

302935

ÉPÍTŐANYAG



CEMENT, MÉSZ
TÉGLA, KERÁMIA
ÜVEG ÉS KŐIPAR

7. SZÁM

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

★

Felelős szerkesztő:
Egyed Zoltán

★

Főszerkesztő:
Dr. Korányi György

★

Szerkesztőségi titkár:
Hinsenkamp Alfréd

★

Szerkesztőbizottság:
Bereczky Endre
Beke Béla
Erdély Imre
Grofszik János
Király György
Király Jenő
dr. Knapp Oszkár
dr. Lehmann Edit
Mayer Károly
Németh Béla
Szentmártony Gusztáv

★

Szerkesztőség:
Budapest, V., Honvéd-u. 22.
II. lépcső I. emelet 4.
Telefon: 124-438

★

Kiadja:
Műszaki Könyvkiadó,
Budapest, V.,
Bajcsy-Zsilinszky út 22.
Telefon: 113-450

★

Felelős kiadó:
Solt Sándor

AZ ÉPÍTŐANYAGIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

TARTALOM:

| | Old |
|---|-----|
| <i>Vasadi Ferenc:</i> Cementgyárak szénporelőállítás berendezései | 241 |
| <i>Vándor József:</i> A hatványtörvények alkalmazása az építőanyag tech- nológiai kutatásban | 247 |
| <i>Cser Arisztid:</i> Tűzálló anyagok minősége és a hazai nyersanyagok .. | 253 |
| <i>Bréda Gyula:</i> Néhány szempont a gyorségetés vizsgálatánál | 263 |
| <i>Dr. Sághegyi Lajos:</i> A magyar üvegyipar történetéből | 270 |
| <i>Nyitrai Elek:</i> Téglamester szerződötetése Budán 245 év előtt | 276 |
| Egyesületi hírek | 280 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | стр. |
|--|------|
| <i>Ференц Вашады:</i> Угольно-пылеприготовительные установки це- ментных заводов | 241 |
| <i>Йозсеф Вандор:</i> Применение степенных законов в технологичес- ких исследованиях по производству строительных матери- алов | 247 |
| <i>Аристид Чер:</i> Качество огнеупоров и отечественные сырья | 253 |
| <i>Дьюла Бреда:</i> Некоторые вопросы при расследовании скорост- ного метода обжига | 263 |
| <i>Лайош Шагхели:</i> Из истории венгерской стекольной промышлен- ности | 270 |
| <i>Элек Нитрай:</i> Наём мастера-кирпичника в Буда в 1710 г. | 276 |
| Известия | 280 |

CONTENU:

| | Nos. Pages |
|---|------------|
| <i>Ferenc Vasadi:</i> Installations servant à la production de la poudre de charbon dans les fabriques de ciment | 241 |
| <i>József Vándor:</i> Application des lois des puissances dans les recher- ches technologiques des matériaux de construction | 247 |
| <i>Arisztid Cser:</i> Qualité des matériaux réfractaires et les matières premières hongroises | 253 |
| <i>Gyula Bréda:</i> Quel gues point de vue de l'examen de la cuisson rapide | 263 |
| <i>Dr. Lajos Sághegyi:</i> De l'histoire de l'industrie de verre hongroise .. | 270 |
| <i>Elek Nyitrai:</i> Engagement d'un maître-briquetier ily a 245 ans à Buda | 276 |
| Nouvelles de l'association | 280 |

ÉPÍTŐANYAG

7. ÉVFOLYAM 7. SZÁM

Cementgyárak szénporelőállító berendezései*

VASADI FERENC

A cementgyárak igényeinek megfelelő különféle rendszerű szénzsáritó és szénőrlő berendezések áttekintése, működésmódjuk, valamint gazdaságos üzemeltetésük feltételei. A zsáritódobokkal és légáramrendszerű őrlőgépekkel megvalósított egy- és kétlépcsős zsáritás gazdaságossága. A porrobbanás elleni védelem legfontosabb szempontjai szénzsáritó- és őrlőberendezések létesítésénél. Az ejtőcsöves előzsáritó üzemviszonyai. Légáramú golyósmalommal és ejtőcsöves előzsáritó készülékkel megvalósított egyfokozatú zsáritórendszer és előnyei az eddigi megoldásokkal szemben.

Szénpor készítését általában korszerű erőműveink szénportüzelésre épített kazánjai és cementgyáraink klinkerégető forgókemencéi igénylik.

Az erőművek a nagyobb fogyasztók. Itt azonban a követelmények mérsékeltek, nem helyeznek nagy súlyt a szénpor maradó nedvességtartalmára és a por őrlési finomságára, ami gyakran az $R_{70} = 30-45\%$ -ot is eléri. Kazánüzemnél semmi gondot nem okoz, ha a közvetlen befűvésű malomokban megőrlött szénport az elpárologtatott vízgőzzel együtt visszük a tüztérbe.

Forgókemencék hőfolyamatai a szénpor fokozottabb mértékű előkészítését kívánják meg. A nagy sugárzási energiát biztosító hosszú fáklya előállítására, a rendelkezésre álló rövid égési idő, a kívánt magas lánghőmérséklet az előbbihez képest már finomabbra őrlött szénnek vízgőzmentes, nagynyomású levegővel való befűvését kívánja.

Szénporkészítés céljára cementgyárainkban 4000—5500 kcal/kg fűtőértékű gázdús barnaszénfajtákat használnak fel, melyeknek 14—22% kezdeti nedvességtartalmát zsáritóberendezésekben 5—8%-ra csökkentik, majd a száraz szenet őrlőberendezésekben $R_{70} = 10-15\%$ finomságra megőrlik.

A cementégetés minőségi és üzembiztonsági követelményei, az energiatakarékossági szempontok, a por- és robbanásvédelem egyaránt megkívánja, hogy a meglévő cementgyári szénelő-

készítő rendszereket felülvizsgáljuk, üzemüket gazdaságosabbá és biztonságosabbá tegyük, a létesítendő új berendezéseket pedig a legkorszerűbb elvek szerint tervezzük. A továbbiakban megkíséreljük ennek irányát körvonalazni.

A szénporkészítésnek több fázisa van, amelyek az üzemek szénelőkészítő rendszereiben folytathatók le és a következő műveletekből állanak:

1. durva osztályozás,
2. mágneses fémkiválasztás,
3. forgács, fadarab, esetleg meddőkiválasztás,
4. törés és finomosztályozás.

Az 1—4. műveletek elvégzése a bányauzem feladata, míg a

5. próbavétel, szitaanalízis, elemzés,
6. mennyiségmérés,
7. zsáritás,
8. finomórlés

már a felhasználó üzemben, jelen esetben a cementgyárban lesz végrehajtva.

A cementgyárakba beérkező szén szemnagysága rendszeren már az őrlés követelményeinek megfelel, de semmi akadálya sincs a szállítóelemek közé egy 0,4—0,8 kWó/tonna fajlagos erőfogyasztású fogazott törőhengermű vagy röpitőtörő beépítésének. E külön gép energiaszükséglete a malom erőfogyasztásának csökkentésében bőségesen megtérül.

A fenti műveletek közül e tanulmányban csak a szén zsáritásával és finomórlásával foglalkozunk.

1. A szénporról általában

A szénpor eléggé széles szemcsekarakterisztikájú, laza, könnyen mozgó, aránylag kis szórt súlyú anyagalmaz, mely több különleges tulajdonsággal bír: felületén jelentékeny mennyiségű levegőt abszorbeál, kis kb 25—30° rézsűszögű, levegővel lazítva mozgó emulziót képez, tehát folyadékhoz hasonlóan viselkedik. Ebben az állapotban jól szivattyúzható. Elfektetve (raktározás alatt) belsejében izzó gócok keletkezhetnek, azaz öngyulladásra hajlamos. Levegőben lebegő szénpor robbanásveszélyes elegyet alkothat.

Általában az ipari szemcsék méretei 1—500 mikron között fordulnak elő, legnagyobb mennyi-

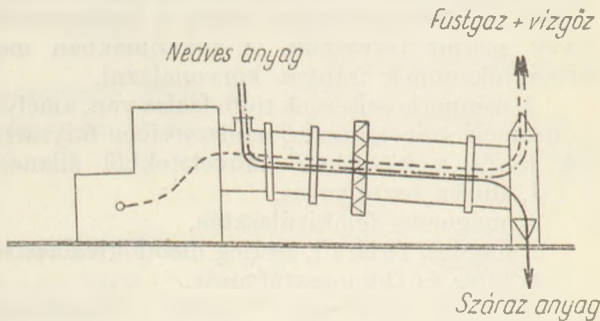
* Az Építőanyagipari Tudományos Egyesület cementszakosztályában 1954. október 1-én megtartott előadás.

ségben a 30—60 mikron körüli szemcsék találhatók, 150—500 mikron között csak jelentéktelen százalékok szerepel.

Az egyes szemcsék alakja a geometriai formától (gömb, négyzetes hasáb) eléggé eltér és pedig annál nagyobb mértékben, minél fiatalabb eredetű a szén. Barnaszemeknél egy meghatározott ineretű szemcse felülete a megfelelő ideális gömbalak felületéhez képest kb 1,4-szer nagyobb.

A szénpor robbanásáról e helyen a közelmúltban részletes ismertetés jelent meg, így ezzel ismét foglalkozni felesleges lenne. Az ott említett legfontosabb körülmények, melyek a szénporrobbanás keletkezését és intenzitását befolyásolják, a következők voltak:

a) A tüzelőanyag összetétele és fizikai sajátosságai, amelyek közül az illóanyag-tartalom, a hamutartalom, a nedvességtartalom és az őrlési finomság mértéke kritikus.



1. ábra. Egyenáramú szárítódob elvi működése

b) A levegőben elosztott szénpor mennyisége (porkoncentráció). Erre nézve a legveszélyesebb értéket $0,6 \text{ kg/m}^3$ -ben jelöltük meg, $0,1 \text{ kg/m}^3$ alatt a robbanásveszély már nem számottevő, $0,1$ és $0,3 \text{ kg/m}^3$ között mérsékelt, $0,3$ és 1 kg/m^3 között igen nagymértékű, 1 kg/m^3 fölött előre meg nem határozható mértékű, általában a koncentráció növelésével lassan csökken az intenzitás.

Mint hogy a rendszeren belül a szén összetétele és a porkoncentráció egyéb körülmények folytán adott, a robbanásveszély elhárításának egyedüli módja a szénport tartalmazó gáz oxigénkoncentrációjának csökkentése betáplált közömbös gázok vagy a szárításból adódó vízgőzök révén. Külföldön elvégzett kísérletek szerint légáramrendszerű golyósmalomban vizsgálva megszűntek a robbanások, ha a port szállító gáz oxigéntartalma 16 térfogatszázalék alá csökkent. Ismert az a német előírás, amely a pneumatikus őrlőrendszerrel a gáz maximális oxigéntartalmát 13%-ban állapítja meg.

A robbanásveszély csökkentése céljából megszabják az előírások a szénport szállító gáz legmagasabb hőmérsékletét is.

Ugyancsak fontos körülmény, hogy stationér üzem mellett robbanás rendszerint nem fordul elő, viszont gyakori üzemindításnál és leállásnál.

Kellemetlen adottság ebből a szempontból a légáramrendszerű malmokon belüli gázállapot. Itt pontosan a legveszélyesebb porkoncentráció mel-

lett kell üzemeltetnünk és csak kivételes esetekben tudunk megfelelő védőgázbekeverést alkalmazni.

Általában a porkészítésre felhasznált barnaszénfajtáink nagy illóanyag-tartalmuk és egyéb sajátosságuk folytán is fokozottan robbanásveszélyesek, amire a soronkövetkező tervezéseknél sokkal nagyobb figyelemmel kell lennünk.

2. Szénszárító-berendezések

A szárítás célja jelen esetben a szén nedvességtartalmának olymértékű csökkentése, hogy egyrészt finomírlése, a kész por szállítása és tárolása, másrészt jó hatásfokú gazdaságos eltüzelése biztosítható legyen. Feltételezzük, hogy szárítás közben a szénben kémiai elváltozás nincs, a száraz szén súlya tehát a művelet után is ugyanaz marad.

A cementgyári igényeknek megfelelő legfontosabb rendszerű szárítóberendezések a következők:

szárítódobok,
pneumatikus csöves szárítók,
az őrlőgép mint szárítóberendezés

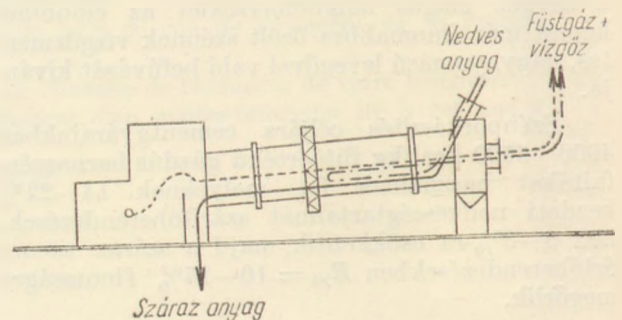
21. Szárítódobok

A szárítódobok 800 és 3000 mm közötti átmérőjű és 4—22 m hosszúságú lemezttesttel készülnek. Tengelyük a vízszinteshez képest $2—5^\circ$ -kal hajlik, fordulatszámuk percnként 2—7 között szokásos. A dob belsejében cellás belépítmények biztosítják az egyenletes anyagelosztást és nagy hőátadó felületeket képeznek.

A lemezttest két futógyűrűvel görgőpárokra támaszkodik, forgatása a rászertelt többnyire két-résztű fogaskoszorúval, előtéttengellyel és fogaskerék-hajtóművön át elektromotorral történik. Egyik oldalával a kiömlőházhoz, másikkal a tüzelőkemencéhez (esetleg álló összekötő csövön keresztül) csatlakozik, mindkét oldalon jól záró tömítésekkel.

Két alaptípusa fordul elő leggyakrabban, az egyenáramú és ellenáramú közvetlen fűtésű szárítódob.

Egyenáramú szárítódob elvi vázlata az 1. ábrán látható.



2. ábra. Ellenáramú szárítódob elvi működése

A tüzelőkemencében előállított nagyhőfokú füstgázok áthaladnak a szárítódobon, az anyaggal érintkezve annak nedvességtartalmát elpárologtatják, lehűlnek, majd a kiömlőházból a porleválasztó készüléken megtisztítva az elszívóventilá-

orba, innen a szabadba jutnak. A szárítandó szén a füstgázzal azonos oldalon lép be, azzal egyirányban halad.

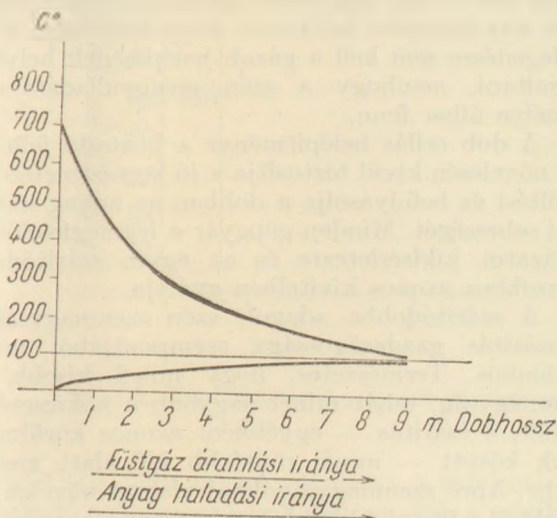
Ellenáramú szárítódobnál (2. ábra) a füstgáz és anyag haladási iránya ellentétes.

A két rendszer között működésben lényeges különbség van.

