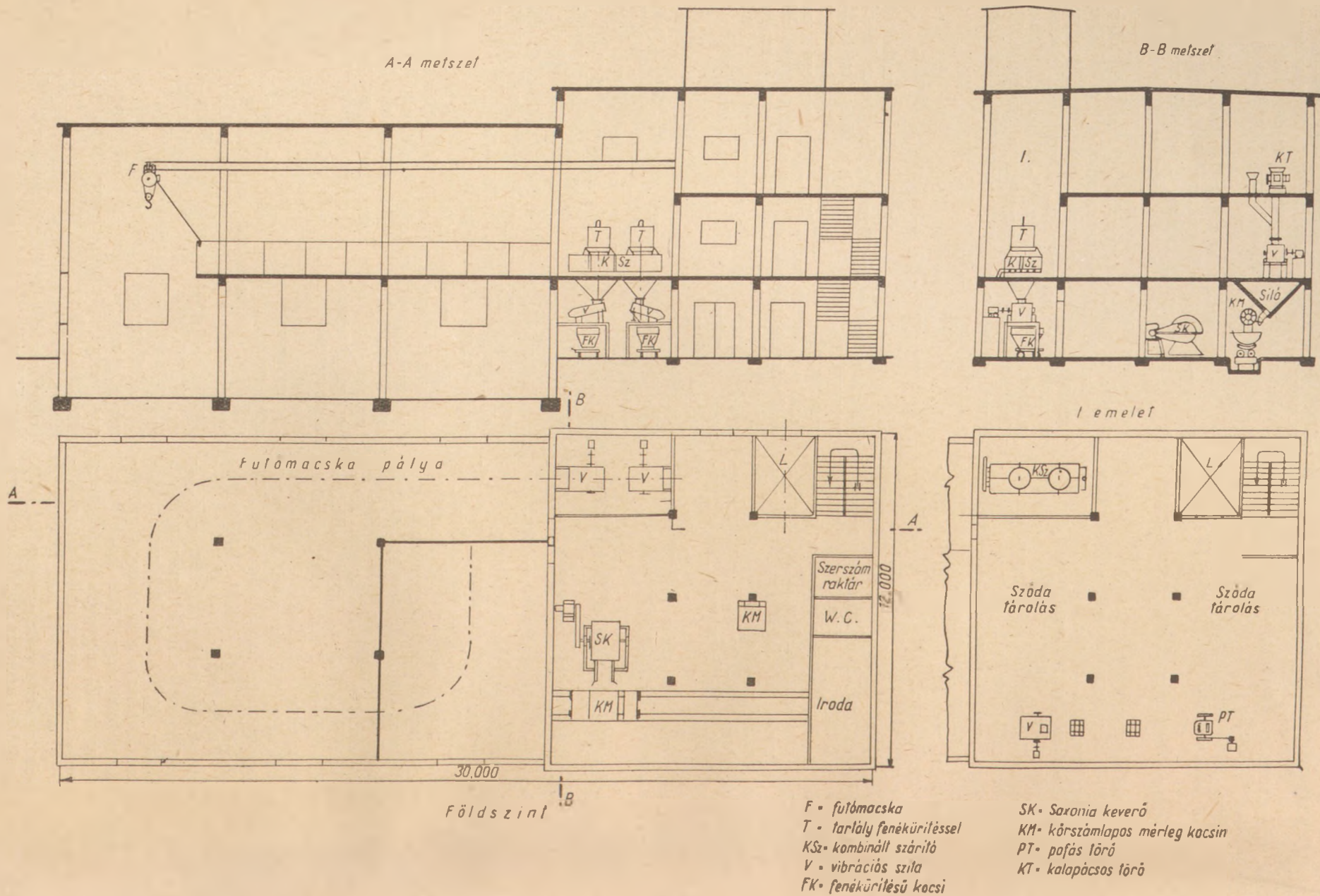
212. Előkészítés — készanyag tárolás.

A hazai anyagok közül csak a homokot és dolomitot szárítják az üzemek. Erre a célra kisebb mennyiségek esetén jól bevált a füstcsöves rendszerű szárító, amelynek mozgó alkatrésze egyáltalában nincsen. Legutóbb az Iparterv egy kombinált típust dolgozott ki, ahol a szárító a cső első részénél, ahol a melegátadás intenzívebb, homokot szárít, a hátsó részénél pedig dolomitot. A szárítási teljesítmény a füstcsövek átmérőjétől és számától függ.

Az anyagok szitalására az üvegyárak részére kialakított 1000×500 mm szita felületű egysíki vibrációs szita jól megfelel. Természetesen ilyen kis üzemnél lehetőleg úgy kell megoldani, hogy egy szitán több anyagot is lehessen átengedni és így azt jobban ki lehet használni, azaz kevesebb szitát kell beépíteni. A szitát vagy közvetlenül a készanyag tároló siló fölé kell elhelyezni, vagy úgy megoldani, hogy egy fenékürítésű kocsiba essen belőle az anyag, amit azután a siló fölé állítva, belőle az anyagot leengedik.

Törésre, amely ilyen kis üzemnél csak a nedvszívás következtében összeállott, összecsomósodott szóda és szulfátra terjed ki, a legkisebb méretű kalapácsos törőt lehet felhasználni, lehetőleg porleválasztással kombinálva. Amennyiben mindkét anyag szükséges a keverőben, úgy váltósurrantóval olyan megoldást kell keresni, hogy egy berendezéssel lehessen kiszolgálni mindkét anyagot. Ilyen kis mennyiségeknél közettörés nem gazdaságos, amennyiben még is szükséges, úgy előtörésre pofástörő, finomtörésre hengermű használható, természetesen a legkisebb típusok. Cseréptörésre, amennyiben szükség van erre, főleg kisméretű II. sz. egyingás pofástörő használatos, de bármilyen fogazott hengermű is megfelelő.

A készanyag tárolást silókban kell megoldani, mivel így az anyag adagolása könnyebb. A kisebb mennyiségű anyagokat azonban ládáknak vagy elválasztott betontartályokban ún. boxokban is lehet tárolni. Ez különösen akkor előnyös, ha egy keverőben több különféle üveghoz kell keveréket összeállítani.



1. ábra

213. Bemérés — keverés.

Ilyen kis teljesítmény esetén az összes anyagok bemérését egy mérleggel kell megoldani. Ez lehet egyhelyben álló súllyesztett, vagy kocsin mozgókivitelű is. Általában célszerű automata mérlegeket alkalmazni, pl. körszámlapos mérleget, de lökésbiztos mérőfejjel, vagy alkalmazható egyszerűbb kivitelnél tolósúlyos mérleg is. Ezek 500—1000 kg-os nagyságban készülnek. A kisebb mennyiségű anyagokat 20 kg-ig mérő gyorsmérlegen kell bemérni.

A keverésre célszerű osztott dobkeverőt, az ún. Saxónia-keverőt alkalmazni, mivel ennek nagy előnye, hogy az aljkocsit a mérlegre tolva, az anyagok közvetlenül ebbe mérhetők és a keverő alá tolva felkapcsolás után már is keverhető, utána pedig ezzel a keverék a hutába szállítható. Így ezzel a keverőgéppel a keverőgép töltési és ürítési művelete megtakarítható és a keverés nem fajtázódik. Ezt a típusú keverőgépet már hazánkban is készítik az Iparterv tervei alapján 150 lit.-es és 400 lit.-es töltési térfogatú nagyságban. Az aljkocsik készülhetnek sinen futó kivitelben, vagy gumikerekekkel. Egész kis mennyiségek esetén normál dobkeverő is használható, azonban itt a töltési és ürítési művelet csak kézi erővel végezhető el.

214. Hutába szállítás.

A keverék hutába szállítása osztott dobkeverő esetében magával a keverő aljkocsival történhet, vagy a földszinten vagy pedig emeleten, keverő esetében egy keverékszállító hidon át a hutába. Ennek az utóbbinak nagy előnye, hogy így a kemenca-adagoló siló fölé lehet szállítani a keveréket. Rendes dobkeverő esetében a szállítást külön kocsival kell lebonyolítani.

22. Elrendezési megoldások

Az elrendezési megoldások a helyi viszonyoktól függenek, különösen a régi keverőüzemek korszerűsítésénél. Amennyiben új keverőüzemet építenek, úgy célszerű az 1. ábrán feltüntetett elrendezést alkalmazni.

Itt csak egyféle keveréket kell készíteni. A keverékkötők homok, dolomit, szóda és kálsalétrom. Az első kettő ömlesztve érkezik gépkocsin és kézi kirakás után a megfelelő tárolóba egy szalag segítségével osztják el. Innen villamos futómacska viszi ezt a két anyagot a szárítóhoz. A szárított anyagok vibrációs szítán át egy fenékürítésű aljkocsiba hullanak, amellyel az emeletre szállítják lift segítségével és a kész anyagot silóba beengedik. Az emeleten tárolt száktolt szódát és kálsalétromot vagy törőn és szítán, vagy csak szítán át lehet a készanyag-silóba engedni. A kész anyagot tároló silók alatt egy mérlegkocsi jár, amelyen rajta van az osztott dobkeverő aljkocsija és ebbe méri be az egyes dózisokat. Bemérés után az aljkocsit a pálya mellett elhelyezett keverő alá tolják és keverés után pedig lifttel felviszik a 3. szintre és innen keverékszállító hidon át a hutába.

Természetesen ez csak egy megoldási lehetőség, de ehhez hasonlóan a helyi viszonyokat figyelembe véve, több jó megoldási forma, azaz elrendezés is található.

Ebbe a csoportba sorolható az egyik üvegyár részére készített keverőüzemi terv is. Itt azonban nagy nehézséget okozott a meglévő épület és annak a formája, valamint az, hogy 6—8 féle üvegfajta részére kell keveréket készíteni.

Ennek ellenére sikerült a keverőt korszerűsíteniünk a 2. ábrán látható elrendezési terv szerint. Itt a homok és dolomittároló a keverő mellett a vasút mellett helyezkedik el. A homoktárolóból a homokot szállítószalaggal, a dolmitot pedig közvetlenül rálapátolással juttatják a szárítóra. A szárított homok csigán és serleges felvonón át megy a dupla silóba, a dolomit pedig fenékürítésű kocsi-
val és felvonóval. A száktolt anyagok közül, amelyik esetleg a tárolásnál összeállt, azt egy törőn és szítán átengedve lehet a megfelelő szemmagyságra alakítani. Ezen a berendezésen bármely anyag átengedhető. Két nagyobb mennyiségben előforduló anyag részére még siló van biztosítva. A többi anyagokat a két mérlegkocsipálya mentén ládába helyezik el. A mérlegkocsin aljkocsiba méri az anyagot és osztott dobkeverővel keverik meg, majd a hutába szállítják.

23. Üzemi mutatók

Egy ilyen nagyságrendű keverő üzemeltetéséhez összesen 8—10 fő szükséges, 2 vagy 3 műszakban. A beépített gépek villamos teljesítménye kb. 20—25 kW és az állandó terhelés 10 kW, a csúcs pedig 15 kW körül van. A szárításhoz felhasznált tüzelőanyag kb. 500 000 Kal/nap.

Az egy tonna keverékre eső fajlagos mutatók az alábbiak:

munkaóra	8—10 óra/t
vill. energia	8—14 kWó/t
tüzelőanyag	60 000—80 000 Kal/t.

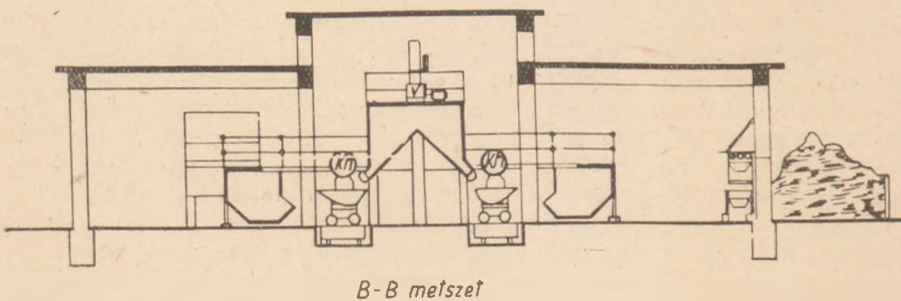
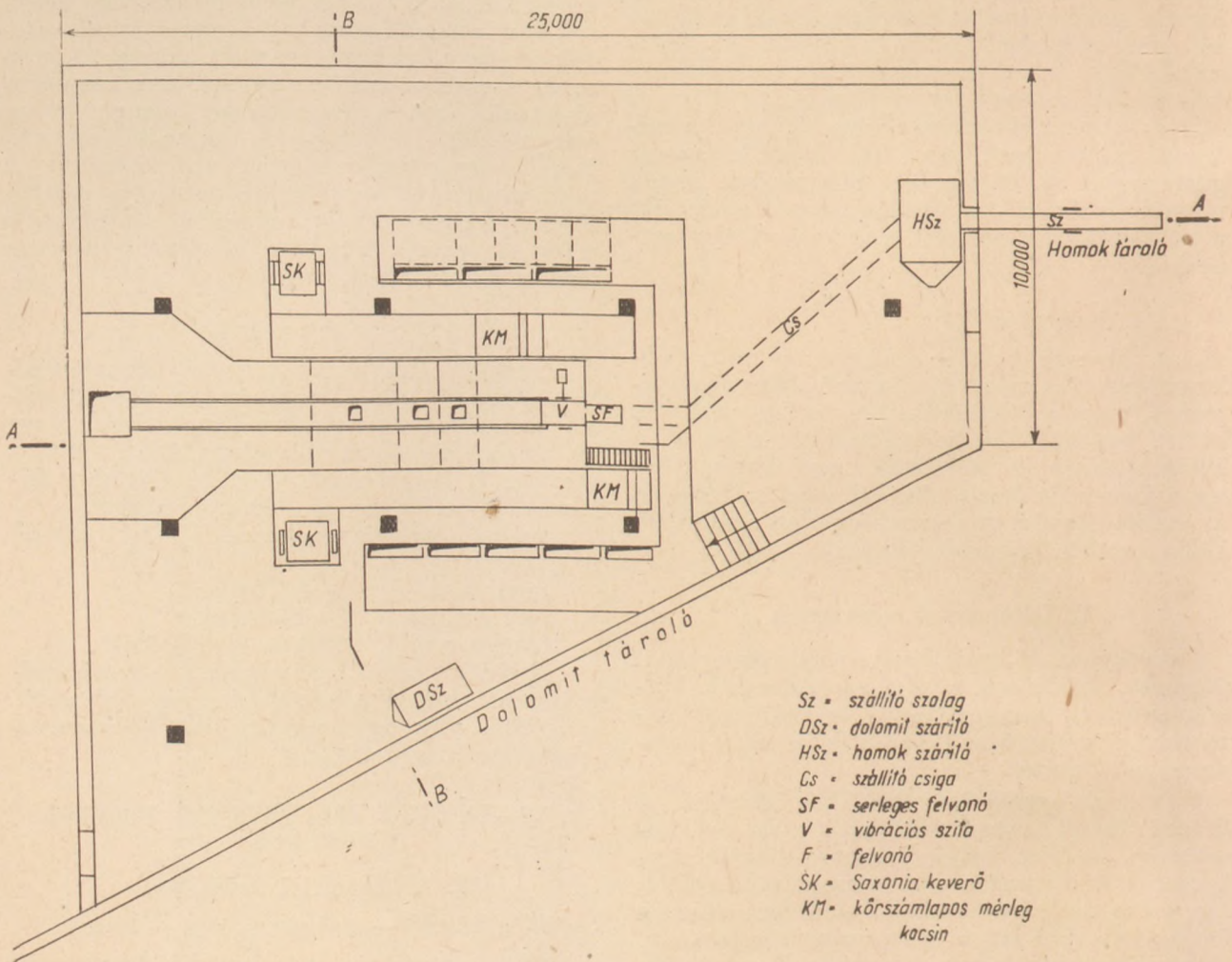
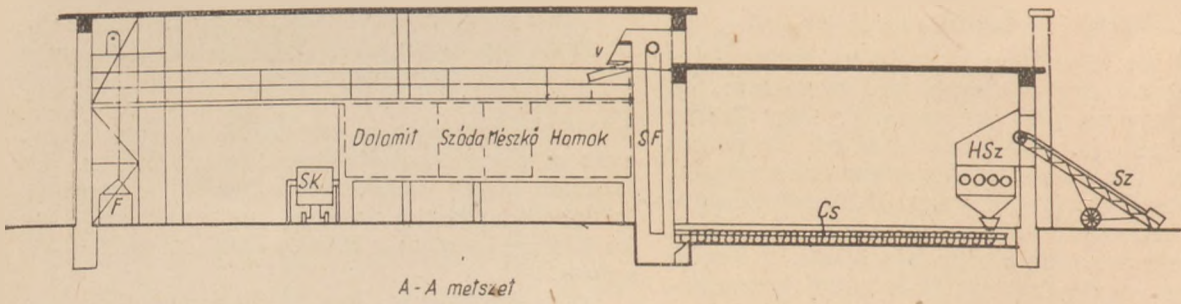
A fentiek közül leglényegesebb a munkaerő-felhasználás, mivel az önköltség legnagyobb részét ez a tétel adja, így megtakarítást főleg ezen a vonalon kell megvalósítani.