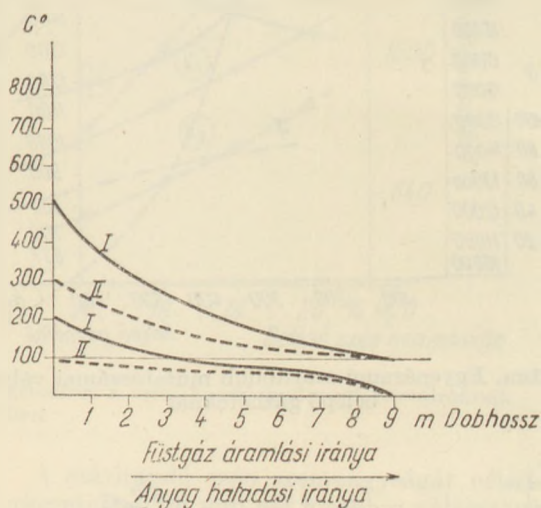
Az összehasonlításhoz rajzoljuk fel a dobok hossza mentén mérhető füstgáz- és anyaghőmérsékletet bemutató diagrammokat (3. és 4. ábra).

Az egyenáramú dobnál (3. ábra) a belépő nedves anyag magas hőmérsékletű füstgázokkal érintkezhet, ennek hatására erőteljes vízgőzpáro-

állítunk be, törekednünk kellene nagy belépő hőfokra, ez viszont a szén túlmelegedését okozhatja. Kis belépő hőfokkal semmi akadálya sincs 100°C alatti szénhőmérséklet biztosításának, ilyenkor azonban a dob első harmada, esetleg fele — az adagolási oldalon — a kis hőlépcső miatt alig szárít, a másodikban fokozódik a párolgás és természetesen legnagyobb az anyagkilépő oldalon. Nyilvánvaló, ha a szén belépő nedvessége ingadozik, vagy a teljesítményt az alapszinthez képest módosítjuk, úgy a kilépő szén nedvessége és hőfoka is erősen változni fog. E dobnál eléggé kényes a dob hosszának méretezése, az anyag-



3. ábra. Szárítógáz- és anyaghőfok változása egyenáramú szárításnál.



4. ábra. Szárítógáz- és anyaghőfok változása ellenáramú szárításnál

logtatás indul meg. A gyors párolgás a gázokat a dob első méterén többszáz fokkal erőteljesen hűti. A szén hőmérséklete eközben a nedves hőmérő által meghatározott $45-65^{\circ}\text{C}$ hőfokra növekszik, ez a dobon történő áthaladás közben csak alig emelkedik. Ha a kilépő oldalon 100°C körüli gázhőmérsékletet állítunk be, máris biztosítottuk, hogy az anyag hőmérséklete $80-85^{\circ}\text{C}$ -nál nem emelkedik magasabbra.

Mi a helyzet ezzel szemben ellenáramú dobnál?

A feladott nedves anyag a dobtól távozik, tehát már lehűlt füstgázokkal érintkezik először, a távozó szárított anyagot pedig a kemence felől betáplált legmagasabb hőfokú gázok melegítik.

Azonnal látni, hogy az adagolásnál nincs kellő hőlépcső, a kilépő (kemence) oldalon pedig a már száraz szén hőfoka nagy belépő gázhőfok esetén könnyen 100°C fölé emelkedhet.

Tudvalevő, hogy gazdaságos szárítást csak úgy végezhetünk, ha nagy kihasználható hőlépcsőt, tehát állandó 100°C körüli kilépő hőfoknál lehetőleg nagyhőfokú belépő gázokat választunk. A gázok kezdeti hőfokának emelésével a szárítódobba vitt azonos hőmennyiség mellett csökkenthetjük a gáz mennyiségét, ezzel a rendszer hővesztéseit és a ventilációs munkát. Ebből következik, hogy ha ellenáramú dobnál a füstgázvesztések lecsorítására 100°C körüli kilépő hőmérsékletet

hőfok változásának észlelése nehézkes, itt a kilépő gázhőfok változása nem olyan jellemző a technológiai folyamatra, mint egyenáramú dobnál.

Tételezzünk fel azonos méretű egyenáramú és ellenáramú szárítódobot és egy egyszerű összehasonlítás keretében világítsuk meg a kettő gazdaságosságának különbségét.

A szárítandó szén mennyisége legyen 20 kezdő és 5% maradó nedvességtartalom mellett óránként 10 t.

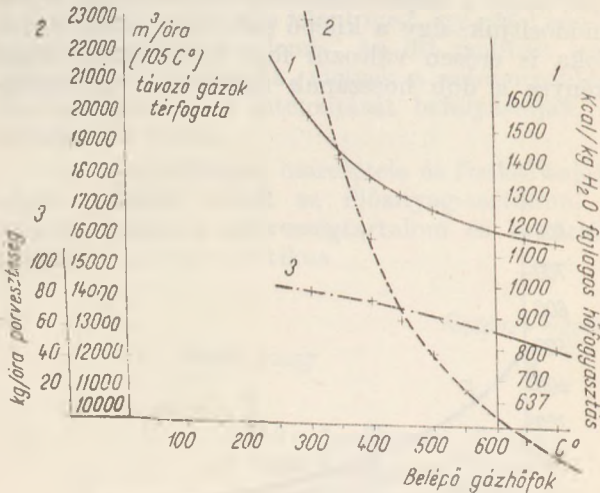
a) egyenáramú dobnál a szárítást minden további nélkül kezdhethetjük 700°C -ú gázzal, melyet a dob végéig 105°C -ra lehűtünk. Az anyag kilépő hőfokát 70°C -ra tehetjük. Ez esetben az 1 kg vízre számított fajlagos hőszükséglet: 1060 kcal/kg H_2O , a szárításhoz szükséges minimális száraz füstgáz: $4,3\text{ Nm}^3/\text{kg H}_2\text{O}$, a szárítódob elméleti kalorikus hatásfoka: 60%.

b) Ugyanezt a szárítási feladatot ellenáramú dobnál csak alacsonyabb, $350-450^{\circ}\text{C}$ belépő gázhőmérséklet mellett kezdhethetjük. Feltételezzünk ugyancsak 105°C kilépő gáz- és 70°C anyaghőfokot, úgy az előbbiekhöz képest (450°C -al számolva): a fajlagos hőszükséglet: 1180 kcal/kg H_2O , a minimális száraz füstgáz: $7,4\text{ Nm}^3/\text{kg H}_2\text{O}$, az elméleti kalorikus hatásfok: 54%.

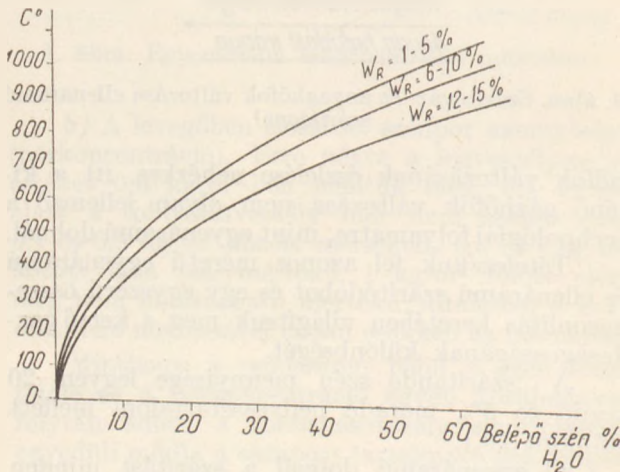
Fentiekből nyilvánvaló, hogy ellenáramú dobnak, 100°C alatt tartandó anyaghőmérsékletek mellett, valamint éghető és szerves anyagok ese-

tében nincs létjogosultsága, munkaterülete speciális, és akkor alkalmazható előnyösen, haszárítás közben az anyaghőmérsékletnek 100° C fölé kell emelkednie.

Cementgyárainkban a régi forgókemencék hűtődobjaihoz kapcsolt kombinált fűtésű ellenáramú szárítódoboknak egyenáramúvá történő átalakítása is már folyamatban van. Általában tapasztalható volt, hogy külső és belső fűtésű



5. ábra. Egyenáramú szárítódob mutatószámjai változó belépő gázhőfoknál



6. ábra. Szárítógáz belépő hőfokának változása a szén kezdeti nedvességtartalmának függvényében egyenáramú szárításnál. WR: a szénben maradó nedvességtartalom

ellenáramú szárítódobnak egyenáramúvá történő átalakítása még a változatlanul alacsony belépő gázhőmérséklet dacára is kedvezőbb üzemi viszonyokat jelentett. Ennek magyarázata ugyancsak a nagy hőfeszültségben, azaz a belépő nedves anyagot érő száraz meleg füstgáz intenzív párologtató képességében keresendő.

211. Egyenáramú szárítódobok

Leggyakrabban külön tüzelőkemencében előállított füstgázakkal fűtik. A szükséges gázáramlást a dob és porleválasztó készülék után elhelye-

zett ventilátor biztosítja. Elvi elrendezése a 13. ábrán látható.

Azonos bevitt anyagmennyiség, be- és kilépő anyagnedvesség és 105° C kilépő hőfok feltételezésével a gázmennyiség, fajlagos hőszükséglet és porvesztés változását, közvetve pedig a távozó gáz hővesztését mutatja a belépő gázhőfok függvényében az 5. ábra.

A belépő gázhőfok növelésének a szárítandó szén nedvességtartalma szab határt. A választható füstgázhőfok legkedvezőbb értékeit a 6. ábra tünteti fel.

Ha figyelembe vesszük azon körülményt, mely szerint a szén hőmérséklete mindaddig nem emelkedik 100° C fölé, míg benne számottevő nedvesség van, úgy könnyen belátható, hogy még helyi túlmelegedésre sem kell a gázok belépésének helyén számítani, nemhogy a szén meggyulladásának veszélye állna fenn.

A dob cellás belépítménye a hőátadó felületek növelésén kívül biztosítja a jó keresztmetszetkitöltést és befolyásolja a dobben az anyag haladási sebességét. Minden gépgyár a legmegfelelőbb cellázatot kikísérletezte és az egyes szárítódob típusokhoz azonos kivitelben gyártja.

A szárítódobba adagolt szén szemmagysága a szárítás gazdaságossága szempontjából nem közömbös. Természetes, hogy minél kisebb a szemmagyság, tehát minél nagyobb a hőcserélő felület, a szárítás — egyébként azonos körülmények között — annál rövidebb idő alatt megy végbe. Apró szemmagyságnál viszont növekszik a dohból a füstgázokkal kihordott por mennyisége és ezzel az anyagvesztés. Általában 0—20 esetleg 0—25 mm-nél nagyobb szemmagyságú szén szárítás előtt már aprítandó.

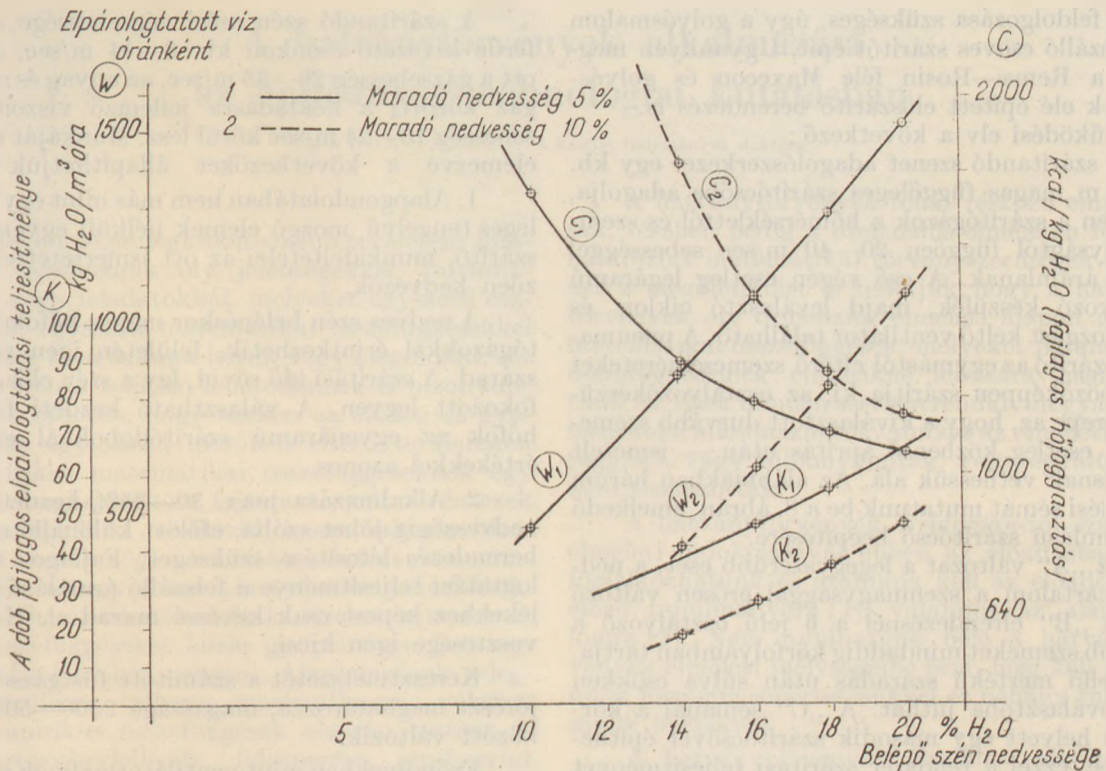
A szárítódob kiömlő keresztmetszetében mért gázsebességet éppen a porkihordás csökkentése miatt 1,5—4 m/sec között célszerű tartani. A belépési oldalon a nagy gázhőmérsékletnek megfelelően lényegesen nagyobb sebességek adódnak.

A szárítás, illetve az anyagnak a dobben való benntartózkodása idejét a dob lejtése és fordulatszáma határozza meg. Nagyobb szemmagyságnál az anyag kedvezőtlen belső hővezetési tényezője miatt a benntartózkodási idő nagyobbra választandó. Tájékoztató határértékek:

- A szárítás ideje 15,0—90 perc
- Fordulatszám 1,5—7 perc
- Lejtés 2,0—5°

A szárítódob gazdaságosságának elbírálására két mutatószám alkalmas: az 1 kg elpárologtatott nedvességre eső (fajlagos) hőszükséglet és a fajlagos — a dob 1 m³ belső térfogatára eső — elpárologtatási teljesítmény.

A fajlagos hőszükséglet a szén kezdeti és végső nedvességétől, az alkalmazott hőlépcsőtől (belépő gázhőmérséklettől) és a hővesztésektől függ. A 7. jelű diagramban egy adott méretű szárítódob fajlagos elpárologtató teljesítményének, fajlagos hőszükségletének, az elpárologtatható vízmennyiségnek változása látható a belépő szén nedvességének függvényében. A belépő gázhőmér-



7. ábra. Egyenáramú szárítódob mutatószámainak változása a szén kezdő nedvességtartalmának függvényében

séklet a 6. ábra szerint választva, a szárított szén maradó nedvessége egyik esetben 5%, a másikban 10%, a bevitt hőmennyiség mindkét esetben állandónak volt feltételezve.

A fajlagos elpárolgatási teljesítmény az anyag tulajdonságainak (szemmagyság, belső hővezetési tényező), továbbá a beállított hőlépcső, kezdeti és végső nedvességtartalom stb. függvénye. Hazai barnaszénknél 50 – 90 kg H₂O/m³-óra érték vehető figyelembe.

Szárítódobok méretezésénél elsősorban megállapítják a fajlagos és teljes hőszükségletet, majd a száraz szárítóközeg mennyiségét. Ezekből kiszámítható a tüzelőanyagszükséglet és a dob kiömlőoldalán jelentkező füstgázmennyiség. A dob-átmérő a megengedhető füstgázsebesség alapján, a dobhossz a fajlagos elpárolgatási teljesítményből számítható. Az eredmények minden esetben hőmérleggel ellenőrzendők.

A lejtés és fordulatszám a kiszámított szárítási időtartam alapján állapítható meg.

A szárítódobból távozó füstgázokkal kiszállított szénpor mennyisége a kilépő gázsebességtől, a kiömlőház méreteitől és a szárított szén szemcse-karakterisztikájától függ, általában 10–18% között változik. A porvesztés a dob és elszívóventilátor közé beépített porleválasztó hatásfoka szerint 0,5–2%-ot tesz ki, száraz szénre számítva.

22. Pneumatikus (csöves) szárító

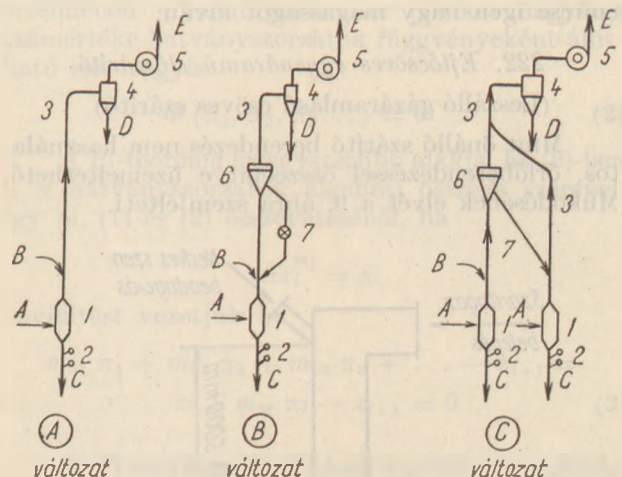
E gépekben lebegtető szárítás valósítható meg, a nedves szénrészecskéket körüláramló nagy-hőmérsékletű és nagysebességű szárítógázok hatására igen intenzív lesz az elpárolgatás.

A szárítandó szén szemmagyságát célszerű a szerkezeteknél 20 mm-nél kisebbre választani, így a pneumatikus szállítás erőszükségletét és a szárítási időt csökkenthetjük, a szárítóteljesítményt pedig fokozhatjuk.

Kétféle típusát alább ismertetjük.

221. Felszálló gázáramlású csöves szárító

Már évtizedek óta alkalmazott rendszer, így például a Krupp Grusonwerk légáramrendszerű őrlőberendezéséhez ha nagy nedvességtartalmú



8. ábra. Felszálló gázáramlású pneumatikus szárító-csövek. A = szárító közeg belépés, B = szárítandó nyers szén belépés, C = meddő kiejtés, D = szárított anyag kilépés, E = páras fáradt szárító gáz kilépés. 1 meddőzsák, 2 zárócsappantyúk, 3 szárítócső, 4 le-választó ciklon, 5 szívóventilátor, 6 légoztályozó, 7 durva visszavezetés

anyag feldolgozása szükséges, úgy a golyósmalom elé felszálló csöves szárítót épít. Ugyanilyen megoldás a Rema—Rosin féle Maxecon és golyósmalmok elé épített előszárító berendezés is.

Működési elv a következő:

A szárítandó szenet adagolószerkezet egy kb. 5—12 m magas függőleges szárítócsőbe adagolja, melyben a szárítógázok a hőmérséklettől és szemcse nagyságtól függően 20—40 m/sec sebességgel felfelé áramlanak. A cső végén esetleg légáramú osztályozó készülék, majd leválasztó ciklon és a légmozgást keltő ventilátor található. A pneumatikus szárító az egymástól eltérő szemcseméreteket különbözőképpen szárítja ki, az osztályozókészülék szerepe az, hogy a kiválasztott durvább szemeket — esetleg közbenső aprítás után — ismételt szárításnak vethessük alá. Az alábbiakban három működési sémát mutatunk be a 8. ábrán, emelkedő gázáramlású szárítócső beépítésére.

Az „A” változat a legegyszerűbb eset, a nedvességtartalom a szem nagysággal erősen változó lesz, a „B” elrendezésnél a 6 jelű osztályozó a durvább szemeket mindaddig körfolyamban tartja, míg kellő mértékű száradás után súlya csökken és a leválasztóba juthat. A „C” sémánál a körfolyam helyett egy második szárítócsövet építhetünk be, ezzel a rendszer szárítási teljesítményét erősen fokozhatjuk, természetesen az erőszükséglet és helyszükséglet rovására.

A berendezés munkájára jellemző adatok kedvezőek:

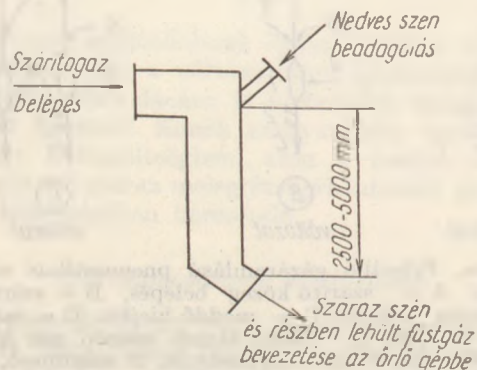
Feladható nedvességtartalom 30—35%, ez egy emelkedés alatt 8—10%-kal csökken. A berendezés fajlagos elpárologtatási teljesítménye kb. háromszoros a szárítódob 60—80 kg/m³ óraértékéhez képest. Ha a szárítócsövet szárítva-örlő berendezéshez kapcsoljuk, úgy a teljes nedvességelvonás 40—60%-a számítható kísérleti adatok alapján a lebegtető szárításra, a többi az örlőgép feladata lesz. A szárítási idő 1—4 másodpercre tehető.

Hátránya, hogy az összes szárítóberendezések közül ennek van a legnagyobb energiaigénye, építése igen nagy magasságot kíván.

222. Ejtőcsöves egyenáramú előszárító

(Leszálló gázáramlású csöves szárító)

Mint önálló szárító berendezés nem használható, örlőberendezéssel összeépítve üzemeltethető. Működésének elvét a 9. ábra szemlélteti.



9. ábra. Ejtőcsöves egyenáramú előszárító elvi működése

A szárítandó szén esési végsebessége az alsó ferde kivezető csonkon kb. 8—14 m/sec, ugyanott a gázsebesség 20—35 m/sec, az anyag és szárítógáz közötti a hőátadásra jellemző viszonylagos sebesség 10—24 m/sec körül lesz. Munkáját tovább elemezve a következőket állapíthatjuk meg:

1. Alap gondolatában nem más mint egy függőleges tengelyű, mozgó elemek nélküli egyenáramú szárító, munkafeltételei az ott ismertetettel egyezően kedvezők.

A nedves szén belépéskor magas hőfokú szárítógázokkal érintkezhetik, felületén igen gyorsan szárad. A szárítási idő rövid, így a szén előaprítása fokozott legyen. A választható kezdeti füstgáz-hőfok az egyenáramú szárítódoboknál említett értékekkel azonos.

2. Alkalmazása max. 30—35% kezdeti szénnedvességig jöhet szóba, e fölött különálló szárítóberendezés létesítése szükséges. Fajlagos elpárologtatási teljesítménye a felszálló áramlású készülékekhez képest csak kevéssé marad el. Energia-vesztése igen kicsi.

Keresztmetszetét a számított füstgázsebesség jórészt meghatározza, magassága 2500—5000 mm között változik.

Erőművekben mint ventilátormalmok elé kapcsolt előszárító már nálunk is alkalmazásra került. Korszerűsített kivitelében légáramrendszerű szénörlő golyósmalmok elé kapcsolva, segítségével igen gazdaságos cementgyári szén előszárító berendezést alakíthatunk ki. A hazai első típus terveit már elkészítettük.

223. Az örlőgép mint szárítóberendezés

Elsősorban a légáramrendszerű golyósmalmokra gondolunk, de teljesen hasonló a helyzet a légáramú Loesche, Raymond, Fuller, Peters, pneumatikus stb. malmokban is.

Az örlés közben állandóan keletkező új anyagfelületek mentén a szárítás ideális körülmények között gyorsan mehet végbe, annyira, hogy itt elveszti jelentőségét az anyag belső hővezetési tényezője, a szárítás intenzitása tisztán a bevitt hőmennyiséggel lesz arányos.

Az örlőmalmok szárítóteljesítménye korlátozott. Általában 14%, csak egyes esetekben lehetséges 16—18% kezdeti nedvességű szén beadagolása. A fajlagos elpárologtatási teljesítmény 50—80 %-kal nagyobb, mint szárítódoboknál, dacára a viszonylag kis kihasználható hőlépcsőnek. Szerkezeti adottságok folytán a malomba belépő szárítógáz hőmérséklete legfeljebb 380° C lehet, egyes szerkezeteknél ez esetleg 450° C-ig emelkedhet.

Igen fontos, hogy a malom örlési és szárítóteljesítménye összehangolt legyen. Az örléménykihordás követelményei a gázmennyiséget jórészt meghatározzák, a kilépő hőfok biztonsági szempontból korlátozott, így bizonyos határok között már csak a belépő gáz hőmérséklettel változtathatjuk az örlőgép szárítóteljesítményét.

(Folytatjuk.)

A hatványtörvények alkalmazása az építőanyag-technológiai kutatásban

VÁNDOR JÓZSEF, a kémiai tudományok doktora

I.

A technológia legkülönbözőbb területein mindenkor találkozunk oly jelenségekkel, folyamatokkal vagy feladatokkal, melyeket egyszerű eszközökkel, egyszerű matematikai összefüggésekkel elméletileg nem tudunk leírni vagy megoldani, sőt ez sok esetben teljesen lehetetlennek is bizonyult.

Igen érdekes, hogy ezeken az elvileg és gyakorlatilag egymástól merőben eltérő területeken az empirikus matematikai összefüggéseknek egy teljesen meghatározott fajtája terjedt el és ezek az összefüggések rendkívül hasznosaknak bizonyultak a technológiai számítások és tervezési munkák terén, sőt egyes esetekben elméleti számításokhoz is felhasználhatók voltak. Ezeket a matematikai összefüggéseket közös gyűjtőnéven *hatványtörvényeknek* szokás nevezni. Alkalmazásuk a legtöbb területen teljesen mechanikusan, véletlenül adta empirikus összefüggések alapján történt és hatványtörvényjellegük felismerése rendszerint csak később, a dimenziós elmélet pontosabb kialakulása után következett be. Mindamelllett a gyakorlati szakemberek ezeket a matematikai összefüggéseket sok esetben azok általános alapulajdonságaik felismerése nélkül használják és így gyakorlati eszközként való felhasználásuk szűkebb jelleget ölt. A hatványtörvények dimenziós elméleti megalapozása ezzel szemben rendkívül széleskörű alkalmazásukat teszi lehetővé.

Használatuk az építőanyagipari technológia területén igen jelentős eredményeket szolgáltathat. Ismeretes, hogy a szárításnál és égetésnél a hőátadások számításánál számtalan esetben használunk hatványtörvényeket. Ezeket ismertként itt csak érintőlegesen említjük és elsősorban oly lehetőségekkel foglalkozunk, melyek eddig vagy teljesen ismeretlenek voltak, vagy pedig nem részesültek kellő figyelemben. Ilyen területek pl. a szilárd fázisok között végbemenő kémiai reakciók, a kerámiai masszák égetésénél fellépő zsugorodások, üvegviszkózítás, keverőberendezések és forgókemencék számítása. Mindezekkel a kérdésekkel csak nagy általánosságban foglalkozhatunk.

A hatványtörvényeket az előzőekben empirikusnak neveztük. Valóban a jelenségek, folyamatok leírása, valamilyen folyamatot jellemző paraméterek közötti összefüggéseknek hatványtörvényekkel való leírása empirikus és látni fogjuk, hogy nincs is szó tényleges fizikai vagy kémiai törvényekről. Ez oknál fogva nem nevezhetjük ezeket az összefüggéseket *törvényeknek*, és ha mégis ezt tesszük, úgy ennek oka matematikai. Ez annyit jelent, hogy dimenziós elméleti matematikai törvényszerűségekről van szó. Fizikai értelemben csak annyiban van jogunk törvényszerűségekről beszélni, amennyiben a dimenziós rendszerek egységeinek megválasztását fizikai okok lényegesen korlátozzák.

A hatványtörvények tehát részben empirikusak, részben pedig a dimenziós elméleten felépülő határozott matematikai törvényszerűségek. Ebből azt a megállapítást is tehetjük, hogy a hatványtörvények oly dimenziós elméleti alapon nyugvó matematikai összefüggések, melyeket paraméterek összefüggéseinek empirikus leírására használhatunk fel. Ezek minden esetben rendkívüli gyakorlati haszonnal alkalmazhatók, amikor az elméleti összefüggések vagy túlbonyolultak, vagy egyáltalában nem tisztázottak.

A hatványtörvények *Bridgman*-tól származó elméleti indokolásával ebben az előadásban nem foglalkozhatunk és utalnunk kell az előadó egyik előző tanulmányára [1], valamint az alapirodalomra [2]. Nem nyúlhatunk bele a hatványtörvények elméleti mélységeibe sem, meg kell elégednünk formális ismertetésükkel és néhány tulajdonságuk leírásával.

A hatványtörvények általános matematikai alakja:

$$x_{i+1} = m_0 x_1^{m_1} x_2^{m_2} x_3^{m_3} \dots x_i^{m_i} = m_0 \pi x_i^{m_i} \quad (1)$$

$$(i = 1, 2, 3, \dots)$$

A hatványtörvények tehát lényegében egy x_{i+1} paraméter értékét más x_1, x_2, \dots, x_i paraméterek hatványainak szorzataival fejezik ki. Matematikailag tekintve, a hatványtörvények parabolikus összefüggések, ha minden $m_i > 0$ és hiperbolikusak, ha minden $m_i < 0$. Lehetséges természetesen, hogy egyes $m_i > 0$ és egyes $m_i < 0$.

A hatványtörvények legáltalánosabb alakja az ún. Pi-teoréma, mely nevét az (1) egyenletben szereplő π szorzatjelöléstől kapta és amelynek értelmében minden paraméter (fizikai nagyság) számértéke hatványszorzatok függvényeként állítható elő, vagyis

$$\Phi(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots) = 0 \quad (2)$$

A Pi-teoréma legegyszerűbb alakja, ha (2)-ben a π hatványszorzatok algebrai összege szerepel, így pl. (1) és (2) összevetéséből, ha

$$\pi x_i^{m_i} = \pi$$

rövidítést vezetjük be

$$m_{01} \pi_1 + m_{02} \pi_2 + m_{03} \pi_3 + \dots - x_{i+1} =$$

$$= \sum_r m_{0r} \pi_r - x_{i+1} = 0 \quad (3)$$

A Pi-teoréma felállítását legtöbbször *Bridgman* nevével kapcsolják össze, holott nevezett erre vonatkozó első munkája csak 1914-ben jelent meg. *Bridgman* azonban elsőként közölte a Pi-teoréma pontosabb dimenziós elméleti bizonyítását, míg első fogalmazását már 1883-ban *Vaschy* [3] munkájában találjuk meg; 1905-ben *Jans* [4]

valamivel világosabb formában foglalkozott vele, majd 1909-től kezdődően *Riabouchinsky* [3] teljes részletességgel tárgyalta.

Az egyszerű, (1) által kifejezett hatványtörvények logaritmikus alakban is felírhatók:

$$\begin{aligned} \log x_{i+1} &= \log m_0 + m_1 \log x_1 + m_2 \log x_2 + \dots = \\ &= m'_0 + \sum_{i=1,2,\dots} m_i \log x_i \quad (4) \\ (m_0 &= \log m_0) \end{aligned}$$

Az (1) hatványtörvényben az x_i paramétereknek egymástól függetleneknek kell lenni. Ha az x_i paraméterek bármelyike vagy esetleg több (n) paraméter a többi x_{i-n} vagy ezek közül egy-néhány, vagy egyetlenegy paraméter hatványaként vagy hatványszorzataként előállítható, úgy ezek a hatványtörvényben helyettesíthetők és benne a továbbiakban kizárólag a független paraméterek szerepelnek. Valamely x_{i+1} paraméter kvantitatív leírásához az összes szereplő független paraméter hatványszorzata szükséges. Ha egyes paraméterek állandóknak tekinthetők, vagy a mérések folyamán azokat állandóknak tartjuk, úgy ezek a hatványtörvény m_0 konstansába mennek át. A függő paraméterek szerepeltetése a hatványtörvényben matematikai tautologia.