3. 10—50 T/NAP TELJESÍTMÉNY KÖZÖTTI KEVERŐK

31. A folyamatok megoldása

311. Kirakás — anyagmozgatás — tárolás.

Ebben az esetben az ömlesztett anyagok kirakását már gazdaságos gépi erővel végezni. Ez kétféle módon történhet, vagy az ún. Clark-féle tolólapáttal, amely egy szállítószalagra tolja az anyagot és ez a tárolóba elosztja, vagy pedig egy egygerendás villamos futómacskára szerelt kis-méretű markolóval, amely egyúttal a tárolóba szállítást és elosztást is elvégzi, sőt esetleg a tárolóból az előkészítéshez való szállítást is. A kirakás gépesítésénél figyelemmel kell lenni a lökés-szerűen nagy mennyiségben érkező anyagokra és a gép meghibásodása esetén egy kézi kirakási lehetőség vagy tartalék gép beállíthatóságára. Vé-



leményem szerint a kirakásra a markoló jobban megfelel mint a tolólapát, amit a hazai gyakorlat is igazolt. Az 1 m³-es markolóval egy vagonkirakás 15 perc. A nyugati államokban és az USA-ban a kirakás egyszerűbb, mivel speciális önürítő koszikban szállítják a nyersanyagokat és így csak le kell eresztetni egy aknába, ahonnan szalag és serleges felvonó viszi a tárolóba, amely a legtöbb esetben egy hengeres torony, több szekciós beosztással az egyes anyagok részére. Ez a tárolási mód csak abban az esetben valószínűsíthető meg, ha teljesen előkészített nyersanyagok érkeznek a gyárba. Hátránya ennek a megoldásnak a beboltozódási veszély, valamint a magas beruházási költség, amely részben az alapozási és részben a tárolt térfogatra eső magas fajlagos betonfelhasználás miatt lép fel. Előnye viszont a kis helyfoglalás és az, hogy az anyag az egyszeri felszállítás után már csak a saját gravitációja révén jön lefelé és így több szállítóeszköz nincsen. Az előnyöket és hátrányokat összevetve, a mi viszonyaink között ez a tárolás nem oldható meg előnyösen. Nálunk jobban bevált a vízszintes elrendezésű, a vasút tengelyével párhuzamos tároló, amelyet lehetőleg egész könnyű kivitelben kell megoldani és amennyire a talajvíz megengedi, a talajba süllyeszteni. Ennek a tárolótér növelésén túl még az az előnye is meg van, hogy a gépi kirakás kimaradása esetén az egyik oldal rámpaszerű kiképzésénél kézzel is kirakhatók az anyagok. A tároló szélessége ennél a megoldásnál 8—12 m között van, a hossza pedig a tárolt mennyiségtől függ.

312. Előkészítés — készanyag-tárolás.

A szárítást itt már előnyös a nagyobb teljesítményt és jobb hatásfokot biztosító dobszáritókkal elvégezni. Természetesen itt kisebb típusokat kell alkalmazni. Homokszárításra az Iparterv által kidolgozott 800 mm dobátmérőjű, 5000 mm dobhosszúságú, belső tüzelésű szárítódob, amely 1,0—1,5 t homokot szárít, jól megfelel. Dolomit szárítására egy kb. 400—500 mm dobátmérőjű, 4000 mm dobhosszúságú külső tüzelésű szárítódob alkalmazható, vagy pedig egy nagyobb típusú füstesöves rendszerű szárító. A kiválasztás a felhasznált, ill. szárítandó dolomit mennyiségétől függ.

A szítalást az előzőekben ismertetett üvegyári vibrációs szítával lehet elvégezni és a nagyobb mennyiségű nyersanyagoknál külön-külön szítával az üzem folyamatosságának biztosítása miatt. A kisebb mennyiségű anyagoknál általában két anyag részére kell egy szítát biztosítani. A szítálás lehetőleg közvetlenül a készanyag-silóba tárolás előtt történjen.

Kőzet előtörésre a teljesítménynek megfelelő nagyságú pofástörőt és finomtörésre hengerművet kell beállítani, bár törekedni kell arra, hogy minden anyagot örölve kapjon a gyár, mivel kis mennyiségek őrlése gazdaságosan nem oldható meg. A cseréptörésre vagy egy kisméretű pofástörő, vagy egy fogazott hengermű alkalmazható.

Az előkészített anyagokat silókba kell tárolni, a könnyebb kezelhetőség miatt. Itt fel kell

hívnom a figyelmet a betonsilók burkolására, amely homok és az örölt kőzet anyagoknál lehet simított acélbeton vagy gránittal kevert beton, azonban a nedvszívó higroszkópos anyagoknál, mint pl. a szóda és szulfát, csak metlachil lap burkolás lehet. A cserépsilóknál az erős koptató hatás miatt szintén metlachil-lap burkolást kell alkalmazni.

A folyamatok közötti szállítás a helyi viszonyoktól, ill. az elrendezéstől függ.

313. Bemérés — keverés.

A bemérés történhet mérlegkocsival, vagy minden anyagnál külön automata mérleggel. Hogy melyiket alkalmazzuk, azt az adagok összegyűjtési módja és a keverőgép típusa dönti el, valamint az, hogy a kisebb vagy nagyobb teljesítményekhez áll közel a keverőüzem.

Nagyobb teljesítményeknél lehetőleg automata mérlegeket kell alkalmazni. Az automata mérlegeket ugyan különböző típusban és nagyságban gyártja a hazai ipar, azonban speciálisan üvegyári nyersanyagokra alkalmas automata mérleg kialakítása most van folyamatban a Hódmezővásárhelyi Mérleggyárban. A bemérés — anyagösszegyűjtés és keverés az alábbi kombinatív megoldásokkal lehetséges.

A silókban tárolt anyagot egy fenékürítésű tartállyal ellátott mérlegkocsiba engedik be, azaz mérik be. A koci pályájának végén a mérlegkocsiból az anyagokat egy Eirich-típusú tányéros keverőbe engedik le. Ez csak akkor oldható meg, ha mód van a keverő egy szinttel lentebb való elhelyezésére.

A másik, szintén mérlegkocsis megoldásnál osztott dobkeverőt alkalmaznak, amelynél közvetlenül az aljkocsijába mérik be az anyagokat. A pálya végén azonos szintben van a keverőgép, ami alá az aljkocsit betolják és itt megkeverve ugyanezzel az aljkocsival szállítják a hutába.

Automata mérlegek esetében, ha Saxónia-keverő van, akkor szintén az aljkocsiba mérik be az egyes anyagokat, azonban nem kézi beméréssel, hanem automatikus mérleggel, melyet alul egy gombbal vezérelnek, mikor a koci alája ért.

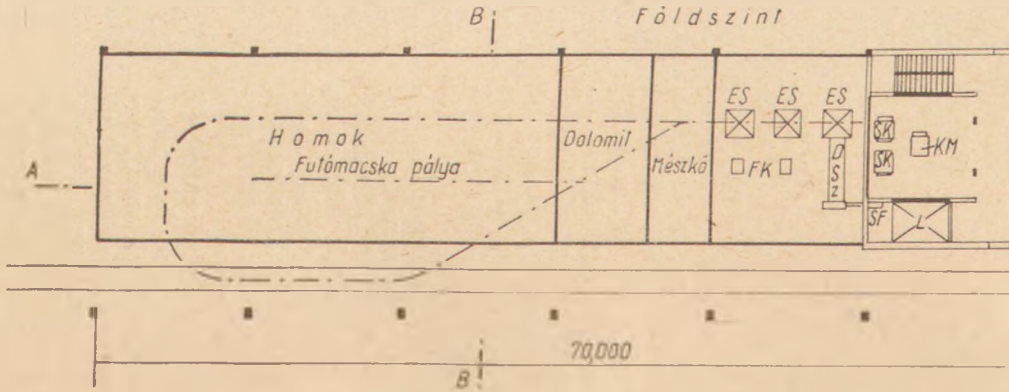
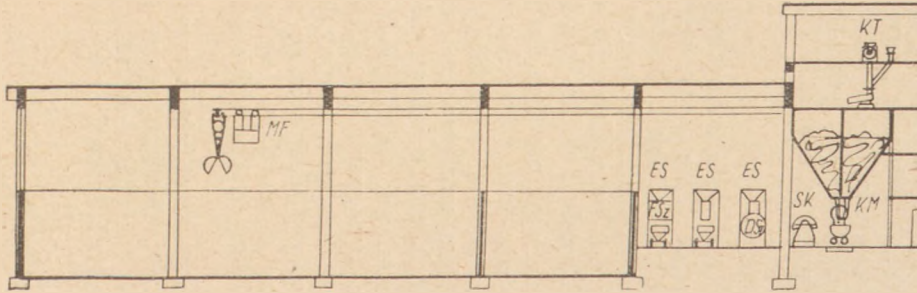
Automata mérlegek és Eirich-keverő esetében, amint az a nagyobb keverőüzemeknél is van, az automata mérlegek központilag lesznek vezérelve és egy gyűjtőcsiga vagy zárt szalag viszi az anyagokat a keverőbe. Természetesen az egész rendszer ilyen esetben villamos reteszeléssel van ellátva.

Az alkalmazott keverőgépek vagy 400 lit.-es osztott dobkeverők (Saxónia) vagy 375 lit.-es tányéros keverők (Eirich) lehetnek. Lehetőleg 2 keverőgépet kell alkalmazni, amelyből az egyik tartalékgép.

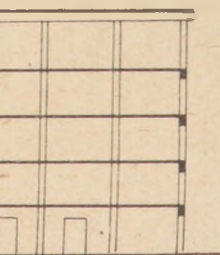
314. Hutába szállítás.

A keverőgép típusától függően lehet megoldani a hutába szállítást. Osztott dobkeverő alkalmazása esetén magával az aljkocsival lehet szállítani a keveréket. Tányéros keverőből a keveréket

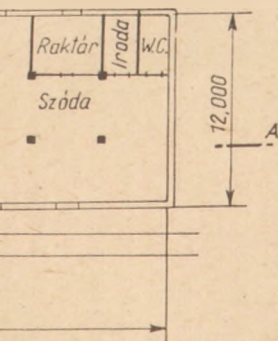
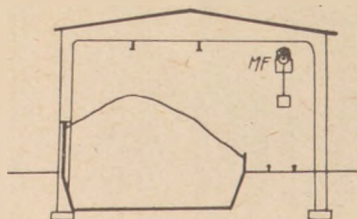
A-A metszet



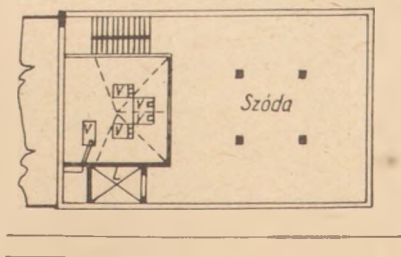
3. ábra



B-B metszel



III. emelet



- MF - markolás futómacska
- ES - előkészítő siló
- DSz - dob - szárító hamokhoz
- FSz - füstcsöves szárító dolomithoz
- SF - serleges felvonó
- V - vibrációs szita
- KT - kalapácsos törő
- KM - körszámlepes mérleg
- SK - Saxonia keverő
- L - lift
- FK - fenékürítésű kocsi

vagy egy normál szállítókoscsiba vagy fenékürítésű szállítóedénybe engedik le, amit vagy kocsin, vagy függőpályával visznek a hutába. Új üzemek esetében lehetőleg függőpályát alkalmazunk, amelynek több előnye van, többek között a gyors és rázkódásmentes szállítás, valamint az, hogy nem keresztezi a normál üzemi forgalmat.