Látni fogjuk a továbbiakban, hogy az x_i ill. x_{i+1} paramétereknek dimenzió nélküli számoknak kell lenni. Ezt a tényt előbbi függetlenségi feltétellel egybevetve meg kell állapítanunk, hogy a hatványtörvények felállításához és alkalmazásához kielégítő dimenziós elméleti gyakorlat és ismeret szükséges.

II.

Amíg a hatványtörvények paraboláknak ill. hiperboláknak felelnek meg, addig a paraméterek összefüggését ábrázoló kísérleti görbék nem parabolák és hiperbolák és teljes lefutásukban csak kivételes esetekben közelíthetők parabolával, vagy hiperbolával. Nincs is semmi fizikai alapunk annak feltételezésére, hogy a kísérleti görbék minden esetben parabolák vagy hiperbolák lennének. Ezt feltételeznünk annál is inkább nem lehet, mivel ez a hatványtörvények általános érvényessége folytán egy univerzális természeti törvény felállítását jelentené, melynek értelmében a természet minden jelensége egy parabolikus ill. hiperbolikus (vagy átmenetként lineáris) törvényszerűségnek engedelmeskedik. A legtöbb esetben azonban a kísérleti görbék egyes szakaszai parabolákkal vagy hiperbolákkal jól közelíthetők és így az egyes szakaszokban a görbék valamilyen határozott kitevőjű hatványtörvénnyel jól leírhatók. A szomszédos szakaszokban a hatványkitevők mások és ezért más parabolákkal vagy hiperbolákkal végzendő el a közelítés. A szakaszonkénti állandó hatványkitevők azonban csak közelítésként érvényesek és a közelítés annál jobb, minél kisebb szakaszokat veszünk figyelembe. Ennek folytán a görbét közelítő parabolák (hiperbolák) hatványkitevője a görbe mentén pontról pontra változik.

Fentiek értelmében a kísérleti görbék a legtöbb esetben egy vagy több parabolával (hiper-

bolával) szakaszonként közelíthetők. Ha a görbét log-log koordinátákban ábrázoljuk, a közelítés egy vagy több egyenessel történhet.

A hatványtörvények a közöltek folytán a kísérleti görbék egyes szakaszaira, tehát bizonyos paraméter-tartományra érvényes interpolációs képleteknek tekintendők. Ez első oka annak, hogy a hatványtörvények miért nem tekinthetők fizikai törvényeknek.

A log-log ábrázolásban a közelítő interpolációs egyenesek metszik egymást, de a dolgok fent leírt lényegéből következik, hogy ezeknek a metszéspontoknak fizikai jelentősége nincs és helyzetük egyedül a közelítés módjától és pontosságától függ. Ezt a tényt különösen hangsúlyoznunk kell, mert számos területen találkozunk azzal a törekvéssel, hogy a közelítésből eredő metszéspontoknak fizikai értelmet tulajdonítsanak. Példa erre az üvegviszkózitással kapcsolatos *Littleton* pont, vagy a szárítás elméletében szereplő ún. kritikus pontok.

Mivel a hatványkitevők elvben pontról pontra, vagyis folytonosan változnak a görbék mentén az egész paraméter-tartományban és legfeljebb csak közelítően állandóak egy bizonyos korlátolt tartományban, azok az anyagi rendszer paramétereinek függvényei, vagyis legfeljebb bizonyos szakaszokban érvényes anyagkonstansok. Ezzel szemben a fizikai hatványtörvények hatványkitevői függetlenek a rendszert alkotó anyagtól, a rendszer paramétereitől és egyedül a leírt jelenségek függvényei. Ez a tény a fizikai törvények lényegének folyománya. Ilyen fizikai hatványtörvény *Newton* gravitációs törvénye, vagy az elektrosztatika *Coulomb* törvénye, melyekben a hatványkitevő $m = -2$. Az intermolekuláris vonzó és taszító erők (*van der Waals* erők) hatványtörvényeiben $m < -2$, azonban mindenkor egész szám. A fekete test sugárzásának hatványtörvénye (*Stefan-Boltzmann*) parabolikus és $m = 4$.

A kémiai reakciókról és egyensúlyokról való felfogásunk értelmében a formális reakciókinetikai egyenleteket, valamint a tömeghatás törvényét is hatványtörvényeknek tekinthetjük, melyekben ősreakciók esetén a hatványkitevők az egész számú sztöchiometrikus koefficienseknek felelnek meg. ősreakcióknak azokat a kémiai reakciókat nevezük, melyek elemibb reakciókra nem bonthatók fel. Több ősreakcióból összetevődő bruttóreakciók kinetikai egyenleteiben a hatványkitevők törtek is lehetnek. A hatványkitevők ideális esetben a reakció teljes tartama alatt állandóak, a valóságban a reakció rendje a reakció tartalma alatt változik, vagy a hatványtörvények nyelvén kifejezve, a hatványkitevők a reakció alatt megváltoznak. Ennek magyarázata rendszeresen az, hogy a vizsgált reakció nem ősreakcióból összetevődő bruttóreakció, hanem több konszekutív vagy szimultán és esetleg láncreakcióból összetevődő bruttóreakció. Egyensúly esetén a kinetikai egyenletekből adódó tömeghatástörvényben az eltérések korrekciója úgy történik, hogy a reakciókomponensek koncentrációja helyett látszólagos koncentrációkat, az ún. aktivitásokat teszük számításba, a sztöchiometrikus hatványkitevők változatlan-

hagyása mellett. Ezzel teljesen egyenértékű az a mód, hogy a koncentrációkat hagyjuk változatlanul, de a hatványtörvények szellemének megfelelően a hatványkitevőket változtatjuk meg [1]. Ebben az értelmezésben a kémiai reakciók kinetikai egyenleteit, valamint a tömeghatástörvényt nem tekinthetjük fizikai értelemben vett hatványtörvénynek, hanem csakis egyszerű hatványtörvénynek, melynek hatványkitevői nem állandók, hanem egyedül szakaszonként közelítően állandók.

Fentiek alapján azt állíthatjuk, hogy a hatványtörvények oly törvények, melyek a hatványkitevők változása folytán pontról pontra változnak, és minden állapotpontra egy-egy individuális törvény felel meg. Ha megtaláljuk e változás törvényszerűségét, a nem fizikai értelemben vett hatványtörvény fizikai törvényé alakul.

Máshelyütt [1] már rámutattunk arra, hogy a hatványkifejezések dimenzió nélkülségét úgy is elérhetjük, hogy az összes x_i paramétereket valamilyen koherens dimenziósrendszer (CGS, MKS stb.) egységeivel fejezzük ki és a szorzatban fel lépő egyes dimenziók hatványkitevőinek összegét zérussal tesszük egyenlővé. Ez a jellegzetesen dimenzióanalitikus módszer csak akkor alkalmazható, ha határozott fizikai törvényszerűségről van szó, mivel a hatványkitevők összegének zérussá tétele determinálja az egyes hatványkitevők értékét. Általánosságban azonban a hatványtörvények hatványai csak bizonyos tartományban állandók, Ezért a hatványtörvényeknek itt közölt fogalmazása általánosabb jellegű.

III.

A hatványtörvényekben szereplő kitevők tet-szészserinti racionális tört- vagy egész számok lehetnek, melyek azonban, amint láttuk, a teljes paraméter tartományban folytonosan változnak, vagy kielégítő közelítések esetén szakaszonként ugrásszerűen változnak. Ennek következménye az lenne, hogy az (1) hatványtörvénynek megfelelően az x_{i+1} paraméter dimenziója az x_i paraméterek változásával szintén állandóan változik, éspedig vagy folytonosan, vagy pedig szakaszonként ugrásszerűen. A dimenzióknak ez a változása volt a legfontosabb ellenvetés, melyet a hatványtörvények érvényessége és értelme ellen felhoztak [1], [5]. Ezt a valóban súlyos és *dimenziós ellenvetésnek* nevezett érvet egyedül a már bevezetésként említett dimenziós elméleti elgondolások alapján sikerült hatálytalanítani. Miként *Bridgman* [1], [2] levezetéseiből kitűnik, a hatványtörvényekben szereplő paraméterek dimenzió nélküli számértékek és így lényegükben a paraméterekhez tartozó fizikai nagyságoknak csak számértékei, melyek egy koherens dimenziós rendszer használata, vagyis adott dimenziójú egységek mellett adódnak. Így pl. egy forgókemencében végbemenő kémiai reakció időtartamának számításánál adott mértékegységekben megadott kemenceméreték számértékeit kell számításba venni és eredményként egy adott egységű idő számértékét kapjuk.

E felfogás értelmében minden fizikai nagyság következő módon fejezhető ki:

$$x = x_n [x] \quad (5)$$

ahol x a fizikai nagyságot, x_n a fizikai nagyság terjedelmének mértékszámát jelenti, $[x]$ pedig a fizikai nagyság mértékegységként szolgáló lényege, melyet *dimenzióknak* szokás nevezni. A fizikai nagyságok dimenziója bizonyos határig az egység választásától függően konvencionális, de semmi esetre sem igaz, hogy az egységek választása nem is matematikai-fizikai probléma, hanem csak tiszta konvencionálizmus és az egységek megállapítása kényelmesség kérdése. A valóságban matematikai-fizikai okok a szabad választást lényegesen korlátozzák és a szabadonválasztott egységek helyett koherens dimenziós rendszereket kell használni. Mindenesetre x_n számérték, vagyis x fizikai nagyság számértéke $[x]$ egység megválasztásától függ, akár teljesen szabadon, akár a koherencia szabta határon belül történik ez. $[x]$ egység dimenziója kvantitatíve teljesen határozatlan és egyedül egy kvalitatív kijelentést tartalmaz: a kvantitatív meghatározást x_n számérték adja meg.

Bridgman bizonyítása alapján a hatványtörvények nem fizikai nagyságokra, hanem egyedül a fenti értelmű, vagyis dimenzió nélküli x_n számértékekre vonatkoznak. Ez a megállapítás teljesen tarthatatlanná teszi a dimenziós ellenvetést és egyben a hatványtörvények teljes értelmezését nyújtja.

A tarthatatlannak bizonyult dimenziós ellenvetésen kívül lényegében két másik ellenvetéssel találkozunk még az irodalomban: a *zérus* és *vég-telen* ellenvetéssel. Mindkét ellenvetés jogosult, ha nem vagyunk tisztában azzal, hogy a hatványtörvények csak bizonyos paraméterszakaszban érvényesek és ezért a szakaszokon kívül fekvő paraméter értékekre, s különösképpen a *zérus* és *vég-telen* értékekre való extrapoláció meg nem engedett. *A hatványtörvények interpolációs, de nem extrapolációs törvények.* Mindenek ellenére röviden foglalkoznunk kell ezekkel az ellenvetésekkel, mivel kiküszöbölésükkel az elérhető közelítések adott esetben tetemesen fokozhatók.

Az említett két ellenvetés lényege az, hogy az esetben, ha (1) hatványtörvényben valamely x_i paraméter zérusértéket vesz fel, a törvény által számított x_{i+1} paraméter értéke is zérus, feltéve, hogy $m_i > 0$. Ha $m_i < 0$, x_{i+1} paraméter végtelen nagy. Ha az x_i paraméterek valamelyike végtelen értéket vesz fel, úgy x_{i+1} paraméter is végtelen nagyvá válik, ha $m_i > 0$, ellenben zérus értéket vesz fel, ha $m_i < 0$. A legtöbb gyakorlati esetben ez nem következik be. Így pl. egy strukturviszkozitással rendelkező folyadék fluiditása nyugalmi állapotban (p_i nyíró erő, vagy P konzisztencia variabilis zérus [6]) nem lehet zérus, hanem valamilyen határozott véges φ_0 értékűnek kell lenni, mely akkor mutatkozik, ha az anyag éppen folyásnak indul. Ha $\varphi_0 = 0$ lenne ($\tau_0 = \infty$), nem folyadékkal, hanem szilárd testtel lenne dolgunk. Hasonlóan az sem lehetséges, hogy ugyanilyen struktúra-viszkozitású folyadék (generalizált New-

ton folyadék) fluiditása végtelenné válják, ha a nyíró erő (vagy P konzisztencia variabilis) végtelen, mert ez annyit jelentene, hogy a viszkozitás $\eta = 1/\varphi = 1/\infty = 0 \sim$ lenne.

A zérus ellenvetést számtalan esetben úgy küszöbölik ki, hogy a hatványkifejezés mellett egy a paramétereiktől független állandó tagot szerepeltetünk:

$$x_{i+1} = x_{(i+1)0} + m_0 \pi x_i^{m_i} \quad (i = 1, 2, \dots) \quad (6)$$

Ebben az egyenletben

$$x_{i+1} = x_{(i+1)0} \neq 0$$

ha bármely $x_i = 0$, vagyis $\pi_i^{m_i} = 0$. Ez azonban a zérus ellenvetésnek csak formális, de nem kvantitatív értelemben való kiküszöbölését jelenti, mivel a hatványtörvények az esetek túlnyomóan nagy részében a paramétereknek csak valamilyen szűk tartományában érvényesek, és fenti extrapoláció meg nem engedett. Már említettük, hogy néhány esetben azonban a tényleges görbe lefutásának jobb közelítése érhető el. Ez az eset áll fenn pl. a viszkozításra vagy fluiditásvonatköz hatványtörvényeknél.

A végtelen ellenvetés csak az esetben küszöbölhető ki, ha a közelítéseket hiperbolákkal végezzük. A közelítésnek ezzel a módjával, bár az előzők értelmében elvileg a hatványtörvények csoportjába tartozik, itt nem szándékozunk foglalkozni, mivel a hiperbolákkal való közelítés a hatványtörvényeken túlmenően sokkal általánosabban fogalmazható meg és teljesen különálló tanulmányt igényel.

IV.

A hatványtörvényeket előzőekben kifejtettek értelmében általánosan és rendkívüli gyakorlati haszonnal alkalmazhatjuk, amikor egyrészt az elméleti és gyakorlati viszonyok bonyolultsága miatt a problémák pontos matematikai megoldása igen nagy nehézségekbe ütközik, másrészt az összefüggések kísérleti megállapítása néha igen költséges. Ezekben az esetekben a dimenziós analitikus ismeretek figyelembevételével lényegükben egyszerű mérések segítségével lefektethetjük a hatványtörvény-összefüggéseket és meghatározhatjuk a bennük szereplő koefficienseket és hatványkitevőket. A méréseket számtalan esetben modelleken végezhetjük el. Ezáltal a hatványtörvények szoros kapcsolatba jutnak a *hasonlósági elmélettel*, melyben ismert módon dimenziónélküli *hasonlósági kritériumokkal* operálunk. A hatványtörvények (Pi-teoréma) és a hasonlósági elmélet kapcsolatait ill. a hatványtörvényeknek a hasonlósági elméleten át való megalapozását illetően utalunk *Duncan*-ra [2].

A következőkben a hatványtörvényeknek az építőanyagiparban való néhány oly alkalmazási lehetőségével fogunk foglalkozni, melyek gyakorlati szempontból rendkívüli haszonnal járhatnak.

Elsősorban a szilárd fázisokban végbemenő kémiai reakciókkal fogunk foglalkozni. Nem kétséges, hogy az építőanyagok gyártása és felhasználása területén a szilárd fázisokban végbemenő

kémiai reakciók alapvetően fontos szerepet játszanak, így pl. a mészégetésnél, a klinkerképződésnél, a betonkötésnél, kalciumoxidtartalmú habarcsok és más építőanyagok szénsavkötésénél, gipszkötésnél, nagy frekvenciájú szigetelőanyagok égetésénél stb.

A kémiai reakciók kinetikai egyenleteinek hatványtörvény jellegével már a II. fejezetben foglalkoztunk. A reakciósebességek általános egyenlete a hatványtörvények fogalmazásának megfelelően:

$$\frac{d\xi}{dt} = k \pi x_i^{\nu_i} \quad (7)$$

ha ξ jelenti a reakció haladásának fokát (7) és ha egyirányú reakcióról van szó. Ha a visszafelé futó reakciókat is figyelembe vesszük, úgy a Pi-teoréma általánosabb fogalmazása értelmében:

$$\frac{d\xi}{dt} = \overrightarrow{k} \pi x_i^{\nu_i} - \overleftarrow{k} \pi x_i^{\nu_i'} = \Sigma k \pi_i \quad (8)$$

ahol \overrightarrow{k} és \overleftarrow{k} a balról jobbra, ill. a jobbról balra (visszafelé) futó reakció konstansát jelenti. Bekövetkezett egyensúly esetén $d\xi/dt = 0$ és így

$$K = \frac{\overrightarrow{k}}{\overleftarrow{k}} = \frac{\pi x_i^{\nu_i'}}{\pi x_i^{\nu_i}} = \pi x_i^{\nu_0} \quad (9)$$

ahol $\nu_0 = \nu_i + \nu_i'$ és az összes ν_i' hatványkitevők negatívek. Ezek az egyenletek teljes összhangban állanak a klasszikus reakció-kinetikai egyenletekkel, mindaddig, amíg a ν_0 hatványkitevők egész számok. Láttuk azonban, hogy ez nem mindig áll fenn. Szilárd fázisokban végbemenő reakciók hatványtörvényeiben szereplő kitevők általában semmiféle kapcsolatban sem állanak a sztöchiometrius koefficiensekkel.

A hatványtörvényeket az építőanyagok gyártásánál végbemenő szilárd fázisú kémiai reakciókra eddig még nem alkalmazták. Ezért ennek eddig ismertté vált módját néhány más területről vett példán kell ismertetnünk.

Fémek oxidációjára vonatkozólag *Tammann* [8] állapított meg egy parabolikus összefüggést, melyet parabolikus törvénynek is szokás nevezni. Ha a fémek felületegységének súlynövekedését W -vel jelöljük, úgy

$$W^2 = kt \quad (10)$$

vagy az itt alkalmazott írásmód szerint

$$t = k' W^2 \quad (k' = 1/k) \quad (11)$$

összefüggés áll fenn. Ennek kísérleti bizonyítását később különösen *Pilling* és *Bedworth* [9], valamint *Dunn* [10] munkái szolgáltatták. *Gulbransen* [11] módosította *Tammann* egyenletét:

$$W^2 = k_1 t + k_2 \quad (12)$$

vagy az itt alkalmazott írásmód szerint

$$t = k_2' + k_1' W^2 \quad (13)$$

ahol $1/k_1 = k_1'$ és $k_2' = -k_2/k_1$. Ez a módosítás lényegében a hatványtörvényeknek már előzőleg tárgyalt zérusellenvetésének kiküszöbölését jelenti.

A fémek súlyszaporodását oxidációnál nemcsak az idő, hanem az oxigén-koncentráció függvényeként is lehet kifejezni. Így *McCulough* [12] két-féle rozsdamentes acélfajta oxidációját alábbi két képlettel írta le:

$$W = k_1 e^{0,38t}$$

és

$$W = k_2 e^{0,55t} \quad (14)$$

Látható, hogy a két egyenlet a hatványtörvények jellegének megfelelően egyedül a konstans és a hatványkitevő értékében különbözik.

Meg kell említeni, hogy számos esetben a parabolikus törvény helyett lineáris összefüggést találtak [9]:

$$W = kt \quad (15)$$

illetve

$$t = k' W \quad (16)$$

Wagner és *Grünwald* [13] elméleti megfontolások alapján a lineáris és parabolikus törvény egyesített formáját javasolták

$$W^2 + k_1 W = k_2 t \quad (17)$$

illetve

$$t = k'_2 W^2 + k'_1 W \quad (k'_2 = 1/k_2; k'_1 = k_1/k_2) \quad (18)$$

Ugyancsak *Wagner* elmélete alapján a fémek oxidációjánál keletkező fémionok (Cu⁺, Fe⁺ stb.) koncentrációja ([y]) következő módon függ a gáz-fázis parciális oxigénnyomásától (P)

$$[y] = KP^{1/2} \quad (19)$$

Hasonló összefüggésekkel írható le a szerző megállapításai szerint bárium-szulfát redukciója bárium-szulfidá, vagy a calciumarzenit termikus oxidációja calciumarzenáttá.

A hatványtörvények azonban nemcsak a reakció-kinetika számításaira használhatók fel, hanem pl. forgókemencék hossza is kiszámítható, ha a kemencében végbemenő reakció kinetikáját, ill. a reakció konstansait ismerjük. A szerző tapasztalata szerint ez alábbi hatványtörvénnyel történhet

$$L = AD^{m_1} n^{m_2} T^{m_3} \Delta T^{m_4} \alpha^{m_5} G^{m_6} d^{m_7} t^{m_8} v^{m_9} k^{m_{10}} \quad (20)$$

ahol $A = \text{konst.}$, $D = \text{átmérő}$, $n = \text{fordulatszám}$, $T = \text{maximális hőfok}$, $\Delta T = \text{hőfokgradiens}$ a kemence hosszában, $\alpha = \text{lejtési szög}$, $G = \text{gáz-mennyiség}$, $d = \text{szemcse nagyság}$, $t = \text{a kemence töltése}$, $v = \text{adagolás sebessége}$, $k = \text{a reakció-konstans}$. A hatványtörvényben szereplő paraméterek bármelyike állandónak vehető és ezzel ezek az A konstansba olvadnak.

A hatványtörvények lényegénél fogva fenti összefüggések minden nehézség nélkül átvihetők a már előzőleg említett, az építőanyagok gyártásánál végbemenő folyamatokra.

A szilikátipari gyártási folyamatok egyik fontos jelensége az égetésnél bekövetkező zsugorodás. A zsugorodás időbeli menetét adott égetési hőmérsékleten csak igen kevésbé ismerjük. A hatványtörvények segítségével módunkban áll oly összefüggést találni, mely lehetővé teszi

pontos méretekre való zsugorodást előre kiszámítani.

Kalciumarzenit termikus oxidációjával kapcsolatban rendkívül fontos volt a keletkező kalciumarzenát zsugorodását lehetőleg kis fokon tartani. Ez szükségessé tette a zsugorodás időbeli lefolyásának tanulmányozását.

Egy test porozitásának mértékéül a

$$P = \frac{\rho_0 - \rho}{\rho_0} = \frac{1}{\tau} \quad (21)$$

kifejezést fogadjuk el, ahol ρ_0 a test anyagának tömör sűrűségét, ρ pedig a pórusos test sűrűségét jelenti.

A szerző vizsgálatai szerint P porozitás reciprok értékéből (τ), melyet értelemszerűen tömörségnek lehet nevezni, alábbi hatványtörvénnyel számítható ki a τ tömörség eléréséhez szükséges idő

$$t = a_0 + a\tau^m \quad (22)$$

A képlet kielégíti a hatványtörvények zérus ellenvetését. anélkül azonban, hogy a_0 konstansnak bármilyen fizikai értelme lenne. $\tau = 0$ fizikailag nem realizálható állapot oly módon, hogy belőle később $\tau > 0$ értékek keletkezhessenek. (21) meghatározás értelmében ugyanis $\tau = 0$, azaz $P = \infty$ csak akkor lehetséges, ha $\rho_0 = 0$, azaz a tömör sűrűség zérus, mivel $\rho = \infty$ ellentmond a $\tau = 0$ zérus tömörség fogalmának. a_0 konstans ennél fogva egyedül (22) hatványtörvény interpolációs jellegéből adódik a kísérletileg megvizsgált P ill. τ tartományban és a $t = 0$ időpontban fennálló tömörséggel $\tau_0 = (-a_0/a)^{1/m}$ kapcsolatban áll.

Foex [14] a későbbiekben oxidok zsugorodásának vizsgálatánál egy másik összefüggést állított fel:

$$P = \frac{\rho_0 - \rho}{\rho_0} = A(t + C)^B \quad (23)$$

Egyszerű algebrai átalakítások útján megállapítható, hogy ez az egyenlet lényegében ugyanazt fejezi ki, mint a szerző (22) egyenlete. Mindkét egyenlethől az következik, hogy a teljesen tömörre való égetés ($\rho = \rho_0$ és $P = 0$ ill. $\tau = \infty$) csak $t = \infty$ idő múlva következik be.

A (22) ill. (23) egyenletek ellenőrzése kerámiai anyagokon eddig nem volt lehetséges, mivel erre vonatkozó adatok (idő és zsugorodás) az irodalomban eddig nem voltak fellelhetők.

Az építőanyagok gyártásánál számtalan esetben játszik döntő szerepet az alapanyagok vagy a késztermék viszkozitása és plaszticitása. Elegendő példaként felhozni a durva kerámia alapanyagát, az agyagot, vagy a finom kerámia alapanyagát, a kaolint, a nagyfrekvenciájú szigetelők alapanyagát (talkum stb.) és főként az üveget.

Mivel a plasztikus anyagok viszkozitására vonatkozó ismereteink nagymértékben fejlettek, elegendő az irodalomra való utalás [1],[6]. Itt mindössze annak az egyenletnek az alakját említjük meg, mely hatványtörvénynek felel meg. Ez az egyenlet a *Nutting-Scott-Blair* egyenlet

$$\epsilon_t = \eta t^m p_i^n \quad (24)$$

melyben t az idő, p_t a nyírófeszültség, ϵ_t a tangenciális nyíróerő hatására fellépő deformáció ψ , m és n konstansok. *Scott-Blair* minden erőfeszítése ellenére sem sikerült ezt az egyenletet elméleti úton fizikai törvényként értelmezni és így egyedül a fizikai nagyságok dimenzió nélküli számértékeire érvényes, miként általában a hatványtörvények. A *Nutting-Scott-Blair* egyenlet elentétben az eddig levezetett és ismert exponenciális viszkozitás-egyenletekkel, interpolációs képletként kitűnően alkalmazható az üveg deformációjának, illetve folyásának leírására. Sajnálatos módon ez az egyenlet az üvegiparban és kutatásban eddig nagyjából ismeretlen maradt. A *Nutting-Scott-Blair* egyenlet hatványtörvény jellegénél fogva rendkívüli alkalmazkodóképességű és analógiájára a látszólagos viszkozításokat is hatványtörvény alakjában írhatjuk le. Tekintettel az üvegviszkozitás kérdésének bonyolultságára, sőt az üveggállapot egyensúlyi jellegének tisztázatlanságára, szükségesnek látjuk a *Nutting-Scott-Blair* egyenlet alkalmazásának kérdését az üveg területén felvetni. Ez nyilván behatóbb tanulmányokat igényel.

Legfejlettebb a hatványtörvények alkalmazása a hőátadás területén. Számatalan példát lehetne felsorolni, azonban a kemencékkel, szárítókkal foglalkozók előtt ezek annyira ismeretesek, hogy felsorolásuk felesleges. Egyszerű a hatványtörvényeknek a hasonlósági kritériumokkal való összefüggésének demonstrálására említünk meg példaként egy egyenletet, mely kaloriferek számítására szolgál és csövekről való konvektív hőátadásra vonatkozik. Természetes konvekció esetén [15]:

$$Nu = CGr^m Pr^n \quad (25)$$

ahol $m > n$ és

Nusselt kritérium

$$Nu = \frac{hd}{k} \quad (26)$$

Grashof kritérium

$$Gr = \frac{d^3 \rho g \beta \Theta}{\eta^2} \quad (27)$$

Prandtl kritérium

$$Pr = \frac{C_p \eta}{k} \quad (28)$$

továbbá

C konstans

h a hőátadási koeficiens

d a csőátmérő

k a hővezetőképesség

p a nyomás

g a gravitációs gyorsulás

β a térfogatágitási koeficiens

Θ a hőfokkülönbség

η a viszkozitás

C_p a hőkapacitás állandó nyomáson.

Ha a konvekció nem természetes, más kritériumok állanak egymással kapcsolatban:

$$St = a Re^n Pr^m \quad (29)$$

ahol

Reynolds kritérium

$$Re = \frac{v d \rho}{\eta} \quad (30)$$

Stanton kritérium

$$St = \frac{Nu}{Pr \cdot Re} = \frac{h}{C_p v \rho} \quad (31)$$

és $a = \text{konst.}$, $v =$ áramlás sebessége, $\rho =$ sűrűség.

A hatványtörvények alkalmazásához nem keltenek feltétlenül a hasonlósági kritériumok. Így pl. egy forgókemencében az áthaladó terméknek átadott hőmennyiség egy teljesen általános hatványtörvényvel fejezhető ki

$$W = k \pi x_i^{m_i} \quad (32)$$

ahol az x_i paraméterek ugyanazok, mint a (20) egyenletben szereplők. (18) és (32) egyenletek mindössze a konstans értékében különböznek egymástól, továbbá az m_i kitevők is mások. Az a tény, hogy bár mindkét egyenlet fizikai nagyság (kemencel hossz és átadott hőmennyiség) számértékére vonatkozik, a két egyenlet lényegében mégis ugyanazon paraméterek hatványszorzataként állítható elő, a hatványtörvények jellegének talán legelősebb kifejezésének tekinthető.

V.

Az előzőekben tömör formában megismerkedtünk a hatványtörvényekkel, azok sajátjaival, továbbá a törvényeknek az építőipar terén való alkalmazhatóságának lehetőségével. Az előadás rövidsége nem engedi meg, hogy e lehetőségekkel behatóbban foglalkozzunk és meg kellett elégednünk azzal a ténnyel, hogy határozott formában rámutattunk a műszaki tudomány és különösen az építőanyagipar egynéhány területére, melyeken a hatványtörvények alkalmazása igen termékenynek bizonyulhatna.

IRODALOM

1. Vándor J.: A hatványtörvények és jelentőségük a műszaki tudományban. Előadás a MTA műsz. osztályának vegyipari gépészeti bizottságában. ÉKKI. Tud. Közl. I.
2. Bridgman, P. W.: Dimensional analysis, Yale University, I. ed. 1921, II-nd ed. 1931.
- Bodca, E., Georgis: rationales MKS Mass-System mit Dimensionskohärenz.
- Wallot, J.: Grössengleichungen, Einheiten und Dimensionen, 1953.
- Esnault-Pelterie, R.: Dimensional Analysis. Lausanne.
- Duncan, W. J.: Physical Similarity and Dimensional Analysis. 1953. London.
- Buckingham, E.: Phys. Rev. (II.) 4 (1914) 345—376.
- Riabouchinsky, D.: 1. R. Esnault-Pelterie, p. 114.
- Jcans, J. H.: Proc. Roy. Soc. 76 A (1905) 545.
- Reiner, M.: Deformation and Flow. 1949.
- Vándor, J.: Bevezetés a rheológiába. I. MTI kiad. 1954.
- Vándor, J.: Kémiai termodinamika, I. 1. r. 1952.

8. Tammann, G.: Z. anorg. Chem. 111 (1920). 78.
 9. Pilling N. B., Bedworth R. E.: J. Inst. Metals 29 (1923) 529, Ind. Eng. Chem. 17 (1925). 372.
 10. Dunn, J. S.: Proc. Roy. Soc. London. A 111 (1926). 203, 210.
 11. Gulbransen E. A.: Trans. Electrochem. Soc. 81 (1942) 327.
 12. McCulloch, H. M.: Eng. Exper. Station News 19 (1947) 38.