32. Elrendezési megoldások

Bár ez a keverőüzemi nagyság eddigi gyakorlatunkban nem fordult elő, azonban elvileg ez is ki van dolgozva (lásd: 3. ábra). A tárolórész könnyű szerkezetű és egyik oldalon a vasút felől nyitottan van megoldva. A tároló fölött egygerendás villamos futómacska pálya van elhelyezve és erre egy 0,5 m³-es markoló van szerelve. A pálya egy helyen a vasút fölé nyúlik és így egy berendezéssel kirakni, tárolóba rakni és az anyagot előkészítésre továbbítani lehet. A futómacskaival a homokot egy lemezsilóba rakják, amely a szárítódobot táplálja anyaggal. A dolomitot egy füstcsöves szárító gyűjtő részébe rakják bele, a többi anyagot pedig kis lemezsilókba. A megszáritott homokot serleges felvonó viszi fel a készanyag-silóba, a dolomit és a többi anyag 0,3 m³-es fenékürítésű koscsiba hullik, amit a lift visz fel a készanyag-silóhoz. A szóda és egyéb zsákolt anyag tárolása az emeleteken történik, a szállításuk pedig targoncával és lifttel. A silók fölött vannak elhelyezve a sziták, anyagonként külön. A silók surrantói a mérlegkoscsis automata körszámlapos mérlegre vagy tolösúlyos hidmérlegre állított keverő aljkocsi fölött vannak. A surrantók durva és finom adagolást végző elzáróval vannak ellátva. Az egyes anyagok bemérése után az aljkocsit a mellette elhelyezett két 400 lit.-es osztott dobkeverő egyike alá töljék és az anyagokat megkeverve, ugyanezzel a kocsival a hutába szállítják.

Természetesen itt is különböző variációs lehetőségek vannak. Pl. az anyagok bemérése történhet automata mérlegekkel és az anyagokat mérőkocsi helyett egy szalaggal gyűjtik össze, amely egy 375 lit.-es Eirich-rendszerű keverőbe viszi az anyagokat.

A hutába szállítás a helyi viszonyoktól és a keverőgéptől függ.

33. Üzemi mutatók

Egy ilyen nagyságrendű üzem kiszolgálásához 13—15 főnyi személyzet szükséges összesen, akik 3 műszakban folyamatosan dolgoznak. A beépített gépek villamos teljesítménye kb. 40—50 kW, az állandó terhelés kb. 25 kW és a csúcs kb. 35 kW-ra becsülhető. A szárításhoz felhasznált tüzelőanyag napi 2,5—3,000 000 Kal/nap érték között van.

Az 1 tonna keverékre eső fajlagos mutatók az alábbi értékek között mozognak:

munkaóra	2,5—3,5 óra/t
vill. energia	12—18 kWó/t
tüzelőanyag	50 000—70 000 Kal/t

4. 50 T/NAP TELJESÍTMÉNY FELETTI KEVERŐK

41. A folyamatok megoldása

411. Kirakás—anyagmozgatás—tárolás.

Ezek a keverőüzemek már nagyobb 100—150 t/nap teljesítményre készülnek. Ezen a vonalon elég sok munkát végeztünk, mivel ilyen nagyságrendű keverő most van üzembehelyezés alatt két üvegyárunkban, és tervezés alatt egy harmadik üvegyár részére.

Az ömlesztett anyagok kirakását markolós futódaruval végzik 1 m³-es markolóval és az eddigi eredmények azt mutatják, hogy kb. 15—20 perc kell egy vagon kiürítéséhez és így egy 10 vagonból álló lökészerűen hirtelen beérkező homokszállítmány sem jelent a gyárnak nehézséget, mivel 3 órán belül kirakják. Korábban ilyen esetben külön rakodó brigádokat kellett szervezni. A markoló darunak nagy előnye, hogy a kirakás mellett az anyagmozgatás is elvégezhető vele, úgy a tárolóba, mint a tárolóból az előkészítőbe.

A tárolás a vasút mentén fedetlen történik, bár az utóbbi időben a lengyel üvegyári tervezőiroda részéről felmerült az a gondolat, hogy az építészeti beruházások csökkentése érdekében nyitott tárolót lehet használni, azonban így a beázás következtében fellépő víztöbblet kiszáritásából kifolyólag nagyobb a tüzelőanyag felhasználás, azonkívül pedig a szél is jelentős mennyiségeket visz el a tárolóból. Itt a közeljövőben gazdaságossági számításokat fogunk végezni. Korábban nehéz betonszerkezetű tárolókat építettünk, azonban a statikusokat sikerült befolyásolnunk a könnyű szerkezetek irányában és így a 100 m³ tárolótérhez használt betonmennyiséget sikerült az 1/3-ára szorítani. Legújabbán már csak alacsony oldalfalakat fogunk használni és így az anyag természetes rézsűjét használjuk ki tárolásnál. Igaz, hogy így a tárolási keresztmetszet csökken, azonban az építési költségek lényegesen kisebbek.

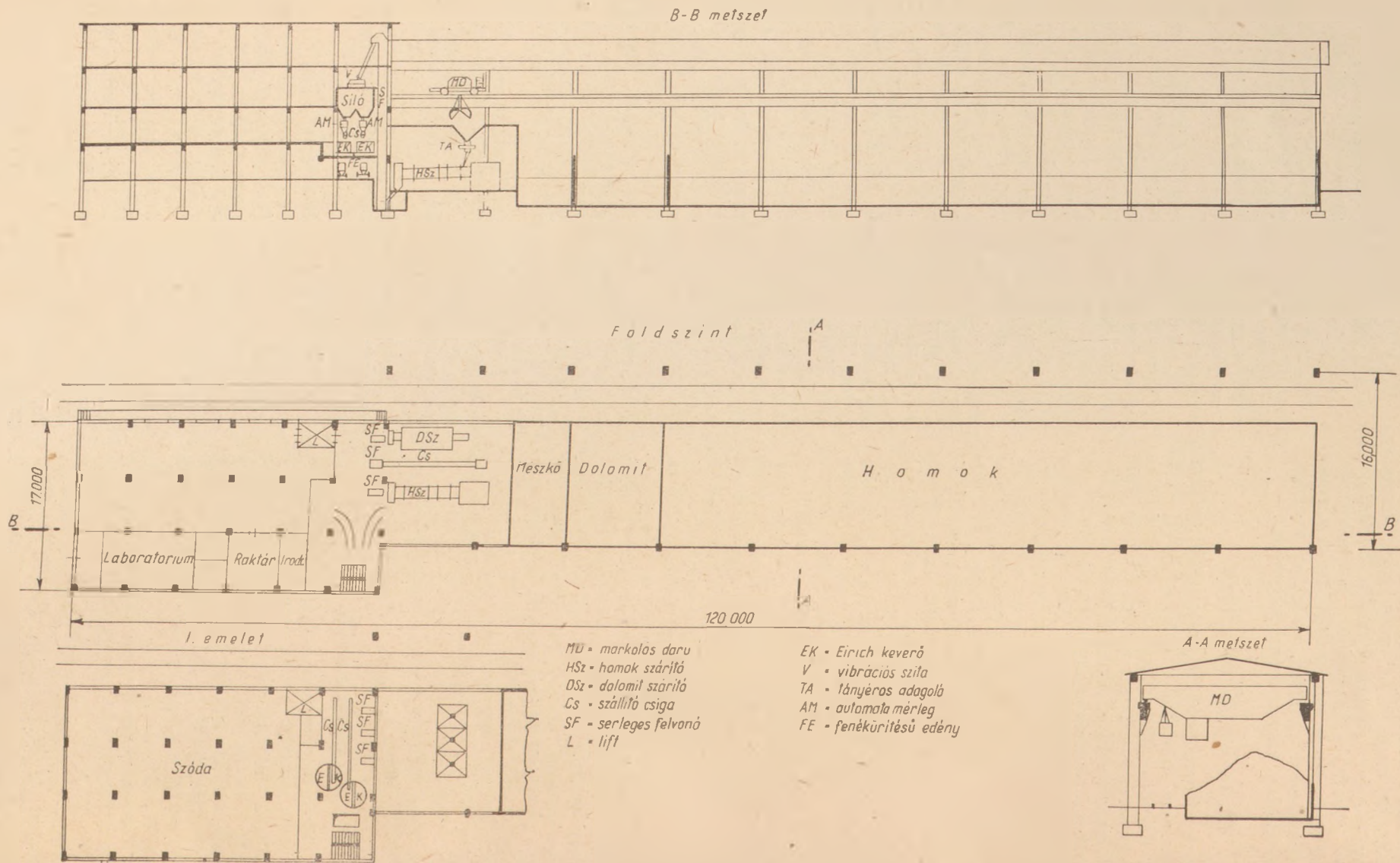
A tárolók szállítószalagokkal való feltöltése és ürítése ma már korszerűnek nem nevezhető és úgy a gépészeti, mint az építési költségek lényegesen magasabbak, mint a markolódarus tárolónál.

A hengeres toronyszerű tárolókra vonatkozóan már az előbbiekben kifejtettem a véleményemet.

412. Előkészítés—készanyag-tárolás.

A szárításra ezeknél a keverőknél már egészen nagyméretű dobszáritókat alkalmazunk. Homokszáritásra 1000—1200 mm dobátmérőjű, 5000—7000 mm dobhosszúságú belső tüzelésű szárítódobok jönnek itt számításba. A dolomitzáritásra pedig 600—800 mm dobátmérőjű és 5000 mm körüli dobhosszúságú külső tüzelésű dobszáritók.

A szítálásra és törésre ugyanazok vonatkoznak, mint amit az előzőekben elmondottam. Az üvegyári vibrációs szita itt is megfelelő, mivel csúcs teljesítménye homoknál 5 m³/óra, ami kb. 200 t/nap értéknek felel meg. A törők esetében pedig bő választék van nagyságrendileg.



4. ábra

Az előkészített anyagokat természetesen itt is silózzák az előbbieken felsorolt elvek alapján. A kész-anyagsilók elrendezése az anyagösszegyűjtés módjától és a helyi viszonyoktól függ.

413. Bemérés—keverés.

Ennél a keverőnagyságnál már csak a központi vezérlésű automata mérlegek jöhetnek számításba a nagy teljesítmény miatt. A bemért anyagokat azután szállítócsigával vagy szalaggal gyűjtik össze. Az automata mérlegek központi vezérlése lehet elektromos, vagy kombinált elektromos—mechanikus, vagy pneumatikus. A hazai keverőinknél a kombinált elektromos—mechanikus van beépítve, azonban kiviteli hiányosságai vannak, melyeknek kiigazítása most folyik. A nagyobb teljesítmények felé való eltolódás esetében természetesen több mérlegsort kell beépíteni, mivel ezek teljesítménye sem korlátlan.

Az egyes mérlegsorok alatti gyűjtőcsiga vagy szalag közvetlenül a keverőbe viszi az anyagot. Itt már csaknem kivétel nélkül nagyteljesítményű tányéros rendszerű Eirich-keverőket használnak. A legkisebb 375 lit. típust hazánkban is gyártják, az 500 lit. típus szerkesztése a keletnémet keverő alapján most van kidolgozás alatt, nagyobb, 1000 lit.-es típust csak importból lehet biztosítani.

A Szovjetunióban újabban nagy teljesítmények esetén kúpos dobkeverőt alkalmaznak, dönthető üritéssel. Ilyen keverővel 1500 kg-os adagig lehet keverni.

414. Hutába szállítás.

A keverőből az anyagot alul egy gyűjtőkocsiba vagy edénybe engedik le, és ezeket vagy kézi erővel tolják vagy pedig függőpályán mozgó motoros futómacskával felemelve viszik a hutába. A futómacskapályás szállítás, mint azt már az előzőekben is említettem, sokkal előnyösebb a kocsin való szállításnál, különösen ott, ahol nagyobb távolságok vannak és több kemencét

kell kiszolgálni. Nagy üzemekben, úgy a Szovjetunióban, mint a nyugati országokban ezt a szállítási módot használják.

42. Elrendezési megoldások

Ilyen nagyságrendű keverőt már több ízben terveztünk és bár ezek különböznek egymástól, de alapelvben megegyeznek. Konkrét példának a legutóbb megtervezett keverőüzemet nézzük meg, amely a 4. ábrán látható. Itt az ömlesztett anyagok részére készült fedett tárolóba rakják ki markolós futódaruval a homokot, dolomitot és mészkőlisztet. Ezeket az anyagokat az előkészítő silókba is a daru rakja, ahonnan a homok és dolomitzárítás után serleges felvonón jut fel a készanyagsilóba, hasonlóan megy a mészkőliszt is, csak ez szárítás nélkül. A zsákolt szóda és szulfát az emeleteken van tárolva és innen viszik fel lifttel a legfelső szintre, ahonnan törőn és szítán vagy csak szítán át jut a készanyagsilóba. A készanyagokat két siló sor foglalja magában. Minden anyagnak ikersilója van. A silók alatt központi vezérlésű automata mérlegek vannak két sorban. Minden sorhoz egy gyűjtőcsiga tartozik, amely a bemért anyagokat az 500 lit.-es Eirich-keverőbe viszi. A megkevert keverék alul egy kocsin elhelyezett fenékürítésű edénybe esik, amelyet a keverő alól kítolva megemelnek és függőpálya a hutába viszi.

43. Üzemi mutatók

Egy ilyen nagyteljesítményű keverő üzemeltetéséhez összesen 20—25 fő személyzetre van szükség, akik 3 műszakban folyamatosan dolgoznak. A beépített gépek villamos teljesítménye 160—200 kW, az állandó terhelés 60—70 kW, a csúcs pedig 80—85 kW körül van. A szárítókhoz felhasznált tüzelőanyag napi 5,0—6 000 000 Kal/nap érték körül van.

Az egy tonna keverékre eső fajlagos mutatók az alábbi értékek körül mozognak:

munkaóra	1,8—2,3 óra/t
vill. energia	15—20 kWó/t
tüzelőanyag	40 000—60 000 Kal/t

Az egy tonna keverékre eső fajlagos mutatók értékei

Fajlagos mutató	Egység	Keverő teljesítmény		
		10 t /nap alatt	10—50 t/nap között	50 t/nap felett
Munkaóra	Óra/t	8— 10	2,5— 3,5	1,8 — 2,3
Villamosenergia	KWó/t	8— 14	12 — 18	15 — 20
Tüzelőanyag	Kal/t	60 000—80 000	50 000 —70 000	40 000—60 000

Ifj. Déry Attila: Korszerű üvegyári keverőüzemek technológiájának kialakítása.

Összefoglalva az eddigieket, megállapítható, hogy a keverőüzemek korszerűen megoldhatók úgy kisebb, mint nagyobb gyárakban is. A korszerűsítés nemcsak az alacsonyabb munkaerő felhasználásában jelentkezik, hanem a takarékos, pazarlásmentes anyagkezelésben és a pontos üzemmenetben, ami lehetővé teszi az állandó keverékösszetételt, ami a jó gyártás alapfeltétele.

A fajlagos mutatók azt mutatják, hogy a kisebb üzemeknél a fajlagos munkaerőfelhasználás magasabb, mint a nagyobb keverőknél, azaz természetes és ebből következik a fajlagos vill. energia felhasználás fordított viszonya is, ami a nagyobb üzemek felé nő.