13. Wagner, C., Grünewald, K., Z. physik. Chem. B 21 (1933) 25; B 40 (1938) 455.
 14. Foer, M.: Colloques Internationaux du CNRS, X. Réactions dans l'état solide, Paris 1948. p. 102.
 15. Touloukian, J. S., Hawkins, G. A., Jakob, M.: Trans. Amer. Soc. Mech. Eng. 70 (1948) 13—18.
 Frank—Kameneckij D. A.: Dokl. Ak. Nauk. 17 (1937) 9—12.
 Jablonskij, V. S., Jablonskaja, V. P., Dokl. Ak. Nauk. 59 (1948) 1675—77.

Tűzálló anyagok minősége és a hazai nyersanyagok

CSER ARISZTID*

A szilikátiparban használatos tűzállóanyagok felhasználhatóságát befolyásoló tényezők táblázatos összeállításban a felhasználók részére lehetővé tesszik a használati igénybevétel szerinti tűzállóanyag kiválasztását. Az üzemi körülmények között a koptató, salak, hőmérséklet, lepedezés (spalling), ridegség, szétesés, termikus tulajdonságok hatását röviden tárgyaljuk.

A tűzállóanyagok minősítésére az újabb vizsgálati módszerek közül röviden felsoroljuk a lágyuláspont meghatározás, porozitás ill. gázáteresztőképesség, viszkóz-elasztikus tulajdonságok vizsgálatából levonható következtetéseket.

Az újabb tűzállóanyagok között azokat a gyártmányokat soroljuk fel, amelyek forgalomba kerültek, vagy gyártásuk rövidesen megindul. Samot, bázikus, különleges tűzállóanyagok, valamint tűzálló beton és tűzálló hőszigetelő gyártmányok fizikai adatait soroljuk fel. Az ezekhez felhasznált hazai nyersanyagok minőségi jellemzőit ismertetjük.

Újabb felhasználási területként a felsorolt gyártmányoknál megjelöljük azokat a beépítési helyeket, ahol ezek felhasználása tartósságnövekedést, illetve kedvezőbb üzemi viszonyokat, gazdaságosabb termelést tesz lehetővé a cementipar, műszaki, üvegipar területén.

1. Bevezetés

Hazai tűzállóanyag gyártásunkban az utóbbi években komoly fejlődés tapasztalható. Ezt elsősorban az 5 éves terv célkitűzései tették lehetővé, amihez hozzájárult az is, hogy a felelős vezetők felismerték, hogy eddigi elmaradottságunknak ezen a vonalon véget kell vetni. Ennek érdekében megindították a tűzállóanyagok fejlesztését az iparágban és az eddigi szórványosan végzett üzemi kutatások helyett a Magnezitiparnál kutató csoportot hoztak létre, amely továbbfejlesztve később egy kutató intézet magvát fogja alkotni.

A kutatócsoport egyik fontos feladata a gyártmányok minőségének megjavítása, a hazai nyersanyagok minél nagyobb mértékben való bevonása a tűzállóipar nyersanyagai közé és új gyártmányok bevezetése.

Ezen a területen már szép eredmények mutatkoznak és számos új gyártmány áll ma már az ipar rendelkezésére. Ezek az új gyártmányok

* Magnezitipar Tűzállóanyaggyár Kutató Laboratóriumának közleménye. Az Építőanyagipari Tudományos Egyesület Durvakerámiai osztályán 1955. március 18-án megtartott előadás.

sok helyen pótolják az eddig külföldről behozott tűzálló készítményeket.

Ezért célszerű, ha mindennek előtt azokat az új szempontokat és vizsgálati módszereket ismertetjük, amelyekkel a már klasszikus számba menő értékeléstől eltérően, a tűzállóanyagoknak felhasználás szerinti minősítése történik. Ezt követi az újonnan kidolgozott tűzállóanyagok és azok minőségi jellemzőinek felsorolása, a hazai nyersanyag felhasználás ezekhez a gyártmányokhoz, végül pedig azoknak az újabb alkalmazási területeknek az ismertetése, amelyek szóbajöhetnek, vaskohászat igényeinek figyelmen kívül hagyása mellett, mert annak tárgyalása túl messzire vezetne.

2. Tűzállóanyagok minősítése a használatban fellépő igénybevétel szerint

A használati igénybevétel szerinti minősítés részletes tárgyalása nagyon messzire vezetne, ezért elsősorban az osztályozás, továbbá az igénybevételek oly csoportosítása a cél, amely a felhasználóknak megkönnyíti a megfelelő tűzállóanyag kiválasztását. Ennek szemléltetőbbé tételére szolgál az 1. táblázat.

A felhasználhatóságot befolyásoló tényezők három csoportra oszthatók.

2.1 Rombolóhatások és azokkal szembeni ellenállóképesség.

2.2 Szilárdság

2.3 Hőtárolás

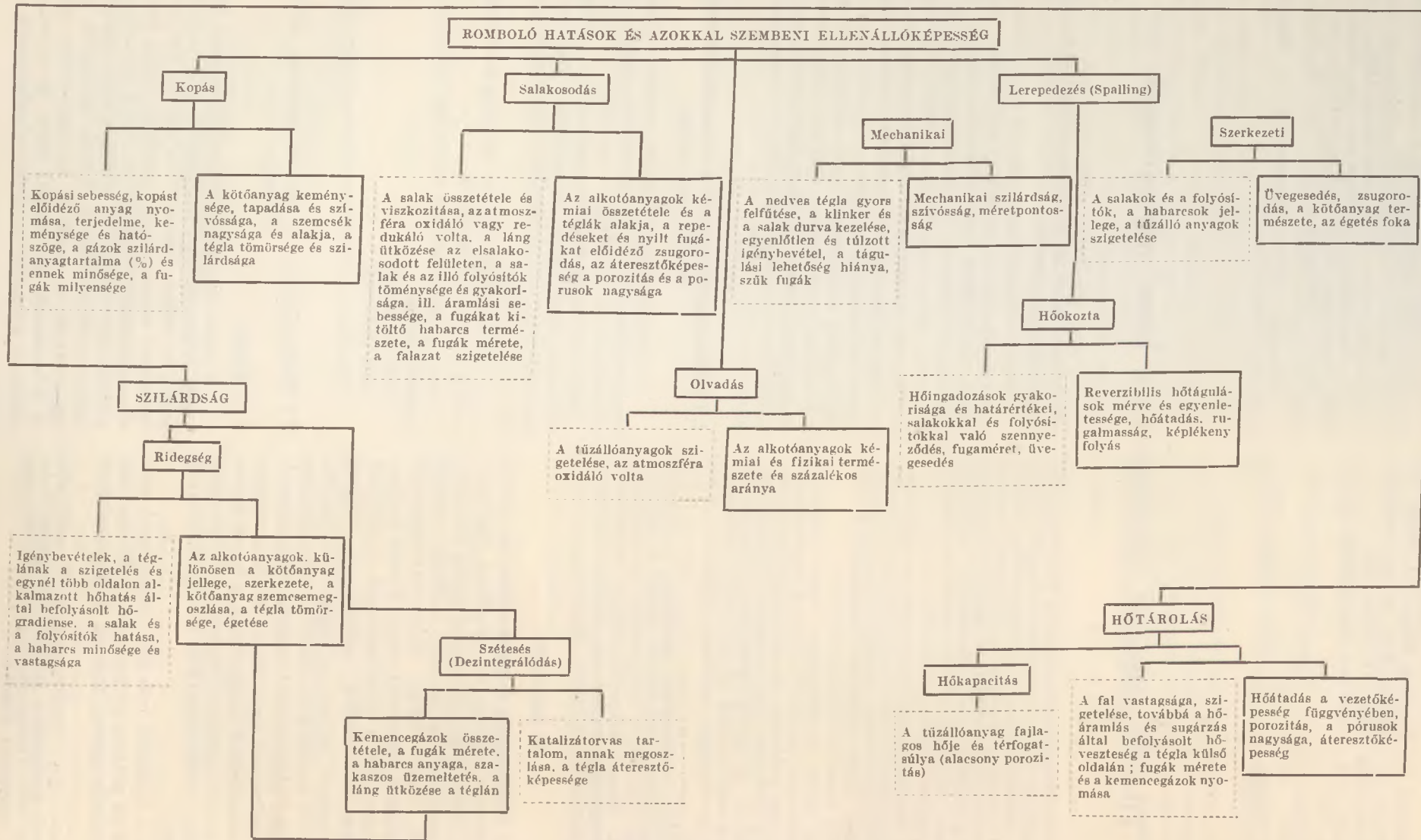
Mindhárom tulajdonság alcsoportokra oszlik.

2.1 Rombolóhatások és azokkal szembeni ellenállóképesség

2.1.1 Kopás

A kopás mechanikai tényező hatására jelentkezik. Jellemző, hogy felületén olvadék nem található, a felület „száraz” és durva. Ha üveges bevonatot tapasztalunk a felületen, az az utólagos olvasztóhatásnak tudható be. Ez a jelenség megfelelően nagy tömörségű és szilárdságú téglák használatával csökkenthető. Sokszor gyengébb minőségű termék is megfelel, ha tömörebbre égetett és a szemcsekötése ezáltal jobb. Ez az az eset, amikor a gyengébb minőségű tűzállótermék a cél-

TŰZÁLLÓANYAGOK FELHASZNÁLHATÓSÁGÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK



Megjegyzés. A szaggatott vonallal rajzolt kockákban felsorolt tényezők az üzemi körülményekre, a folytonos vonallal rajzolt kockákban felsoroltak pedig a tűzállóanyagok tulajdonságaira vonatkoznak.

nak jobban megfelel, mint egy jobb és drágább gyártmány.

Ha hőokozta olvasztóhatás mutatkozik, célszerű az erősen klinkerré égetett, félszáraz sajtolású termék használatára.

Gyakori hőingadozás esetén erősen égetett, agyagkötésű SiC és korund téglák használatára vezet eredményhez. Ha ez mégsem volna elegendő, csak az elektromosan olvasztott és öntött tűzállóanyagok segíthetnek.

Természetesen mindig meg kell vizsgálni, hogy kemence átalakítással, az anyag célszerűbb vezetésével, kisebb technológiai változtatásokkal nem lehet-e a drágább tűzállóanyag használatát elkerülni.

2.12 Salakosodás

A tűzállóanyag elsalakosodására, olvadékoknak a tűzálló anyagra gyakorolt hatására az ipar sok példát szolgáltat. Itt elsősorban a kazánok, forgókemencék, és üvegolvasztó kádkemencék kerülnek tárgyalásra.

A fázisdiagrammok nem sokat mondanak az üzemi körülményekről, mivel egyensúlyi helyzet a gyakorlatban ritkán fordul elő. A fázisdiagrammok csupán a folyamatok lefolyásának irányát mutatják és azt, hogy milyen körülmények között következhet be a teljes megolvadás.

Ennél fontosabbak a viszkozitási adatok, bár ezekből sajnos kevés áll rendelkezésre, és így főképpen a tapasztalatra kell támaszkodnunk.

A viszkozitás és a tűzállóanyag tömörsége dönti el, hogy a folyósítóanyag milyen mértékben hatol be a tűzállóanyagba. Gyakori és kedvező eset az, ha a reakciótermék magas viszkozitási értéke lehetővé teszi, hogy az olvasztó anyag által feloldott tűzállóanyag a felületen megmaradjon.

Hőmérsékleti hatás jelentősen befolyásolja a leírt jelenségeket, ezért erre mindig tekintettel kell lenni. A redukáló atmoszféra sokszor károsan fokozza az olvasztó hatást, különösen FeO és MnO tartalom esetében.

Mivel a salakhatás leküzdése nehéz feladat, elsősorban a hőmérséklet csökkentést kell mérlegelni, oxidáló körülmények fenntartásáról kell gondoskodni és amennyiben erre mód van, egyes folyósítóanyagok kiküszöbölésének a lehetőségét kell megvizsgálni. Sokszor a hideg oldal hűtésével is csökkenthető, vagy legalábbis mérsékelhető az olvasztó hatás.

Ha mindezek figyelembevételével sem érünk el megfelelő eredményt, akkor a nagyobb ellenállóképességű tűzállóanyagot kell választani.

Ha a salakbehatás enyhébb mértékű, a tömörebb, jobban égetett, azonos minőségű termék is megfelel. Abban az esetben, ha ez sem ad kielégítő eredményt, azonos fajtájú, de jobb minőségű nagy tömörségű termék lehet célravezető.

Timfölddús samott-tégla esetében a magas mullit- vagy korundtartalom mellett a nagy tömörség fontosabb jellemző, mint a magas tűzállóság és lágyuláspont. Olvadékok hatása esetén a samott helyett mullit-, korund-, magnezit-, vagy dolomittégla jöhet számításba.

Por, alkáligőzők jelenlétében, különösen magas hőmérsékleten a samott-téglánál megfelelőbb a szilikatéгла használata. A szilikatéglánál ugyanis alkálidús felületi réteg keletkezik, mely az olvadék és olvasztóanyag további behatolását megakadályozza. Egyes helyeken, ahol a szilikatéгла tartóssága nem kielégítő, újabban kitűnő eredményekkel használnak magnezittéglát.

A téglákat kötő habarcs minősége épp olyan fontos, mint maga a téгла. A tapasztalat ugyanis azt mutatja, hogy az olvasztóhatás elsősorban itt jelentkezik és a további károsodások innen indulnak el.

2.13 Olvadás

Olvadásnál az egyszerű hőhatáson kívül sok esetben kisebb-nagyobb mértékű folyósítóanyag hatással is találkozunk. Ennek eldöntésére a leggyorsabb gyakorlati mód, hogy egy megolvadt és egy épen maradt hidegoldal felé eső részt tűzállóságra megvizsgálunk. Ha a két vizsgálat között Sk. 1-nél nagyobb a különbség, olvasztóanyaghatás is fellépett. A tüzelési mód és a hőmérséklet alapján választjuk meg a tűzállóanyagot.

Magas láng hőmérséklet esetén, pl. olajtüzelésnél és lánghatásnak kitett részekenél, timfölddús, korund, vagy mullit alapanyagú tűzállóanyagokat kell használni.

Olyan tűzállóanyagoknál, melyekben sok az olvadék, a lágyuláspont T_a és T_e értéke között nagy hőmérséklet különbség van, míg az aránylag tiszta, sok kristályos alkotórészt tartalmazó tűzállóanyagnál ez a két érték nagyon közel van egymáshoz. A használati hőmérséklet megválasztásánál erre is tekintettel kell lennünk.

Lerepedezés (spalling)

2.141 Mechanikai lerepedezés

A „spalling“ néven ismert jelenség a tűzállóanyag lerepedezésében nyilvánul meg. A mechanikai okok által előidéztet leválást, illetve lerepedezést az jellemzi, hogy a törési felület egyenes, míg a hőingadozás okozta lerepedezésnél a törés kagylós, görbülete a hőeloszlást követi. A repedések kifelé szélesednek. A fellépett feszültség a lerepedezés után megszűnik.

A nedves falazat gyors felfűtése szintén mechanikai lerepedezést okoz.

Kiküszöbölése az építéskor alkalmazott eredeti fugák és hőtágulási hézagok megváltozásával, valamint lassúbb felfűtéssel érhető el. Megfelelően méret pontos téglák használata megszünteti a jelenséget.

2.142 Hőokozta lerepedezés

A hőingadozások gyors egymásutánja, a hőingadozás mértéke szabja meg a fellépését. Jellegzetessége a kagylós törés.

Gyakran lép fel, ha olvasztóanyag szívódik a téglába, ami a tűzállóanyag szerkezetét megváltoztatja.

Kiküszöbölése a kemence üzemének egyenletessé tételével, a hőingadozások mértékének csök-

kentésével lehetséges. Ha ez nem segít, rugalmasabb szerkezetű tűzállóanyag használata szükséges. Ha olvasztóanyag hatása is közrejátszik, megfelelően jobb ellenállóképességű tűzállóanyagra való áttéréssel oldható meg a kérdés.

2.143 Szerkezeti lerepedezés

A szerkezeti lerepedezés fellépésének oka rendszerint az, hogy nagymennyiségű üveges fázis van a tűzállóanyagban. Ilyen esetben a kristályos és üveges fázis közötti hőtágulási különbség miatt lép fel a feszültség, amely a téglák tönkremenetelét okozza. Túlzott hőigénybevételnél is felléphet ez a klinkeresedés. Ilyenkor jobb minőségű tűzállóanyag használata vezethet eredményre.

Különösen magas hőmérsékleten timfölddús samott-téglát, mullit-, vagy korundtéglát kell használni. Ezek gyakran szilikatégla helyett is jól beváltak.

2.2 Szilárdság

2.21 Rűdegség

Többoldali igénybevétel esetén a falazat „leül”. Hasonló hibákra vezethet a túlzott hőszigetelés is.

A hatás erősen égetett, vagy sok kristályos alkatrészt tartalmazó téglával, mint SiC, szilika, korundadalékos téglával, küszöbölhető ki.

Gyakran a kemence konstrukciós hibái is okozhatják. Sokszor megoldást jelent, ha a hidegoldalra helyezük át a terhelést. Végző esetben hűtővízcsövek beépítése segít.

2.22 Szétesés (dezintegrálódás)

A szétesés főképpen gázok hatására következik be. A téglák elveszti szilárdságát, porhanyóssá válik, szövetszerkezete teljesen fellazul. A fellazulást az okozhatja, hogy a pórusokba olyan anyag rakódik le, vagy olyan reakciótermék keletkezik, amely térfogatnövekedéssel jár, pl. alacsonyabb fajszámú ásványok keletkezésénél, amelyek feszítő hatásuknál fogva a téglák szerkezetét szétroncsolják.

Leggyakoribb a CO okozta szétesés. Ez aránylag szűk hőmérsékleti határok között — 500 C° körül — keletkezik és C lerakódással jár.

Alkálígázok hasonló jelenséget idéznek elő, ha 10—15% mennyiségben ivódnak fel a samotttéglába.

Megakadályozása CO esetében elsősorban a kemence atmoszféra oxidálóra való átalakításával történhet. Ha ez nem volna lehetséges, a jelenséget a kritikus hőmérsékleti hatás kikerülésével kell megakadályozni.

Alkáliák esetében védőréteg kialakulása megkönnyíti a védekezést, mert azon az alkálígázok nem haladnak át.

Nagy tömörségű alacsony gázáteresztő képességű tűzállóanyagok hathatós segítséget nyújtanak. Nagyszilárdságú téglák is jobban bírják a desintegráló hatást. Jól tömítő falazat, kis fugákkal sokszor megfelelő eredményt biztosít.

2.3 Hőtárolás

Mivel a tüzelőanyaggal való takarékoság fontos nemzetgazdasági érdek, a hőfelhasználás csökkentése fontos feladat. Sok esetben a hőszigetelés megjavítása célra vezethet. Ilyenkor azonban mindig meg kell vizsgálni, hogy az adott üzemi hőmérsékleten a salakok, olvasztóanyagok beivódása nem okoz-e káros hatást.

Sokszor a technológiai folyamat érdekében is kívánatos a hőmérséklet ingadozást a legkisebb mértékre szorítani. Ilyenkor jó szolgálatot tesz nagytömegű tűzállóanyag beépítése.

3. Újabb vizsgálatok bevezetése a tűzállóanyagok minősítésére

Az eddigi értékelések hibái

Köztudomású, hogy a tűzállóanyagok Ségerkúp olvadáspont alapján történő minősítése túlhaladottnak tekinthető.

Helyette megfelelőbb a lágyuláspontvizsgálat, mely sokkal jobban megközelíti az üzemi körülményeket. A tűzállóanyagok lágyulási viselkedését nagymértékben befolyásolja az olvadékok kialakulása és a téglák mechanikai szilárdsága is. A samotttéglánál a mullitképződés, a mullitkristályok alakja és elhelyezkedése, a szennyező oxidokból keletkező olvadékok viszkozitása és mennyisége szabja meg a lágyulási viselkedést.

Bázikus tűzállóanyagoknál a szennyező oxidokból keletkezett ásványok mennyisége, a keletkező olvadékok mennyisége és viszkozitása jellemző a lágyulási viselkedésre.

Sokáig a porozitást tekintették a salakokkal, olvadékokkal szembeni ellenállás jellemzőjének. A porozitás azonban sokszor nem mutatja meg, hogy a rombolóhatás mennyiben fog érvényesülni. Magában a vizsgálatban is elvi hiba van, ami különösen az új gyártmányoknál tapasztalható. Sokszor a magasabb térfogatsúlyú és kisebb vízfelvevőképességű gyártmány nagyobb porozitást mutat, mint a kisebb térfogatsúlyú, de magasabb vízfelvevőképességű termék. Világos, hogy az így kapott adatok nem tükrözik a jobb minőséget. Egy 30% porozitású tűzállótermék vízfelvevőképessége a térfogatsúly függvényében a következő lehet.

| | |
|----------|-----|
| 1,5 g/ml | 20% |
| 2,0 g/ml | 15% |
| 2,5 g/ml | 12% |
| 3,0 g/ml | 10% |

Nyilvánvaló, hogy a 10% vízfelvevőképességű termék tömörebb, mint pl. a 15%. Téves tehát a szabvány, amely a vízfelvevőképesség helyett a porozitást veszi a téglaminőség mértékéül. A porozitás alapján nem tudjuk eldönteni, hogy a téglák mennyiben fog a rombolóhatású olvadékoknak ellenállni. Sokkal jobban megközelíti a valóságot a gázáteresztőképesség vizsgálata.

A gázáteresztőképességet jelző szám és a tűzállóanyagok fizikai adatai között nincs számszerű összefüggés. A porozitás, térfogatsúly és a gázáteresztőképesség között nem találtunk semmi köz-

vetlen befolyásoló tényezőt. A gázáteresztő képesség ugyanis a nyílt és összefüggő pórusok, valamint a pórusok átmérőjére ad felvilágosítást. Ebből következik, hogy az alacsony gázáteresztőképességű tűzállóanyagok olvasztóanyagokkal szemben sokkal nagyobb ellenállóképességet tanúsítanak, mint ami a porozitásukból következne. Mivel ilyen esetben a pórusok, illetve a kapillárisok között nincs közlekedés, az elhasználódásnak kitett felület kisebb, mint összefüggő pórusok esetén. Az olvadékok tehát hatásukat csak lokálisan fejthetik ki.

Ahol redukáló, vagy korrodáló gázoknak van kitéve tűzállóanyag, ott fokozottabb jelentősége van az alacsony gázáteresztőképességnek.

Magára a vizsgálatra, annak végrehajtására hővebben most nem térünk ki, azt a számszerű eredményekkel együtt, a vizsgálatok befejezése után fogjuk nyilvánosságra hozni.

Az új vizsgálati módszerek közé tartozik a vizskozelasztikus tulajdonságok vizsgálata is. Ezt a vizsgálatot berendezés hiánya miatt, sajnos ezidő szerint nem tudjuk elvégezni. A külföldi eredményekkel Sövegjártó már foglalkozott, az Építőanyag 2. számában megjelent cikkében. Röviden összefoglalva annyit megállapíthatunk, hogy az erős égetés e vizsgálat szerint is javítja a kopásellenállást, azáltal, hogy magasabb égetési hőmérsékletnél növekedik a mullittartalom. Érdekes azonban, hogy a külön beadagolt mullit hatása lényegesen kisebb. Ilyen esetben elsősorban a kötőanyag tulajdonságai szabják meg a késztermék tulajdonságait.

A vegyi összetételnek ma már lényegesen kisebb jelentőséget tulajdonítunk. Az eddig tárgyalt értékelések között is jóval alárendeltebb szerepet játszik, mint a fizikai ismérvek. Sokkal fontosabb az ásványtani összetétel ismerete, mert ezekből sokkal pontosabban lehet következtetni a várható tulajdonságokra.

Az ásványtani összetétel kiszámítása a kémiai analízis alapján is lehetséges, gyakoribb azonban a mikroszkópiai vagy röntgenográfiai módszerrel történő direkt meghatározása.

A kapott ásványi összetétel alapján állapotábrák segítségével olvadékmennyiség számítások végezhetők, melyekből a lágyulási és korrozíós tulajdonságokra lehet következtetni.

4. Újabb tűzállóanyagok

4.1 Tűzállóbeton

A tűzállóbetonok külföldön már nagyon elterjedtek, alacsonyabb minőségű samott helyett mindenütt alkalmazzák. Jól használható, olcsó, gyorsan elkészíthető.

Lényeges szempont, hogy az Al_2O_3 tartalom a kész keverékben legalább 40% legyen. Kívánatos a minél magasabb Al_2O_3 tartalom, hogy az olvadáspont kellően magas legyen. Alumínátcementek esetében az olvadék keletkezés legalacsonyabb hőmérséklete $1380^\circ C$ körül van. A cél érdekében a kalciumaluminát cementnek legalább 40% Al_2O_3 -t kell tartalmaznia. A felhasznált adalék tűzállóságát 15–20% bauxit, illetve alumínát-

cement 1–2 Sk-val szállítja le. Sajnos a lágyuláspont vizsgálat nem ad reális képet, mert az érintkezési felületen a cement a reakció alkalmával alacsony olvadáspontú terméket ad, ami miatt a lágyuláspont általában 1150 – $1250^\circ C$ között van. Kiegyetve, a lágyuláspont általában 50 – $150^\circ C$ -kal emelkedik.

Mivel az országban jelenleg bauxit cement nem áll rendelkezésre, az ipari gyártás megindításához a cementipar segítségére van szükség.

A kész termék nyers törőszilárdsága 150 – 250 kg/cm^2 , 1000 – $1100^\circ C$ -on való égetés után 75 – 100 kg/cm^2 körül van. Üzemi használati hőmérséklete $1250^\circ C$ körül mozog.

4.2 Félzsáraz technológiával gyártott samott kádkő

A hazai samott kádkő gyártás bevezetése jelentős import megtakarítással jár. Lunkermentes, egyenletes szerkezetű gyártmányok előállítására a gyártást félzsáraz technológiával kívánjuk megindítani. Az eddig készült gyártmányok minősége kielégítő volt. Megfelelő nagy oszloptávolságú hidraulikus prés rendelkezésre áll.

A félzsáraz technológiával előállított gyártmányokat kitűnő méretartosság, sima oldalfalak és ép élek jellemzik. Mivel égetésük magas hőmérsékleten történik, gázáteresztőképességük csekély, üveggel szembeni ellenállóképességük pedig jobb, mint a nedvesen formázott kádköveké.

| | |
|-----------------------------|----------------------------|
| Tűzállóság | Sk 32–33 |
| Térfogatsúly | 1,85–2,00 g/ml |
| Vizfelvőképesség | 10,00–14,00% |
| Látszólagos porozitás | 18,00–24,00% |
| Nyomószilárdság | 160–200 kg/cm ² |
| Lágyuláspont Ta | 1350 °C |
| Te | 1560 °C |

4.3 Timfölddús samott-gyártmányok

Külföldön széles területen, főként magas hőmérsékleti igénybevételekre alkalmazzák. Használatuk a samott-téglához viszonyítva, 5–30 szoros tartósságnövekedést eredményez.

Lényeges azonban, hogy a kiválasztás az igénybevételeknek megfelelően történjék.

4.31 timföldadalékos samottgyártmányok

Elsősorban erős hőhatásnak kitett igénybevételi helyekre ajánljuk. Porozitása nagyobb, mint a korundadalékos téglaké, sok bennük a nyitott pórus és így erős olvadékhátságnak nem állnak ellen. A korund adalékosnál olcsóbb, ezért használata a megfelelő helyeken célszerűbb.

| Fizikai adatai: | |
|-----------------------------|----------------------------|
| Térfogatsúly | 2,00–2,10 g/ml |
| Vizfelvőképesség | 14,00–18,00% |
| Látszólagos porozitás | 30,00–36,00% |
| Nyomószilárdság | 400–600 kg/cm ² |
| Lágyuláspont Ta | 1500–1620 °C |
| Te | 1680–1780 °C |

4.32 Korundadalékos samott-gyártmányok

Erős hőhatásnak, olvadékoknak és koptatásnak kitett igénybevételi helyekre előnyösen használható. 40–80% korundadalékkal agyagos kötőanyaggal készítjük. Erősen égetve gázáteresztőképessége csekély. A hőt különösen magas korundtartalom esetén jól vezeti.

| Fizikai adatai: | |
|-----------------------|----------------------------|
| Térfogatsúly | 2,00—2,40 g/ml |
| Vízfelvevőképesség | 5,00—14,00% |
| Látszólagos porozitás | 12,00—28,00% |
| Nyomószilárdság | 250—400 kg/cm ² |
| Lágyuláspont Ta | 1340—1540 C° |
| Te | 1580—1750 C° |

4.33 Kianitos szillimanittégla

Bár nyersanyaga teljes egészében külföldről származik, mégis hazai gyártmánynak tekintendő, amely pótolja a külföldről behozott kész szillimanittéglát. Hazai bevezetésével az üvegyipar kap új terméket. Kádköveknél jól helyettesíti a samott kádkövet, az olyan helyeken, ahol a tűzállóanyag különösen erős igénybevételnek van kitéve. Égőkőhöz is jól használható.

Tekintve, hogy agyagkötésű félnedves technológiával készítjük magas hőmérsékleten, 1550—1580 C°-on égetjük. Így kitűnő tömörségű, kis gázáteresztőképességű terméket kapunk. Mint ilyen, az olvadékoknak jól ellenáll. Az iparban való megjelenése csökkenti a külföldről származó üvegyári tűzállótermékek használatát, amely jelentős mennyiségű és amelyet eddig, majdnem teljesen importból kellett fedezni.

| Fizikai adatai: | |
|-----------------------|----------------------------|
| Térfogatsúly | 2,20—2,30 g/ml |
| Vízfelvevőképesség | 5,00—10,00% |
| Látszólagos porozitás | 10,00—22,00% |
| Nyomószilárdság | 250—600 kg/cm ² |
| Lágyuláspont Ta | 1540 C° |
| Te | 1740 C° |

4.34 Szintetikus szillimanit gyártmányok

A szintetikus szillimanitot teljesen hazai alapanyagból készítjük. Nyersanyaga timföld és sáropataki kaolin. Az arány megválasztása a kémiai analízis alapján történik úgy, hogy a klinkerben az Al₂O₃ tartalom 70—72% legyen. Együttes finomraórlás után félszáraz technológiával kb. 10—12%-os nedvességgel tömbösítjük. Szárítás után 1550—1600 C°-on égetjük. Órlás után a mullitot 15% kötőanyaggal keverjük és formázzuk. Égetése 1550—1600 C° között történik. Ha megfelelő nagytömorségű darabokat akarunk kapni, lényeges, hogy a lágyuláspontig égessük. Szemcseösszetételre és égetésre a termék rendkívül érzékeny, ezért gyártása nagyon kényes.

| Fizikai adatai: | |
|-----------------------|----------------------------|
| Térfogatsúly | 2,20—2,30 g/ml |
| Vízfelvevőképesség | 6,00—10,00% |
| Látszólagos porozitás | 12,00—23,00% |
| Nyomószilárdság | 400—600 kg/cm ² |
| Lágyuláspont Ta | 1580—1620 C° |
| Te | 1680—1740 C° |

4.4 Különleges tűzállóanyagok

4.41 Szinterkorund

Tisztán elektromos ömlesztett timföldből készülő, igen jó ellenállóképességű termék. Gyártása a szokásos tűzállóanyagipari technológiától eltérően, inkább finomkerámiai feldolgozási módszerrel, főleg öntéssel történik. Kitűnő, nagyszilárdságú, nagy kopásellenállású anyag, amely vegyi hatásoknak jól ellenáll. Égetése 1800—1850 C° körül történik. Megfelelő magas hőmérsékletű kemence egyenlőre sajnos nem áll rendelkezésünkre.