A gazdaságossági számítások azt mutatják, hogy a keverőüzemi beruházások ugyancsak lassan, 6—8 év alatt térülnek meg, mégis jó üzemi eredményeket hoznak, mivel 25—35%-kal csökkentik a keverés önköltségét, nem beszélve a munkaerő-megtakarításról és

arról, hogy az anyagvesztéség a jelenlegi 5—6%-kal szemben minimális lesz. Ahol új épület építése nélkül lehet keverőüzemi korszerűsítést megoldani, ott a behúzás már 1—2 év alatt kifizetődik.

A fenti gazdaságossági megfontolásokon felül pedig a keverőüzem-korszerűsítéssel a nehéz fizikai munkát is megszüntetjük a keverőüzemekben.

Аттила Дери: ТЕХНОЛОГИЯ СОВРЕМЕННОГО СМЕСИТЕЛЬНОГО ЦЕХА В СТЕКОЛЬНЫХ ЗАВОДАХ.

Совершенствование смесительных цехов, так на малых, как на больших заводах. Значение совершенствования проявляется не только в уменьшенном расходе рабочей силы, но также в экономичной манипуляции с материалом и в точной эксплуатации; это позволяет постоянной состав шихты — основное условие производства.

По удельным показателям у малых заводов удельный расход рабочей силы больше чем у больших смесительных заводов, но удельный расход электроэнергии у больших заводов оказывается значительным.

По экономичным расчетам капиталовложения смесительных заводов оборачиваются медленно, в течении 6—8 лет, однако обнаруживают хорошие ре-

зультаты, так как уменьшают себестоимость смеси вания на 25—35%, и потеря материала будет незначительной.

Ликвидирование тяжелой физической работы.

A. Déry jr.: Die Technologie der modernen Gemengehäuser in den Glasfabriken.

Die moderne Lösung der Gemengehäuser in den kleineren und grösseren Glasfabriken. Die Modernisierung besteht nicht nur aus der Ausnutzung der nicht qualifizierten Arbeitskräfte, sondern auch aus der sparsamen Materialmanipulation und aus dem punktliehen Betriebsgang, die einen ständigen Gemengesatz sichern. Laut der spezifischen Indexe ist die spezifische Arbeitskraftausnutzung in den kleineren Betrieben grösser als bei den grösseren Mischwerken. Dagegen ist in den grösseren Betrieben die spezifische Elektrizitätsausnutzung grösser.

Die ökonomische Berechnungen beweisen, dass die Investitionen in den Mischwerken langsam binnen 6—8 Jahren amortisiert werden, die immerhin gute Betriebsresultate bringen, da die Selbstkosten der Mischung mit 25—35% herabgesetzt werden und ausserdem der Materialverlust einen Minimalwert beträgt. Ausser den erwähnten wirtschaftlichen Erwägungen stellt die Modernisation der Mischwerke auch die schwere physische Arbeit dar.

Adatok a salakbeton-kérdéshez

Dr. SOLTÉSZ GÁSPÁR

Az évekkel ezelőtt készült salakszabvány (1) módosításának időszerűségére ismételtén utaltunk (2). Alkalmanként számba vettük a szabvány erős oldalait, de felhívtuk a figyelmet gyengéire is: tévedéseire és mindarra, ami megállapításai-ból immár túlhaladott. Nyomatékkal hangsúlyoztuk, hogy értékét merőben kétséssé teszi *ajánlott* jellege, mert részben ennek következményeként nem ismerték széles körben a szabványba foglalt előírásokat; vagy ismerték ugyan őket, de nem vették figyelembe, nem lévén kötelező érvényűek. Ezért is használtak fel az utóbbi esztendőkből, amelyeket többek között a salakbeton-építkezés elterjedése is jellemez, sokféle olyan kazánsalakot, amelynek felhasználása nem volt kívánatos: máris kárt okozott vagy következő károk okozója lehet.

Mindennek hangoztatása nem volt hiábavaló, az ismételt érvelés nyomán elképzeléseink egy hányada megvalósult. Törvényerejű, országos hatályú salakszabvány-javaslatunkat az erre illetékesek tárgyalási alapul elfogadták s a javasolt előírások bizottsági megvitatása is megtörtént, a szokottnál jóval hamarabb.

Az új előírás megköveteli a betonadaléknak szánt salak gázmentességét, ami által kirekeszti a használatból a friss salakokat. Olyan terméket, amelynél feltűnő mértékben észlelhető kénhidrogén-fejlődés vagy kéndioxid-szag, felhasználni nem enged s ezzel feltehetőleg elejét veszi a később netán bekövetkező károk egy részének. Nem vitatható ugyanis ama nézet helyessége, amely szerint

az építményben keletkező és a legkisebb ellenállás irányát kereső gázok repesztő hatásra képesek.

A szemmegoszlás tekintetében fennálló előírás az új szabvány lényegesen nem változtat, csupán szabatosabb meghatározásra törekszik. Újabb megszorításnak helye már csak azért sem volt itt, mert a szem-méreteket végül is a felhasználás célja és az emelendő fal vagy a készítenő elem méretezése határozza meg. Ezzel szemben lényeges szigorítás a remanens széntartalom megengedett felső határának leszállítása. A szabványjavaslat — e pontban és egyáltalában — megkülönböztetést tesz a barna- és a feketeszenek maradványai között s utóbbiakkal szemben engedékenyebb. A javaslat szerint az elégtelen széntartalom megengedett felső határértéke 5, illetve 10%, az eddigi 20%-kal szemben, s a jövőben a tűrés határa nem függvénye többé a szénmaradék duzzadó vagy térfogatálló jellegének. A térfogatállóság különben is előírt követelmény ezután, mert a szabványkészítők nézete szerint kisebb mennyiségű vagy kisebb mértékben duzzadó alkatelemek is okozhatnak nagyobb bajokat. Nem tekintik tisztázottnak azt a kérdést sem, hogy a duzzadást a szénmaradék vagy csak a szénmaradék okozza-e (3), ki kellett küszöbölni tehát az ajánlott szabvány egyik idevonatkozó, homályos pontját is. A térfogatállósági próba eredménye alapján eddig *közepes* és *jó* minősítés volt lehetséges, de nem volt utalás arra nézve, hogy a *közepes* salakok betonadalékkénti felhasználása megengedhető-e vagy sem. Ez a disztinkció

megszűnik: a vizsgálati módszerek közül csak a szigorúbb eljárás kerül az új szabványba és a salak csupán akkor minősülhet felhasználásra alkalmasnak, ha maradéktalanul kiállja a szigorúbb térfogatállósági próbát.

A megengedett kéntartalom vonatkozásában mindössze annyi a változás, hogy elmarad a megkülönböztetés acélbetét- és acélbetét-mentes beton készítésére alkalmas salakok között. Ezt feleslegessé teszi az, hogy az új előírások a gyakorlatban egyedül számba jövő, MSZ 4719 szerinti BK-jelű beton adalékanyagául való felhasználásra vonatkoznak; ez pedig acélbetétmentes beton. Az SO_3 -ban kifejezett összes kéntartalom eddigi határa, 3,5%, változatlanul marad tehát — általánosan, de talán nem egészen helyesen. Viszont a kéntartalom hatása még mindig nem tisztázott, sokfelé folyó és szétágazó kutatás tárgya ma is és itt-ott — mint az újabb DIN-szabványban is — jelentkezik némi hajlandóság arra, hogy enyhítsenek az előírásokon, amelyek mindenütt jóval szigorúbbak a hazaiaknál. — Ebben a tekintetben az új magyar szabvány nem nyújt nagyobb bizonyosságot az előzőekkel szemben.

Hihetőleg hasznára fognak válni a salakbetonnal való kísérletezésnek a mintavételre vonatkozó, jelentős mértékben változtatott intézkedések. A mintavétel módjának régebbi, hibás előírását helyesbíteni, a mintavétel gyakoriságát pedig kategorikusan meghatározza a tervezet. Így egyetlen minta alapján nagyobb — 50 m^3 — mennyiséget enged minősíteni egyneműnek elismert hányók, kisebb — 25 m^3 — mennyiséget változó minőségűnek ismert deponiák anyagából, míg az ismeretlen salakoknak legfeljebb 10 köbméternyi mennyisége minősíthető egyetlen minta vizsgálatával. Eszerint általában, de főleg nagyobb méretű építkezések eseteiben, jóval több vizsgálatot *kell* majd elvégezni, mint amennyi eddig legfeljebb *szokás* volt, mert az országos szabvány *törvény*, betartása mindenre egyaránt kötelező. Ez a körülmény szabja meg — iránymutató, a szén jobb kihasználására ösztönző szándékán, tehát nevelő tendenciáján felül — a szabványtervezet jelentőségét. Való, hogy a vizsgálatok nagyobb száma költségtöbbletet jelent a jövőben, de a többletkiadás bizonyára megtérül a kármegelőzés növekvő lehetősége révén. Emellett a tervezet — amely egyben termék- és vizsgálati-szabvány is — módot nyújt a vizsgálatok

gyorsabb és olcsóbb végrehajtására. A kéntartalom szokásos meghatározási módján felül még egy korrigált, s ilyen alakjában döntő vizsgálatokra alkalmas eljárást közöl; ennek idősüksége mintegy 60%-kal kevesebb és a klasszikus módszer-nél használt platinatégelyek helyett jóval kisebb értékű ezüstcsésze beszerzése szükséges csak hozzá.

A kisebb jelentőségű változtatások felsorolása mellőzhetőnek látszik.

Elmondottakat összegezve: várni lehet, hogy az a lépés, amelyet a szabványosítás jelent, előbbre fogja vinni a salakbeton-kutatást. A kísérletezés ezen a téren egyébként is módszeresebbé kezd válni az utóbbi hónapokban és remélhető, hogy a kötelező előzetes anyagellenőrzés javítani fogja a kísérletek eredménystatisztikáját. Elképzelhető az is, hogy a kedvező eredményű sorozatvizsgálatok és az egyidejű kiviteli kísérletek nem lesznek összhangban, és ezért nem fogják igazolni az új szabvány rendelkezéseit. Ha ez következne be, akkor a szabvány további módosítása válik szükségessé, ami megint csak a *módszeres haladás* újabb lépését fogja jelenteni.

A módszeresség mellett tanúskodik az a körülmény, hogy az építésügyi kormányzat intézkedésére több helyen készülnek kísérleti salakbetonépítmények, tervszerűen és gondos anyagellenőrzés mellett. Így — egyebek között — Miskolcon, Pécsen, Salgótarjánban építenek három-négyszintes munkásszállókat, amelyek ezután szigorú megfigyelés alá kerülnek, elsősorban időállóságuk tekintetében.

Mindez örömdetes, csupán egy kérdés ölik fel: Nem helyesebb-e a salakbeton-kérdés mai állásánál továbbra is csupán földszintes építményekkel kísérletezni, ami kisebb költséget és kockázatot jelent. Ilyenek az alárendeltebb jelentőségű mezőgazdasági épületek (ólak, színek), felvonulási épületek, átmeneti létesítmények és esetleg a garázsok is. Minthogy a garázshiány országos tünet, illetékesek figyelmébe ajánljuk utóbbi gondolat megfontolását.

HIVATKOZÁSOK

- (1) MSZ 2501—54 R.
- (2) Dr. Soltész Gáspár: Adatok a salakbeton-kérdéshez. Építésügyi Szemle 1957. 3—4.
- (3) Dr. Soltész Gáspár—Hámori György: Adatok a salakbeton-kérdéshez II. közlemény. Építőanyag, 1958. 7.

Salakbeton-kutatás a Szovjetunióban

A Szovjetunió Építészeti és Építőanyagipari Akadémiája (Új Építőanyagok Kutató Intézete), az *Építőanyag* 1958. évi 7. számában közölt „Adatok a salakbeton-kérdéshez” című dolgozatra reflektálva érintkezést keresett az Építőanyagipari Központi Kutatóintézettel, amelynek Vegyészet Osztályán a közlemény alapját képező kísérletek folytak.

Az intézetek közötti kapcsolat következő lépéseként Püspöki Gyula, a moszkvai intézmény magyar munkatársa, érdekes tudósítást küldött az *ÉaKKI* címére. A tudósítás szerint a salakbeton-probléma — akárcsak Magyarországon — széleskörű érdeklődésre tarthat számot a Szovjetunióban is.

Egyrészt azért, mert a kormányzat mindkét országban nagyarányú lakásépítési tervet valósít meg; másrészt, mert ma már a Szovjetunióban is sok tízmillió tonna kazánsalak gyülemlett fel a nagy ipartelepek hányóin.

Népgazdasági tekintetben igen nagy jelentőségű lenne a hányók anyagának betonkészítésre való felhasználása — közli moszkvai kartársunk — és pedig ugyanazért, amiért idehaza is. Így nem utolsó sorban a fuvar költség jelentős csökkenésére vezetne, például ott, ahol a távolabbi lelőhelyről származó homokos-kavics közeli deponiák salakjával helyettesíthető — s ez megint egyszer teljes mértékben vág a magyarországi körülményekkel.

Sajnos azonban — folytatja a tudósítás — a szovjetunióbeli salakok minősége is meglehetősen bizonytalan, mert bennük nem ritkán 20—30% elégtelen szén marad vissza — ugyanúgy, mint a magyarországi salakok némelyikében — és figyelmet érdemel a salak duzzadó vagy térfogatálló jellege is. „Mindebből következik, hogy a salakbeton-elemek gyártásának legfontosabb kérdése a salak előkészítése, illetve minőségének biztosítása” — írja Püspöki Gyula kartársunk, akinek további közléseit szó szerint idézzük:

„Ez jelenti: 1. a salak zúzását, 2. az el nem égett tüzelőanyagrészececské és mindenfajta szennyeződés eltávolítását, 3. a salak osztályozását a szükséges frakciókra.

Az utóbbi két feladat végrehajtásához Przseclávszkij V. L., a Karagandagiprosacht tervezőintézet mérnöke, új eljárást dolgozott ki, az ún. száraz-nehéz-szuszpenziós eljárást, vagy más szavakkal: a fluidizált közegben történő

dúsítási eljárást. Nagy előnye ennek a módszernek, hogy sikerrel alkalmazható az ország hideg éghajlatú északkeleti részein is, ahol a nedves eljárással dúsított salak összefagy.

Az eljárás alapelve a következő. Ha mikropórusos lemezen keresztül, melyre előzőleg finomra őrölt ásványréteget — például homokot — helyeztünk, levegőt fúvatunk át, úgy ez az ásványréteg fellazul, és meghatározott levegőmennyiség-nél mintegy „forrásba” jön. Az ilyen rétegbe bocsátott test az úszó testek törvényei szerint viselkedik, vagyis ha térfogatsúlya könnyebb, mint az aeroszuszpenziós közegé, úgy felmerül a felszínre, ellenkező esetben pedig lesüllyed.

Ily módon az ún. „forrásban levő” közegben a különböző ásványokat, salakot stb., térfogatsúly szerint választhatjuk külön.

Az osztályozó prototípusa a következőképpen működik: Egy vízszintes tartályt, melynek alsó része mikropórusos (nemez- v. keramikus) lemez, megtöltenek meghatározott magasságig 0,15—0,30 mm szemcsefinomságú ásványporral, például homokkal, őrölt salakkal stb. A mikropórusos lemezen keresztül befúvatott levegő hatására ez a réteg, mint már említettük, „forrásba jön”. Ha már most ebbe a „forrásban levő” közegbe olyan anyag jut, melynek térfogatsúlya kisebb mint a „forrásban levő” rétegé, úgy az felszínre kerül és egy mozgó gereblye-rendszer segítségével eltávolítható. A nagyobb térfogatsúlyú anyag viszont lemerül, s a mikropórusos fenék feletti mozgatható fémháló segítségével szintén eltávolítható a tartályból.

Ezzel az eljárással nemcsak a különböző térfogatsúlyú salakot és szenet lehet szétválasztani, hanem — megfelelő ásványréteg kiválasztásával — a már megtisztított salakot, avagy más könnyű adalékanyagot is például; égetett meszet is előre megadott térfogatsúlyok szerint lehet osztályozni 5—40 mm szemcseméreték között.

Az ennél finomabb szemcséjű anyagok osztályozására alkalmas gép konstruálását nemrég fejezte be Przseclávszkij mérnök, aki vele folytatott beszélgetésünk végén annak a reményének adott kifejezést, hogy a jövő év során sikerül egy ipari méretű osztályozó megtervezése és gyakorlati kipróbálása, s 1960-ban a szovjet ipar elkezdheti e gépek sorozatgyártását.”

(Dr. Soltész Gáspár)

Örölt, vagy finomra aprított halmazok szemcseösszetételi megoszlástörvényeinek vizsgálata

LÁZÁR JENŐ

Az „Építőanyag” VII. évfolyamának (1955) 3. számában írt dolgozatomban kimutattam, hogy az addig használatos Rosin—Rammler-féle törvény, valamint az újabban felállított — valószínűségi számításra alapuló — Kolmogorov—Rényi tétel csupán a finom aprítás területén érvényes, a durva aprítás területén viszont már más törvényszerűségek uralkodnak. Az alábbiakban csak a finomaprítás területével kívánunk foglalkozni és a fent említett két tételt egymással összehasonlítani.

A Rosin—Rammler tétel Bennett-féle alakja a következő:

$$y_r = e^{-\left(\frac{x}{\bar{x}}\right)^n}$$

ahol y_r a szitán fennmaradó anyag súlyszázalékát jelenti.

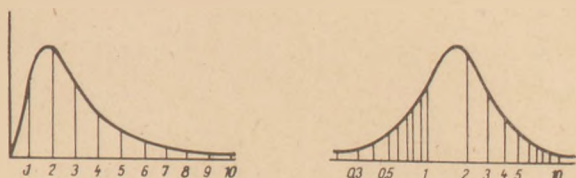
A képletet kétszer logaritmizálva a következő egyenletet kapjuk

$$\ln \ln \frac{1}{y_r} = n \ln \frac{x}{\bar{x}} = n \ln x - n \ln \bar{x}$$

Ha tehát a Rosin—Rammler-képletnek megfelelő görbét oly koordináta-rendszerben ábrázoljuk, melynek abszcisszatengelyére a szemnagyságok logaritmusait, ordinátatengelyére pedig a

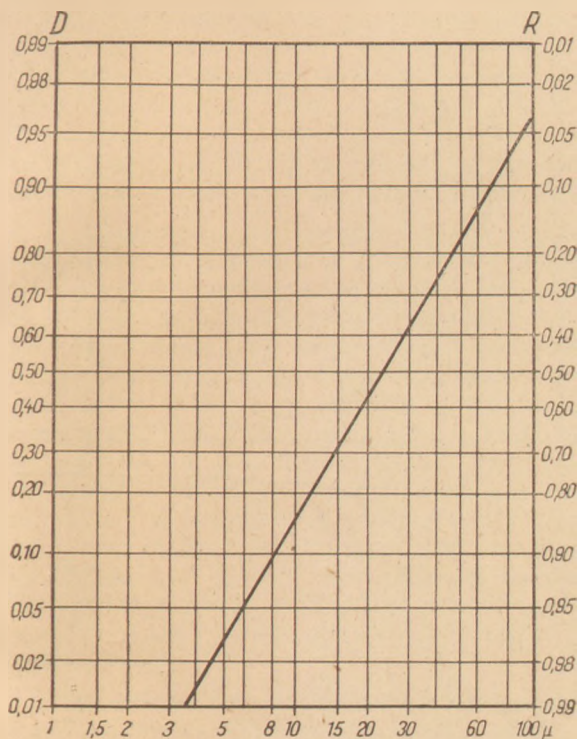
súlyszázalék reciprok értékének kétszeres logaritmusait vesszük fel, az ábrázolt görbe egyenessé válik (1. ábra).

A Kolmogorov—Rényi-tétel szerint viszont a szemszerkezet összetétele logaritmikusan normális. Normálisnak az ún. Gauss-féle görbe szerinti eloszlást nevezzük, melynek sűrűséggörbéje harang alakú. Logaritmikusan normálisnak pedig az olyan görbét nevezzük, mely normális alakulattá válik, ha oly koordináta-rendszerben ábrázoljuk, melynek abszcisszabeosztása logaritmikus (2. ábra).



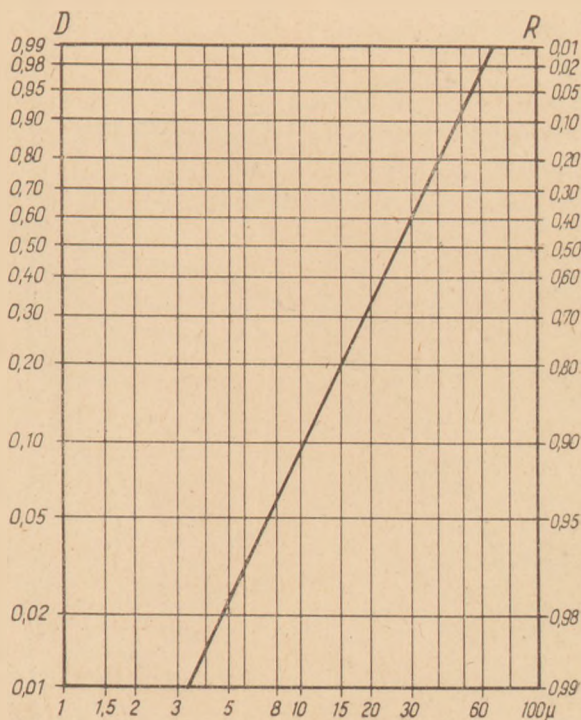
2. ábra

Ha normális megoszlású görbét oly koordináta-rendszerben ábrázolunk, melynek abszcisszabeosztása lineáris, ordinátatengelye pedig ún. Gauss-féle különleges beosztású, a diagram egyenessé válik. Ennek megfelelően a logaritmikusan normális görbék egyenessé válnak, ha oly koordináta-rendszerben ábrázoljuk azokat, mely Gauss-féle ordinátabeosztással és logaritmikus abszcisszabeosztással bír. (3. ábra).



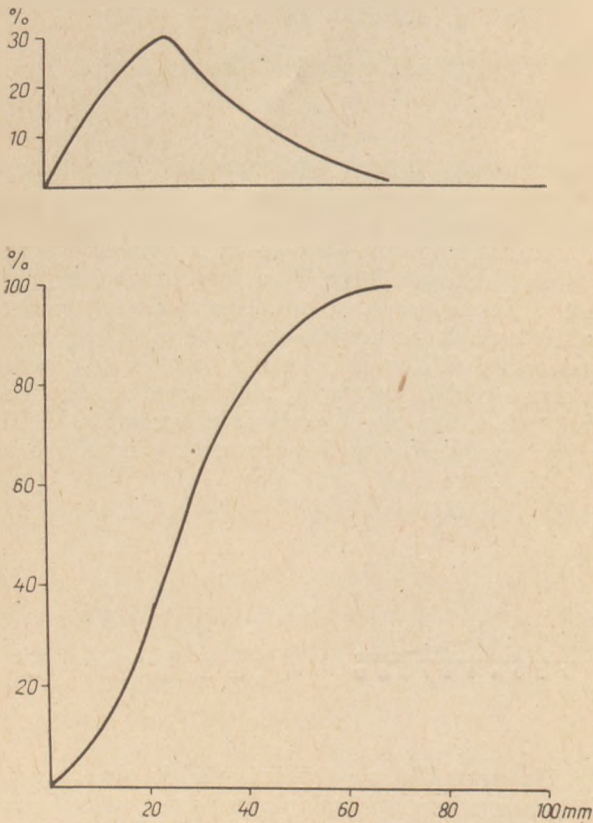
Logaritmikusan normális megoszlás

1. ábra

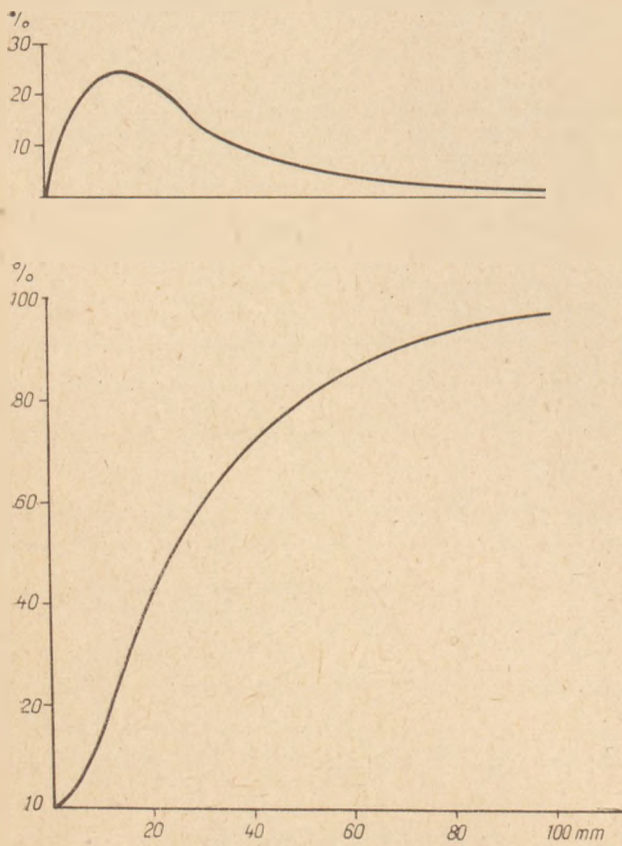


Rosin-Rammler (Bennett) megoszlás

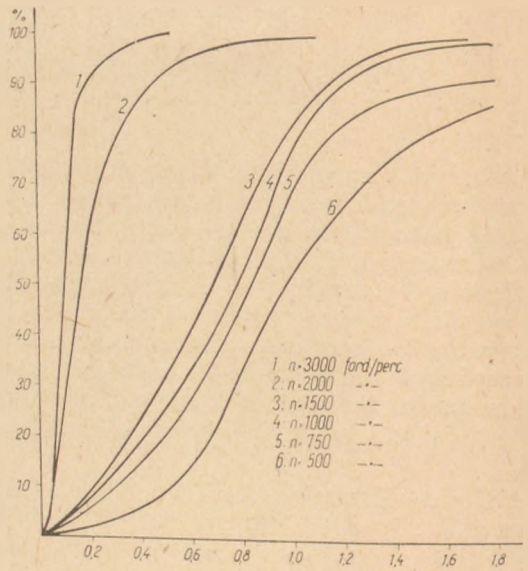
3. ábra



4. ábra



5. ábra

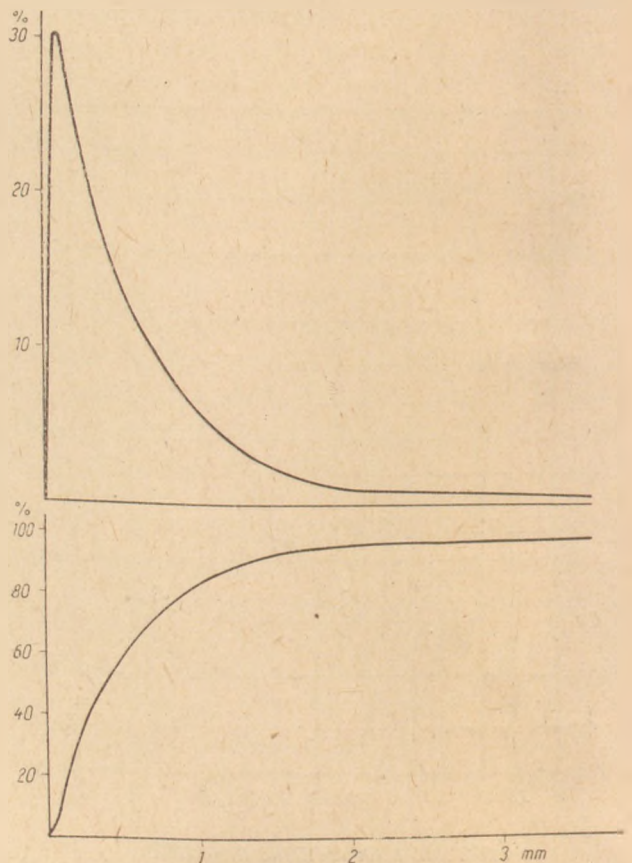


6. ábra

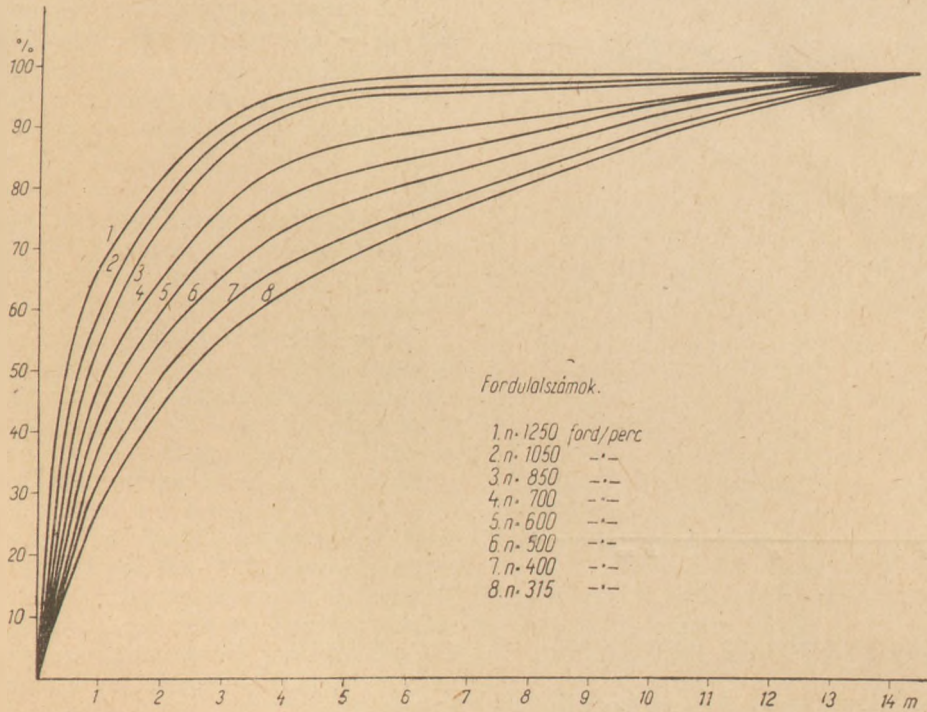
A log. normális eloszlás sűrűséggörbéjének képlete:

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma x}} e^{-\frac{(\log x - m)^2}{2\sigma^2}}$$

Ha mind a Rosin—Rammler-képlet szerinti görbét (1. ábra), mind a log. normális eloszlásnak megfelelő görbét (3. ábra) lineáris koordinárendszerben ábrázoljuk (4, ill. 5. ábrák) úgy lát-



7. ábra



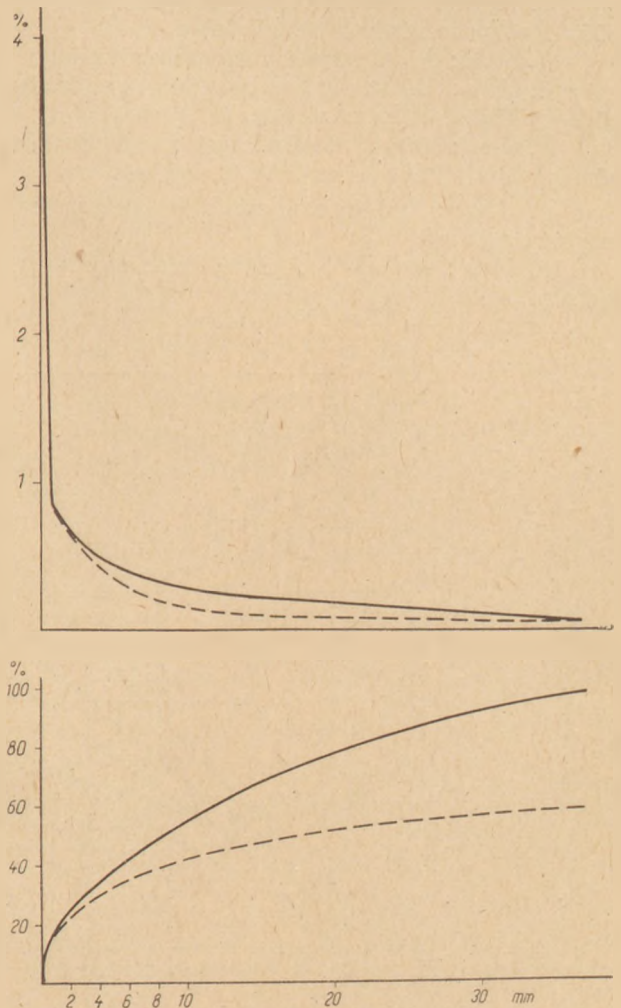
8. ábra

hatjuk, hogy a két megoszlásgörbe azonos — balra ferdülő — jelleget mutat. A két törvényszerűség tehát azonos csoportba tartozó megoszlási eseteket határoz meg.

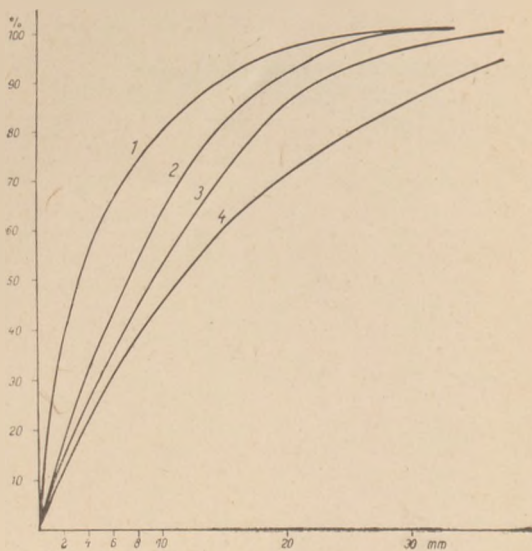
Ha tehát mind a log. normális megoszlás-törvénynek, mind a Rosin—Rammner-féle tétel-nek megfelelő megoszlások közelítőleg kifejezik a tényleges megoszlást, úgy ennek mind a Bennett-féle, mind a Gauss-féle ordinátabeosztású és logarit-mikus abszcisszaskálájú ordinátarendszerben gyakorlatilag egyeneseket kell szolgáltatnia. Ez a megállapítás azonban nem vonatkozik a görbék jobbszélére, mert itt a tényleges görbének mindkét elméleti görbealakulástól (melyek az említett koo-rdinátarendszerekben egyenest adnak) el kell térnie.

A logaritmikusan normális görbe ugyanis aszimptotikusan közeledik az abszcisszatengelyhez (2. ábra) és ugyanez vonatkozik a Rosin—Rammner-féle görbékre is. Ezzel szemben az aprított hal-mazok ténylegesen csak véges méretű szemcséket tartalmazhatnak és ezt a tényt még aláhúzza az a körülmény, hogy gyakorlatilag általában oly-módon szabjuk meg az aprítógépek beállítását, hogy előírjuk az előállítandó halmaz megkívánt max. szem nagyságát. Az aprított szemcsék ezért csak akkor hagyhatják el a gépet, ha már kiseb-bek a kívánt max. szem nagyságnak megfelelő résbeállításnál. A görbék jobb oldali szakaszának ezért szükségszerűen el kell térnie mind a log. normális, mind pedig a Rosin—Rammner-féle megoszlásoktól.

A következőkben 6 db finomra-törő gép és 3 malom megoszlási görbéit ábrázoljuk először a Gauss-ordinátabeosztású és logarit-mikus abszcisszabeosztású koordinátarendszerben, ezután a Bennett-féle koordinátarendszerben, annak tanul-



9. ábra



10. ábra

mányozására, hogy melyikbe illeszkednek be jobban.

A hat finomra-törő gép lineáris koordinátarendszerben ábrázolt megoszlásgörbéjét a következő ábrák mutatják:

- 6. ábra: dismembrátor megoszlásgörbéje 2000 ford/perc mellett (2. görbe)
- 7. ábra: desintegrátor megoszlásgörbéje
- 8. ábra: 800 \varnothing kalapácsostörő megoszlásgörbéje 1250 ford/perc mellett (1. görbe)
- 8. ábra: 800 \varnothing kalapácsostörő megoszlásgörbéje 315 ford/perc mellett (8. görbe).
- 9. ábra: Titán rendszerű kalapácsostörő megoszlásgörbéje
- 10. ábra: Hajító-törő görbéje alacsony fordulatszám mellett (4 jelű görbe).

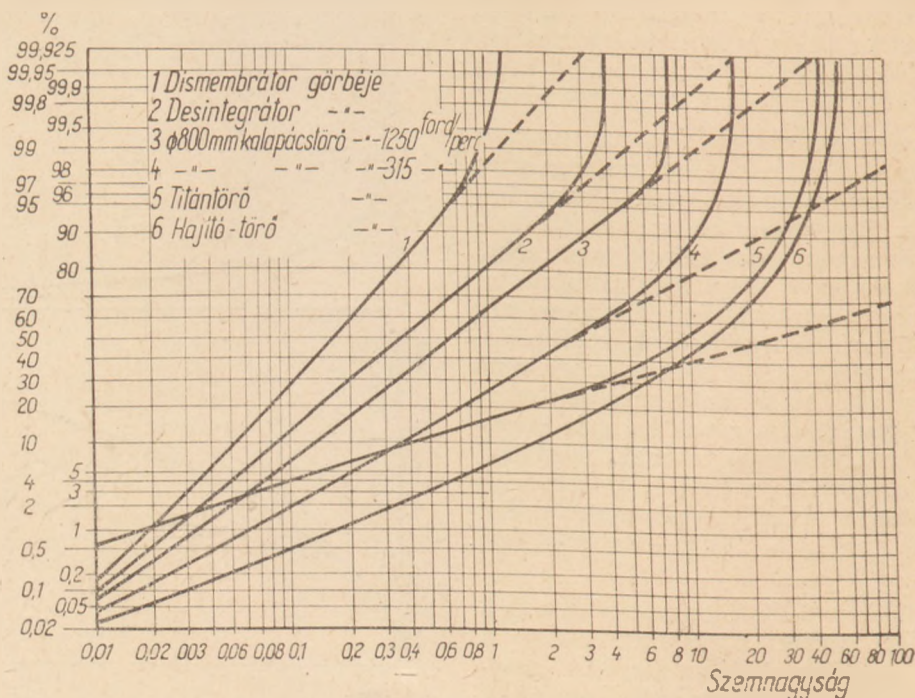
(A megoszlásgörbéknek — a 9. ábra kivételével — csak az integrál formáját ábrázoltuk.)

A 11. ábra a fent felsorolt hat megoszlásgörbét Gauss-féle ordinátabeosztású és logaritmusos abszcisszaskálájú koordinátarendszerben, a 12. ábra pedig a Bennett-féle koordinátarendszerben mutatja.

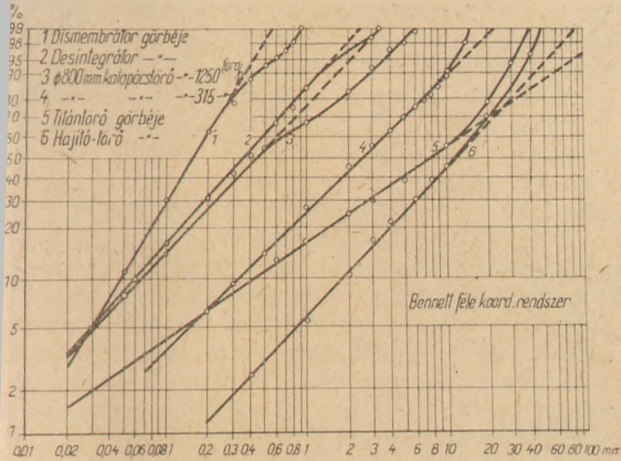
Láthatjuk, hogy a diagramok bal oldala mindkét koordinátarendszerben közelítőleg egyeneseket ad, a görbék tehát mindkét megoszlási törvénnyel — többé, vagy kevésbé — kifejezhetők.

A görbék jobb oldalán aköz egyenestől való eltérését részben már indokoltuk. Az eltérés az alkalmazott különleges skálák következtében jelentékenynek látszik, ténylegesen azonban sokkal kevésbé jelentős. Így pl. ha a 11. ábra görbéit nézzük, az 1. és 2. jelű diagramoknál az elhajlás csak 95%-nál kezdődik, tehát a halmaz 95%-ának megoszlása ténylegesen log. normális. A 3. jelű diagram pedig pl. csak 97%-nál kezd felfelé kanyarodni. Ezeknek a megoszlásgörbéknek tehát csak a legszelű szakasza tér el a log. normális megoszlástól és csak oly mértékben, mint amilyenben — mint már említettük — ennek szükségszerűen be kell következnie.

A 4–6-os görbéknel azonban az eltérés már jelentékenyebb. Az eltérés — torzítástól mentes — mértékét legegyszerűbben úgy szemléltethetjük, hogy a tényleges — mérések alapján megállapított — görbék mellé berajzoljuk az elméleti log. normális alakulást. Ezeket a 11. ábra görbéinek segítségével szerkeszthetjük meg. Ha a szemcse-megoszlás pontosan log. normális volna, a 11. ábra diagramjainak teljes egészében egyeneseket kellene adnia. Ezért a görbék baloldali egyenes részét meghosszabbítva, megrajzoljuk az elméleti log. normális megoszlást. Az így kiegyenesített diagramokat átvíve a lineáris koordinátarend-



11. ábra



12. ábra

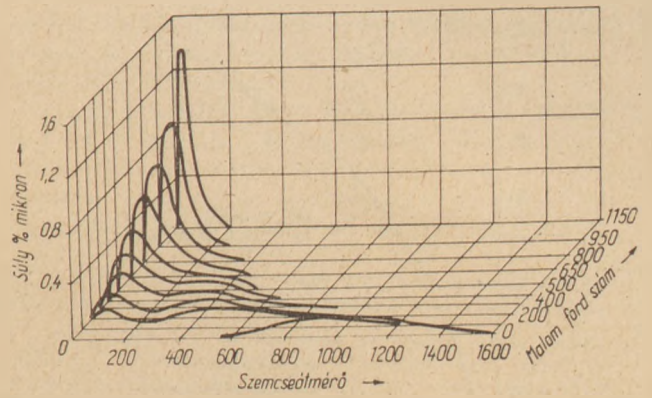
szerbe, megrajzoljuk az elméleti log. normális eloszlás kummulatív görbéjét, ebből pedig a differenciálgörbét is.

Ezt az eljárást a 9. ábrán példaképpen a Titán-törőre vonatkozólag szemléltetjük, mert itt az eltérés már jelentékeny. Láthatjuk, hogy az eltérés a görbék jellegét nem változtatja meg, különösen a differenciálgörbénél. Az integrálgörbénél — ahol a különbsétek összegeződnek — az eltérés már jelentékenyebb.

Láthatjuk, hogy nagy fordulatszám mellett — tehát az aprítóhatások nagy számánál — a görbék erősen megközelítik a log. normális megoszlást, ha azonban csökkentjük az aprítóhatások számát (mint pl. a 800 mm \varnothing kalapácsostörőnél, vagy a Titán- és hajító-törőnél) akkor a görbe jobbszéle sokkal erősebben emelkedik, mint a log. normális görbe. Ennek oka az, hogy az aprítóhatások csökkenésénél a görbe formája már átmenetet képez a log. normális megoszlástól a normális felé. Más helyen foglalkoztunk már ezen átmeneti görbékkel és megállapítottuk, hogy azok formája lehet egyhullámú, de lehet kéthullámú is. Ezzel kapcsolatban csak a H. Heywood által eszközölt szénőrlési kísérlet eredményét mutatjuk be (13. ábra), mely mutatja, hogy minél inkább csökkentjük a malom fordulatszámát, annál erősebben felhullámosodik a görbék jobbszéle. A megvizsgált finomra-aprító gépek fordulatszámának csökkenése még nem oly nagy, hogy jobboldali második hullám fellépne, de azért a görbe jobbszéle már kezd emelkedni és ezért eltér a log. normális alakulásától.

Ha a 11. ábrát a 12. ábrával összehasonlítjuk, megállapíthatjuk, hogy míg az 1. és 2. görbe csak 95%-nál tér el a log. normális megoszlástól (11. ábra), a 3. jelű görbe pedig csak 97%-nál, addig a Rosin—Rammler-féle megoszlástól való eltérés az 1. jelű diagramnál már 70%-nál, a 2. jelűnél 90%-nál, a 3. jelűnél pedig már 50%-nál kezdődik.

Ezzel szemben a 4—6 jelű görbék eltérése a log. normálistól 50%-nál, illetve 20%-nál és 40%-nál kezdődik (habár az eltérés nem változtatja meg a görbe lényegét, míg a Rosin—Rammler-féle megoszlástól csak 87%-nál, illetve 56 és 50%-nál kezdődik az eltérés.

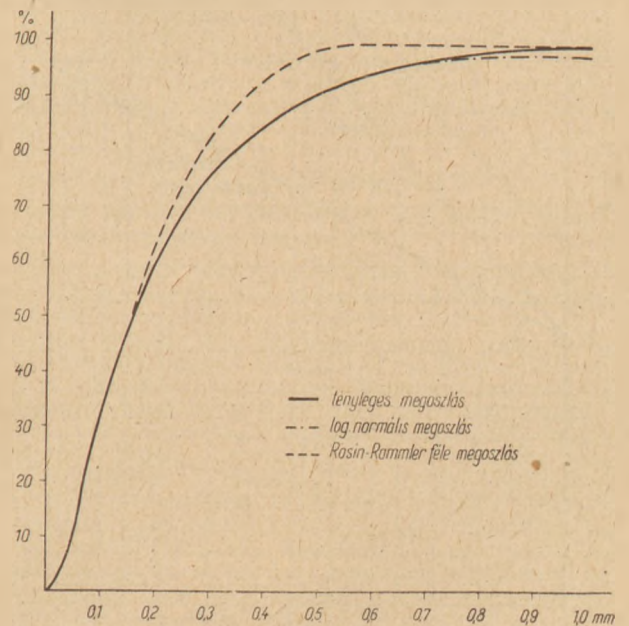


13. ábra

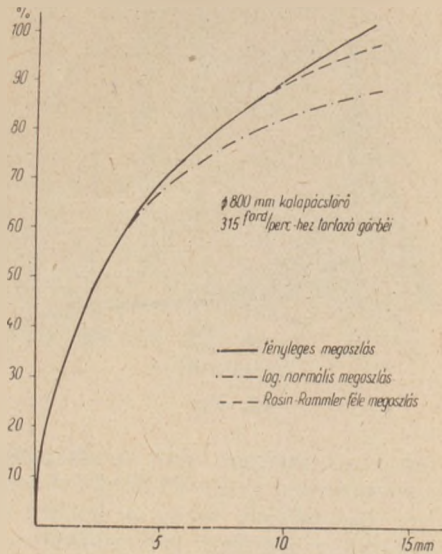
Emnek a jelenségnek okát megkapjuk, ha a tényleges szemszerkezeti görbét lineáris koordináta-rendszerben hasonlítjuk össze a kétféle elméleti megoszlással. (Az elméleti görbealakulásokat ismét úgy szerkesztjük meg, hogy a 11., ill. 12. ábra kiegyenesített diagramjait átvisszük a lineáris koordináta-rendszerbe.)

Megvizsgáljuk a nagy fordulatszámú működő (2000 ford/perc) dismembrátor görbéjét és a kis fordulatszámú (315 ford/perc) 800 mm \varnothing -s kalapácsostörő görbéjét.

Az első görbét a 14. ábra, a másodikat a 15. ábra mutatja. A dismembrátor szemszerkezeti görbéje (teljes vonal) gyakorlatilag teljesen fedi a log. normális megoszlást (pont-vonalkázva), csupán a görbe végén mutatkozik — a már említett — minimális eltérés. Ezzel szemben a Rosin—Rammler-féle megoszlásgörbe (szaggatott vonal) jobb oldala már lényegesen eltér a tényleges szemszerkezeti görbétől amennyiben erősen a görbe fölé emelkedik, azonban — még a 100%-os ordináta elérése előtt — keresztezi a tényleges szemszerkezeti görbét és csak a végtelenben éri el a 100%-os ordinátát. A görbék ezen különleges alakulását a Bennett-diagram is mutatja.



14. ábra



15. ábra

A 15. ábrán már egészen más helyzetet találunk, mert itt a Rosin—Rammler-görbe közelíti meg erősen a tényleges szemszerkezeti görbét, míg a log. normális eloszlás — a 60%-os ordinátától kezdve — már sokkal jobban eltér tőle.

Látjuk, hogy szokásos üzemi körülmények között — tehát nagy fordulatszám mellett — (1—3 görbék), a szemszerkezeti görbék gyakorlatilag fedik a log. normális eloszlást, míg a Rosin—Rammler-féle görbék jobb oldala erősen eltér tőlük. Azonban fordulatszám — tehát az aprítóbehatás-

szám — csökkenése esetén a szemszerkezeti görbe jobb oldala — mint a Heywood-féle diagramból láttuk — kezd felhullámosodni (4—6 görbe).

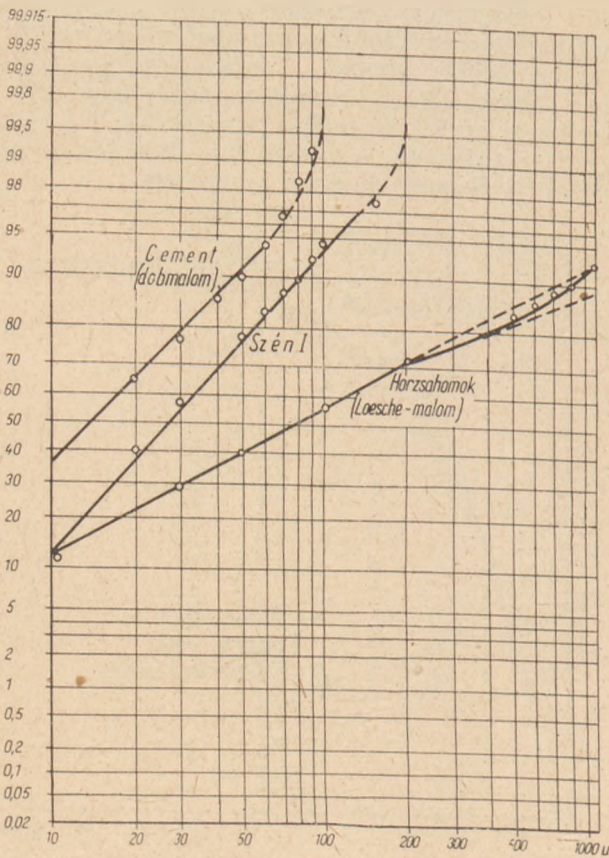
A Rosin—Rammler-megoszlás jobb oldala — mint a diagramok mutatják — magasabbra emelkedik, mint a log. normális görbéké, ezért ebben az esetben már a Rosin—Rammler-megoszlás jobban megközelíti a tényleges görbét.

A 16. és 17. ábrán malmokban aprított halmazok szemszerkezetét ábrázoljuk, mind a Gauss-féle ordinátabeosztású és logaritmikus abszcisszatengetlyű koordináta rendszerben (16. ábra), mind a Bennett-féle koordináta rendszerben (17. ábra).

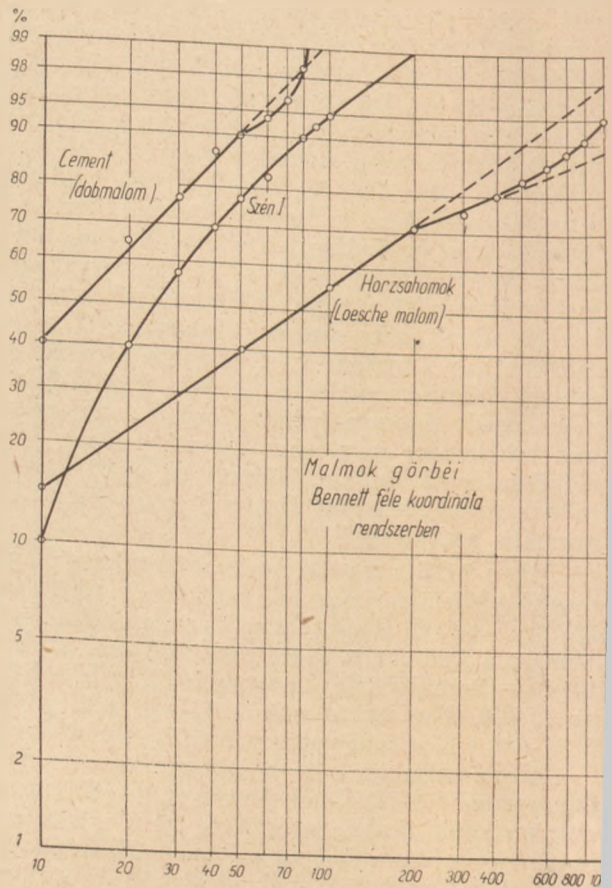
Az ábrázolt görbéket lineáris koordináta rendszerben a 18. ábra (dobmalom diagramja), a 19. ábra (örölt szénporok I. jelű görbéje) és 20. ábra (Loesche-malom diagramja) mutatja.

Mint a 16. és 17. ábrák mutatják, a dobmalom görbéje csak 94%-nál tér el a log. normális eloszlástól és a Rosin—Rammler-eloszlástól is csak 90%-nál. Ez utóbbi ábra jól mutatja, hogy a Rosin—Rammler-görbe miként emelkedik a tényleges görbe fölé, hogy azután metszve azt ismét alá kerüljön.

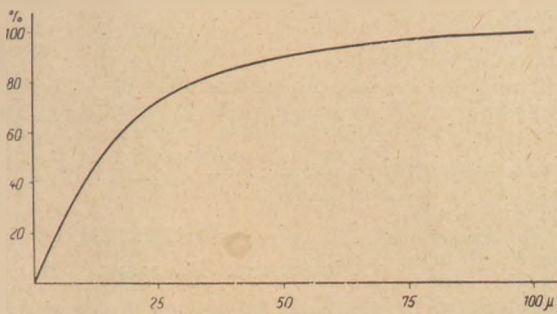
A Loesche-malom közbenső osztályozással dolgozik. Ezért a 200 μ -hoz tartozó kiosztályozási ponton megtörik a diagram, mely eddig a pontig mindkét koordináta rendszerben egyenest mutat. A 200 μ ponton túl a görbe nemcsak megtörik, de az egyenestől felfelé is hajlik. Már régebben rámutattunk arra, hogy a görbék jobbszélének székszerűleg el kell térnie az egyenestől.



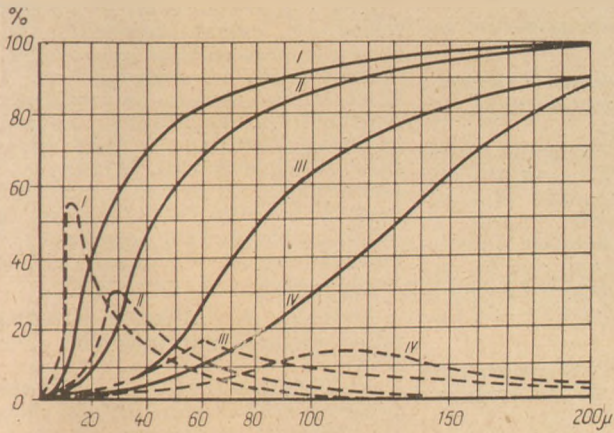
16. ábra



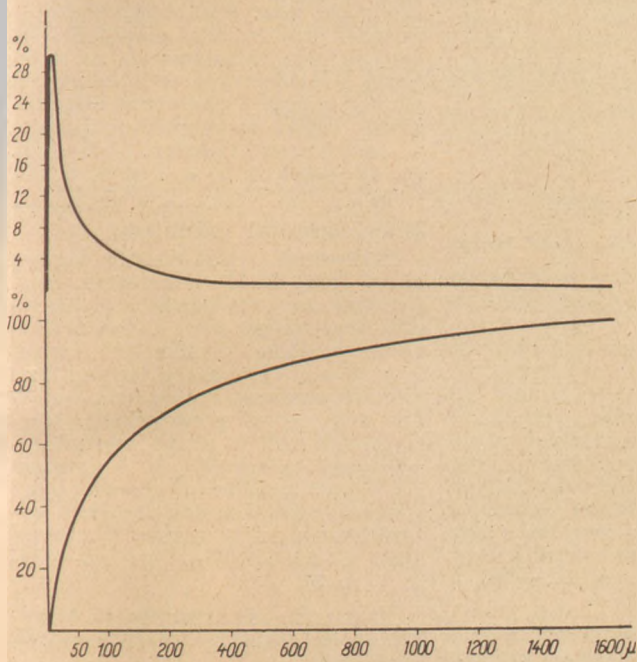
17. ábra



18. ábra



19. ábra



20. ábra

Nagyon figyelemre méltó a Szén I. jelzésű diagram, mely csak a 97%-os pontnál tér el a log. normális diagramtól, ezzel szemben a Bennett-féle koordinátarendszerben még a bal oldala sem ad egyenest, jelezve, hogy az a tény, hogy a diagram bal oldala mindkét koordinátarendszerben egyenest ad, nem feltétlenül szükségszerű. Általában

azonban mindkét eloszlástörvény alkalmas a finom-aprítás folyamán nyert halmaz szemcseösszetételének kifejezésére.

Megjegyzendő, hogy a Kolmogorov—Rényi-tétel matematikai levezetésekén alapul, míg Rosin—Rammler-tétel csak empirikusan van megállapítva, és az $n < 1$ esetben, mint az matematikailag kimutatható, nem is ad reális eredményeket.

Lázár Jenő: Örölt, vagy finomra aprított halmazok szemcseösszetételi megoszlástörvényeinek vizsgálata.

A tanulmány az aprított halmazok szemcsemegoszlására vonatkozó Rosin—Rammler-féle törvényszerűséget és a Kolmogorov—Rényi-tételt hasonlítja össze. Mint az eredmények mutatják, malmok és finomra aprító gépek által aprított halmazok szemcseösszetételének kummulatív görbéi, úgy a Bennet-féle diagramban (Rosin—Rammler-tétel) mint a Gauss-féle ordináta skálái és a logaritmikus abszcissa beosztású koordináta-rendszerben (Kolmogorov—Rényi-tétel) ábrázolva, általában közelítőleg egyenest adnak, a szemeloszlás tehát ezeknél a gépfajtáknál mindkét tétellel kifejezhető. Rendes üzemi körülmények — tehát nagy fordulatszám esetében — a Kolmogorov—Rényi-tétel (log. normális megoszlás) jobban megközelíti a tényleges megoszlást, míg a fordulatszám — tehát az aprítóbeállítások számának — csökkenése esetén a szemeloszlási görbe alakulása a Rosin—Rammler-féle törvényhez közeledik.

Йенo Лазар: ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО ЗЕРНОВОМУ СОСТАВУ ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ ИЛИ ТОНКО-ДРОБЛЕННЫХ АГЛОМЕРАТОВ.

Сравнение закономерности Розина-Раммлера и положения Колмогорова-Рени, относящихся к зерновому распределению дробленых агломератов. На основе полученных результатов установлено, что кумулятивные кривые зернового состава агломератов, измельченных в мельницах и тонко-измельчающих установках, дают вообще приближительную прямую, изображенную как на диаграмме Беннета (положение Розина-Раммлера), так на диапазонах ординаты Гаусса, и в координатной системе с шкалой логарифмической абсциссы (положение Колмогорова-Рени), следовательно распределение зерен может выражаться с обоими положениями у этих типов машин. В обычных заводских условиях, т. е. в случае высокого числа оборотов, положение Колмогорова-Рени (лог. нормальное распределение) в большой мере приближается к действительному распределению, а в случае уменьшения числа оборотов, т. е. числа измельчающих воздействий оформление кривой распределения зерен приближается к закону Розина-Раммлера.

Zusammenfassung

Vergleich der sich auf Feinbrecher und Mühlen bezüglichen-Kornverteilungsgesetze.

Der Aufsatz vergleicht das Rosin—Rammler'sche Gesetz betreffend der Korngrößenverteilung zerkleinerter Haufen mit dem diesbezüglichen Gesetz von Kolmogorov—Rényi. Die Resultate zeigen, dass beide Gesetzmässigkeiten zur Darstellung der Kornverteilung von Haufen, die in Mühlen oder Feinbrechermaschinen zerkleinert wurden, geeignet sind. (Für die anderen Arten von Zerkleinerungsmaschinen sind sie nicht geeignet.) Unter normalen Betriebsumständen — also grosser Drehzahl — entspricht die Korngrößenverteilung der — dem Satze Kolmogorov—Rényi entsprechenden — log. normalen Verteilung. Bei Verminderung der Drehzahl der Maschine — also bei Verminderung der Anzahl der Zerkleinerungseinwirkungen — nähert sich der Verlauf der Verteilungskurve dem Rosin — Rammler'schen Gesetz.

Lapszemle

Revista Constructiilor si a Materi- alelor de Constructii

1958. 9. szám

Cioara, A., Cariadi, L.: Agyagok oldható sótartalmának meghatározása polarografikus úton (p.: 593—596, t: 3, g: 1, b: 6)

Az SO_4 ionok meghatározása feleslegben levő ólomsók segítségével. A feleslegben maradó Pb^{2+} ionokat ammóniumacetát közegben elektro-redukciónak vetik alá. Az eljárás módjának, a polarogramok értékelésének részletes ismertetése.

Kahan, I.: Parketta elhelyezése fűrészes betonlapokra (p.: 596—600, ú: 9, t: 3)

A padló rétegei: kiegyenlítő beton, hő- és hangszigetelés, kátránypapír, homok, fűrészes betonlapok bitumenes lézagkitöltéssel, parketta. A parkettát szegeléssel erősítik a fűrészes betonhoz. A padlószerkezet előregyártva is készíthető. Költsége alacsonyabb, mint a tradicionális parkettapadló. Több, mint egy évi használat tapasztalatai alapján, műszaki-gazdasági előnyei miatt általános bevezetésre javasolják.

Titeiu, O.: A szárítási hőmérséklet hatása a granulált salak tulajdonságaira (p.: 600—602, t: 3)

A salak újrahevítését követő hűtés lassúbb folyamat, mint a granulálás utáni hűtés. Ez a tény a salak szerkezeti felépítésében és aktivitásában változásokat hoz létre. Különböző hőmérsékleteken kezelt salakokból 50%-os adagolással készült cementek vizsgálatának részletes közlése. A salakot mikroszkópiailag vizsgálták, meghatározták a hidratációs hőt, a kötési adatokat és a szilárdságot. Az optimális hőmérséklet $500\text{ }^\circ\text{C}$, vagy ennél alacsonyabb. A hőmérséklet emelkedésével hatványozottan nő a kristályos részecskék mennyisége, a salak aktivitása pedig ugyanilyen mértékben csökken.

STAVIVO

1958. 12. szám

Pleva M.: A mészgyártás új útjai (p.: 465—468, ú: 1, t: 1, b: 12)

A lágy és kemény mészégetés közötti különbség tárgyalása. Indokolja a mész lágy égetésének a szükségességét, különös tekintettel az építési munkák gépesítésére. Részletesen ismerteti a mész lágy égetési eljárásait, körkemencében, gáztüzelésű akna-kemencében, kevert tüzelésű akna-kemencében és forgókemencében. Leírja a mész vizsgálatát.

Sima V., Sneberk I.: Mázás falburkoló csempék égetésének jelenlegi állása és fejlesztési iránya (p.: 468—471, ú: 6, t: 1, b: 8)

A mázás falburkoló csempék égetéséhez a múltban és jelenleg használt, végül a legújabbban alkalmazott kemencék leírása. A berakási mód ismertetése minden kemencére vonat-

kozóan. A kemencék jellemző adatainak összeállítása és a legalkalmasabb kemencetípusok értékelése.

Elinzon M., Vasilkov S.: Agloporit előállítása (p.: 472—474, ú: 1, t: 3)

A zsurgítás agglomeráló rostélyokon, egyike a könnyű betonadalék-előállítás leggazdaságosabb eljárásainak. A gyártástechnológia vázlatos ismertetése, a gyártási költségtényezők összehasonlítása más eljárásokkal. Az egyes nyersanyagfeleségek optimális alkalmazási lehetőségei. Az agloporit és a felhasználásával készült beton anyagtulajdonságai.

Dobry M.: Tufabetonból készült, új típusú könnyű falazóblokkok (p.: 476—478, ú: 4, t: 2)

Nehéz betonból (1500 kg/m^3 fölött) készült falazóelemek. Alakjuk két-féle, fő méreteik: $44 \times 29 \times 21,5\text{ cm}$. Az idomok 5 oldalról zártak. A jobbra szabályos hatszög keresztmetszetű üregek három sorban helyezkednek el. A különféle idomok a a tömör kivitelhez képest 24—38,3%-kal könnyebbek.

Lejsek L.: A portlandcement-vizsgálat és -értékelés új módszereinek bevezetéséről (p.: 482—486, t: 5, g: 1, b: 4)

A csehszlovák cementszabványok felülvizsgálatánál figyelembe veendő feladatok és perspektívák. Új vizsgálati eljárások lehetőségei a cement anyagtulajdonságaira, elsősorban fajlagos felületére, térfogatállandóságára és kötőképességére vonatkozóan, figyelemmel a jelenleg folyamatban levő nemzetközi tárgyalásokra.

SILIKATTECHNIK

9. évfolyam, 9. szám, 1958. szept.

Kersten, D.: Munka- és egészségvédelem a szilikátkohászati üzemekben

A magas hőmérséklet, a klimatikus ártalmak, a szénoxid, az ólomvegyületek hatásának részletes ismertetése a szilikátipari üzemekre vonatkozólag. A porártalom forrásainak részletezése minden iparágra külön, különöse tekintettel a szilikózisveszélyre. Foglalkozik a meghűlési veszéllyel. Megállapítja, hogy a megelőzés megoldható és utal ennek termelékenységnövelő hatására. (p.: 388—393, ú: 6)

Brandt, A.: Új ismeretek a szilikózis leküzdéséről a termelő üzemekben

Tizenkilenc-féle szilikátipari gyártóüzemre vonatkozóan statisztikai adatokat dolgoz fel a szilikózisról. Férfi és női dolgozókra bontott százalékos statisztikát közöl a szilikózis-megbetegedésekről, a betegség előrehaladottságáról. Ismerteti a leküzdés módjait. (p.: 394—397, t: 2, g: 1)

Bommert, R.: Műszaki portalanítás a szilikátiparban

A porképződés meggátolásának módszerei a képződés helyén. Porelszívás. Portalanítás vízzel és szellőzés-

sel. Porlekötés elektrosztatikus úton. A portalanítás műszaki alapelveinek megvilágítása példák segítségével. Vizsgálati módszerek és a vizsgálatok eredményei. (p.: 401—406, ú: 11, g: 3, b: 8)

SILIKATTECHNIK

9. évfolyam, 11. szám, 1958. nov.

Hinz, W., Solow, G.: Üreges üveg-szálgártás üvegcsőből, rúdhúzóeljárással

Elektromos fűtésű csökemencében felhevített csövek belsejéből, alacsony nyomású sűrített levegővel szárlakat húznak le, melyeknél pl. 20 külső átmérő mellett, az üregátmérő legfeljebb 12. Megállapítja, hogy az üvegcső szilárdsága a tömör üvegcsőszálaléval egyenértékű. Ábrázolja a szárlvastagság és az üregátmérő arányát a nyomás függvényében, továbbá az üregátmérő alakulását, különböző húzási viszonyok között. (p.: 484—485, t: 2, g: 2, b: 2)

Dümecke, G.: Szilikátok és oxidos rokon anyagok spektrokémiai elemzése

A Li_2CO_3 — $PbCO_3$ — B_2O_3 -mal feltart mintákat szén- és nikkelporral keverve, változóáramú ivvel előgőzlik. A hozzávetőleges összetételt ismert oxidkeverékek segítségével állapítják meg. Két keretmintát készítenek, megfelelően magasabb, ill. alacsonyabb tartalommal. Az értékelést az elemzendő és a keretmintákból kapott 8 spektrum átlagolásával végzik. Az elemzés pontosságát a tartalomtól függően ± 3 —5% (p.: 488—491, ú: 1, t: 2, g: 8, b: 12)

Blanke, M.: Olvasztott állapotban öntött kádkövek előállítása

Különböző kádkövekből korong alakú forgó kádát készítenek. Megfigyelték az olvadátkörnyél képződött bennmaradást, mely az öntött kádköveknél sokkal kisebbnek bizonyult. A mullitnál előnyösebb korund-fázis kikristályosodását optikailag figyelték meg, ± 10 pontossággal. Megfigyelhető volt a mullit rekristallizációjának a veszélye is. A gyártásnál eleinte nehézséget okozott, hogy a kövek belül táskások voltak. A kővízfelszívása 1% alatti, fagulásuk $1600\text{ }^\circ\text{C}$ -nál kb. 1%. (p.: 492—494, ú: 4, g: 3)

Vogel, E.: A cementégető forgókemencék torlaszgyűrűképződésének kérdéseihez

A felrakódások és a gyűrűtorlaszok legfontosabb okai: az alkálikonkondenzáció és a szulfátképződés. A veszély különösen magas kéntartalmú szenek alkalmazásakor nagy. Ilyen esetben az égetési folyamatot felül kell vizsgálni és a kemencében olyan fizikai körülményeket kell teremteni, melyek megfelelő üzemeltetést biztosítanak. A közlemény részletesen ismerteti a gyűrűképződés fizikáját, tudományosan taglalja annak okait és a megelőzés módjait. (II. és bef. rész. p.: 502—505, t: 3, g: 5, b: 28)

Felhívjuk figyelmét az alábbi műszaki könyvekre:

Építőanyagipari biztonságtechnikai kézikönyv	324 oldal	Ára kötve	50,— Ft
<i>Havas:</i> Az energia gazdaságos felhasználása az építőiparban és az építőanyagiparban	176 oldal	Ára fűzve	21,50 Ft
<i>Kampis:</i> Termékgazdálkodás az építő- és építőanyagiparban	284 oldal	Ára kötve	41,50 Ft
Szerelvénycs. Műszaki adatok és méretek I.	514 oldal	Ára kötve	82,— Ft
Szerelvénycs. Műszaki adatok és méretek II.	372 oldal	Ára kötve	50,— Ft
<i>Volf:</i> Üvegipari táblázatok és számítások	328 oldal	Ára kötve	62,— Ft

Egyúttal közöljük, hogy az alábbi szakkönyvek vannak előkészületben:

<i>Palotás:</i> Mérnöki kézikönyv III. kötet	Kb. 1360 oldal	Ára kötve	180,— Ft
<i>Tóbiás—Seidl—Megyer—Pados:</i> Kőművesszerkezetek I—II.	Kb. 184 oldal	Ára fűzve kb.	24,— Ft

A könyvek beszerezhetők, illetve megrendelhetők az

ÁLLAMI KÖNYVTERJESZTŐ VÁLLALAT KÖNYVESBOLTJAIBAN

Szakkboltok:

MŰSZAKI KÖNYVESBOLT—ANTIKVÁRIUM

Budapest, VII., Lenin körút 7

KÖNNYŰIPARI KÖNYVESBOLT

Budapest, VII., Baross tér 22

TECHNIKUS KÖNYVESBOLT

Budapest, XI., Bartók B. út 22

Az Építőanyag 4. száma áprilisban jelenik meg

ÉPÍTŐANYAG

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

Felelős kiadó: Solt Sándor — Megjelent 730 példányban

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

Előfizetési díj: ¼ évre 18.— Ft., félévre 36.— Ft., egyes szám ára: 6,— Ft. — Csekkzámlaszám: egyéni 61,252, közületi: 61,066

47093-689/2 • Révai-nyomda Budapest V. Vadász utca 16. (Felelős: Povárny Jenő)

Példányonkénti eladási ára: 6.— Ft.

CEKOP

TELJESEN FELSZERELT GYÁRAK ÉS TELJES IPARI BERENDEZÉSEK EXPORTJA

WARSAWA, MOKOTOWSKA 49 (LENGYELORSZÁG)

Sürgőny cím: CEKOP, WARSAWA

Különlegesen jóminőségű

SEJTBETON (HABBETON)

készül a **CEKOP** építette gyárakban. Gazdaságos, olcsó, gyártása könnyű. A gyár műszaki dokumentációját kidolgozzuk és a teljes gépi berendezést minden felszereléssel együtt szállítjuk. Kérjen tőlünk katalógust és felvilágosítást!

Minden részletkérdés tekintetében forduljon a

Budapesti Lengyel

Nagykövetség

Kereskedelmi Tanácsosához

BUDAPEST,

VI., SZEGFŰ UTCA 6.



CEKOP



Látogassa meg kiállítási helyiségünket a

Poznani Nemzetközi Vásáron

1959 június 7 és 21 között