Gyártmányainkat ezidőszerint 1600 C° hőmérséklet körül égetjük. Így kitűnő tulajdonságai kevésbé érvényesülnek, porozitása lényegesen nagyobb, legnagyobb hibája azonban, hogy gázáteresztőképessége magas, tehát olvadékokkal szemben kisebb ellenállást tanúsít, mint a tökéletesen szinterelt készítmény. Elsősorban laboratóriumi berendezések céljára használjuk és hozzuk forgalomba. Egyes esetekben, mikor magas ára kifizetődik, ipari célokra is felhasználásra kerül. Gyártását Sövegjártó a Mérnöki Továbbképző Intézetben megtartott előadássorozatában részletesen ismertette.

4.42 Szintermullit

A szillimanit gyártás céljára előállított szintetikus mullit feldolgozásával kétféle minőségben készül: üvegszállhúzó kályhákhoz kaolinos kötéssel, alkalikus peptizálással, vagy szinterkorund gyártási technológiával, savas peptizálással. Ez utóbbi különlegesen magas tűzállóságával tűnik ki. A kaolinnal készült termék tömörsége lényegesen jobb, mint a savasan peptizálté, mert az alkalmazott 1600 C° égetési hőmérséklet kevés a zsugorítás tökéletes lefolytatásához. Mindkét fajta aránylag magas gázáteresztőképességű, miert is vegyi ellenállóképessége nem olyan jó, mint az elektromosan olvasztott és öntött mullitköveké.

4.5 Hőszigetelő samott-gyártmány

4.51 Liparitos hőszigetelő samott-tégla

Teljesen hazai nyersanyagból készítjük. Hőszigetelőképesége az aránylag magas térfogatsúly miatt közepes. Nyersanyaga a tokaj-hegyaljai riolittufa, az ondi és monoki riolit. Az ondi riolit magas SO₃ tartalma folytán kiégetve porózus terméket ad. Az égetés folyamán alacsonyabb fajtsúlyú termék keletkezik, ami térfogatsúly csökkenésre és porozitás növekedésre vezet. Kötése nagyfinomságúra örölt monoki riolittal történik, mely az órlás révén plasztikus tulajdonságokat vesz fel. Nedves feldolgozás esetén a plasztikus tulajdonságok javítására 3% bentonitot is adagolnak hozzá. Félszáraz és plasztikus formázási eljárással egyaránt feldolgozható. Égetése Sk 4—6-on történik. Érdekessége, hogy magas porozitásával ellentétben a gázáteresztőképessége majdnem nulla. Ez arra mutat, hogy porusai zártak, ami szigetelő anyagnál különösen előnyös. Hőszigetelő falazatok közvetlenül építhetők belőle, ha nem túl magas a hőmérsékleti igénybevétel. Érdekessége, hogy porozitása még 1300 C°-on sem csökken.

| Fizikai adatai: | |
|--|----------------------------|
| Térfogatsúly | 1,30— g/ml |
| Vízfelvevőképesség | 30,00% |
| Látszólagos porozitás | 39,00% |
| Nyomószilárdság | 60,—100 kg/cm ² |
| Lágyuláspont 2 kg/cm ² terhelésnél Ta | 1280 C° |
| Te | 1450 C° |

4.6 Magnezit gyártmányok

4.61 Szintetikus magnezit

Mivel hazai magnezit előfordulás nincs, és bázikus vonalon a teljes nyersanyag szükséglet fedezéséhez behozatalra szorulunk, kívánatos volt a szintetikus magnezitgyártás kidolgozása.

Erre kétféle eljárást dolgoztak ki:

1. Égetett dolomitból $MgCl_2$ oldat kezeléssel (Budapesti Kénsavgyár eljárása).

2. Égetett dolomitból CO_2 -vel történő kezeléssel (NEVIKI eljárása).

Mindkét eljárást Sövegjártó részletesen ismertette a Mérnöki Továbbképző Intézetben megtartott előadásában. E két eljárás röviden a következő:

4.611 Magnéziumkloridos eljárás

1000 $^{\circ}C$ -on égetett dolomitból dolomittejet készítenek és magnéziumklorid oldathoz adják. A magnéziumkloridból leválik a magnéziumhidroxid, amely a dolomitból származó magnéziumhidroxiddal együtt szűréssel eltávolítható. A kalciumhidroxidból kalciumklorid keletkezik, amiből dolomittejjel hozzákeveréssel magnéziumklorid nyerhető CO_2 kezeléssel úgy, hogy $CaCO_3$ melléktermék keletkezik, miáltal a klórtartalom a körfolyamatba visszavezethető. A CO_2 a dolomit égetésekor nyerhető.

4.612 Magnéziumhidrokarbonátos eljárás

700 $^{\circ}C$ -on égetett dolomitből készült dolomittejet magas nyomáson CO_2 -vel kezelnek. A kalciumhidroxid átalakul rosszul oldódó $CaCO_3$ -á, a magnéziumhidroxid pedig viszonylag jobban oldódó magnéziumhidrokarbonáttá. A kettő egymástól szűréssel elválasztható. A kapott magnéziumhidrokarbonát oldatból a MgO -t $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ formájában lehet kinyerni levegőztetéssel, vagy kimelegítéssel.

A két eljárás közül a második látszik a jobb minőségű termék előállítására alkalmasnak, mivel a kalciumkarbonáttal együtt a dolomit egyéb szennyezései is eltávolíthatók. Apparatív szempontból az első mutatkozik kedvezőbbnek.

Mindkét gyártási eljárással készült termék nagyon tiszta; 2–3% CaO szennyeződéssel kivül a többi szennyező elhanyagolható. Ahhoz, hogy üzemi kemencében zsugorítható legyen, Fe_2O_3 -t kell hozzáadagolni 6–8% mennyiségben.

Az így készült megegyezéstínterűt a rendes bázikus téglagyártási módszerrel dolgoztuk fel. A kapott kész termékek a külföldi megegyezéstínterből gyártott téglákkal megegyező fizikai ismérveket mutattak.

Fizikai adatai:

| | |
|-----------------------|------------------------------|
| Térfogatsúly | 2,80—2,88 g/ml |
| Vízfelvevőképesség | 7,30—7,40% |
| Látszólagos porozitás | 20,00—22,00% |
| Nyomószilárdság | 500—800 kg/cm ² |
| Lágyuláspont Ta | 1590—1740 $^{\circ}C$ |
| Te | 1760—1920 $^{\circ}C$ felett |

4.62 Kémiailag kötött magnezit

A gyártás azon az elven alapul, hogy a magnéziumoxid zsugorított állapotban is, magnézium- és egyéb sókban oldható. Szárítás után a téglák a magnéziumhidroxid tartalom kiválása folytán nagy szilárdságot nyernek. A kötés oka egyenlőre még kiderítetlen. Mivel szilárdsága a szállításhoz elegendő, a helyszínen kemencébe beépítve üzemközben ég ki. Az utózsugorodás csökkentésére krómérc, ferroszilikium, szilíciumkarbid adalék szolgál. A késztermék szilárdsága 500 $^{\circ}C$ és 1200 $^{\circ}C$ között alacsony, majd ismét emelkedik. Kitűnő nagy tömörségű téglát ad, amely a hőingado-

zást alacsony rugalmassági modulusa következtében jól bírja.

Fizikai adatai:

| | |
|-----------------------|----------------------------|
| Térfogatsúly | 2,80—2,90 g/ml |
| Vízfelvevőképesség | 4,00—7,00% |
| Látszólagos porozitás | 12,00—20,00% |
| Nyomószilárdság | 150—600 kg/cm ² |
| Lágyuláspont Ta | 1300—1500 $^{\circ}C$ |
| Te | 1500—1600 $^{\circ}C$ |

A viszonylag alacsony lágyuláspontnak nincs jelentősége, mivel kiégetve amúgy is az égetett téglák lágyuláspontja a mérvadó. Ugyanez vonatkozik a nyomószilárdsági értékre is.

4.63 Kémiailag kötött krómmagnezittégla

Gyártási alapelve azonos az előbb leírt kémiailag kötött magnezittéglaéval. Nyersanyaga krómérc örelemény, melynek kötése magnezitliszttel történik. Tulajdonságai hasonlóak a kémiailag kötött magnezithez, fizikai adatai is hasonló határok között mozognak, amit megmagyaráz a magnezitliszttel történő kötés és a kötőanyagok azonos természete és viselkedése.

4.64 Lemezburkolatú magnezit- és krómmagnezittégla

Tulajdonképpen kémiailag kötött magnezit és krómmagnezit, amit acéllemezburkolatba sajtolnak. Mivel a téglát csak szárítják, az acéllemez nem olvad meg. Sajtolása úgy történik, hogy az előre kisajtolt és fülekkel ellátott acéllemezburkolatot a sajtolóformába helyezik, a formát megtöltik, majd a sajtolást elvégzik. A szárítási hőmérséklet 100 $^{\circ}C$ körül van. A téglák előnye, hogy habarcs nélkül falazható, mert a lemez használat közben megolvad és a téglákat egymáshoz köti. Gyors javítást és építést tesz lehetővé. Hazai nagyüzemi gyártása a közeljövőben megindul. Fizikai adatai megegyeznek a kémiailag kötött magnezit és krómmagnezit már közölt adataival.

4.65 Forszterittégla

A forszterittégla főképpen $2MgO \cdot SiO_2$ -ből álló tűzállóanyag, amely a zsugorítás megkönnyítésére $MgO \cdot Fe_2O_3$ -at is tartalmaz. Hogy ennek olvadáspontcsökkentő hatását ellensúlyozzuk, mindig 10–20% MgO fölösleget alkalmazunk. Talakumból és magnezitliszttel szintetikus eljárással gyártjuk, míg külföldön, főleg olivin és dunit kőzetből készül. A nyersanyagot nagy finomságra történő együttes őrlés után tömbösítjük, majd 1500–1600 $^{\circ}C$ -on zsugorítjuk és zsugorítás után az ismert magnezitgyártási technológia szerint feldolgozzuk.

Fizikai adatai:

| | |
|-----------------------|----------------------------|
| Térfogatsúly | 2,30—2,60 g/ml |
| Vízfelvevőképesség | 8,00—10,00% |
| Látszólagos porozitás | 20,00—22,00% |
| Nyomószilárdság | 200—400 kg/cm ² |
| Lágyuláspont Ta | 1450—1540 $^{\circ}C$ |
| Te | 1560—1600 $^{\circ}C$ |

A téglák kémiai ellenállóképessége általában gyengébb, mint a magnezittéglaé, viszont cementipari kemencék átmeneti zónájában a samottéglaéhoz viszonyítva kedvezőbb eredmények várhatók.

(Egyes kohászati salakokkal szemben jobban ellenáll, mint a szilikatégla, ezért ennek pótlására is számba jöhet.)

4.7 Dolomit gyártmányok

A dolomit hazánkban nagy mennyiségben fordul elő, ezért előnyösen használható, mint a tűzállóipari gyártmányok nyersanyaga. Zavaró hatású a dolomit égetésénél keletkező CaO, mert levegőn állva légköri nedvességet vesz fel és a keletkező kalciumhidroxid a terméket szétrombolja. Két lehetőség is van, a CaO káros hatásának megszüntetésére. Az első, hogy a CaO-t valamilyen stabil vegyület formájában lekötjük, a másik, hogy megfelelő védőréteggel vonjuk be a téglá felületét, illetve a dolomitszemcséket.

4.71 Stabilizált dolomittégla

Stabilizálásra, mint általában, mi is SiO₂-t használunk, amely a CaO-t 3CaO·SiO₂ formájában leköti. Az így kapott termék főként 3CaO·SiO₂, 2CaO·SiO₂ és MgO-ból áll. Mindig szükség van megfelelő mennyiségű olvadásianyag jelenlétére, hogy a stabilizáló reakciók végbemenjenek. Dolomithból magnéziumszilikát közet, pl. talkum vagy serpentin adalékkal gyártjuk. A nyersanyagokat finoman megőröljük, majd a megfelelő arány beállítása után 1600 C° körül kiégetjük. A kapott klinkert megőröljük, majd a magnezit-tégla gyártásánál szokásos módon feldolgozzuk. A kész termék kémiai behatásokkal szemben lényegesen kisebb ellenállóképességet tanúsít, mint a magnezit. Ennek oka a trikalciumszilikát nagyobb reakcióképességében rejlik.

Fizikai adatai:

| | |
|-----------------------|-----------------------------|
| Térfogatsúly | 2,70—2,80 g/ml |
| Vízfelvevőképesség | 6,00—8,00% |
| Látszólagos porozitás | 18,00—22,00% |
| Nyomószilárdság | 600—1200 kg/cm ² |
| Lágyuláspont Ta | 1540—1610 C° |
| Te | 1630—1670 C° |

4.72 Félstabil dolomittégla

Félstabil dolomittéglának nevezzük az olyan dolomithból előállított tűzállótéglát, amely bár jelentős mennyiségű szabad CaO-t tartalmaz, a hidratáció csökkentésére azonban védőanyaggal van bevonva. Az általunk kidolgozott gyártási eljárás szerint gipsz, vagy konyhasó adalékkal a nyersdolomithot finom őrlés és tömbösítés után 1600—1700 C°-on kiégetjük. A kapott klinkert megőröljük, organikus kötőanyag hozzáadásával le-sajtoltjuk, majd rögtön kemencébe téve, ismét 1600—1700 C°-on kiégetjük. A kész téglákat vízmentes kátránnyal, vagy paraffinnal bevonjuk. A téglá salakoknak és magas hőmérsékletű igénybevételeknek kitűnően ellenáll; irodalmi adatok szerint sokszor még a magnezitnél is jobb ellenállóképességet tanúsít. Az általunk előállított téglákat maximum három hónapig lehetett beépítés előtt raktáron tartani.

Nagyüzemi előállításához a megfelelő műszaki követelményekkel bíró égetőkemencét még ki kell dolgozni, gyártása addig sajnos nem valószínűsíthető meg.

Fizikai adatai:

| | |
|-----------------------|------------------------|
| Térfogatsúly | 2,80 g/ml |
| Vízfelvevőképesség | 8,00% |
| Látszólagos porozitás | 23,00% |
| Nyomószilárdság | 600 kg/cm ² |
| Lágyuláspont Ta | 1680 C° |
| Te | 1840 C° |

5. Hazai nyersanyagok felhasználása

5.1 Samott-gyártmányoknál

5.11 Petényi agyag

Hazai samott nyersanyagaink között a legfontosabb agyagfajta. Számos előnyös tulajdonsága van. Szinterelő képessége kitűnő, tömörsége nagy, a belőle készült téglá gázáteresztőképessége csekély. A megfelelően válogatott agyag plasztikus, jól megmunkálható. A finomkerámia nagy mennyiségben használja, ezért a tűzállóipar csak az olyan, viszonylag rossz minőségű agyagot kapja, amelyet nem tud a finomkerámia felhasználni.

A petényi agyag nemesítését a Bányászati Kutató Intézetben Halász András és munkatársai dolgozták ki. Sikerült a homok és piritiszennyeződést eltávolítani egyúttal a Seger-kúp olvadáspontot is 2—3 Sk-val emelni. A petényi agyag égetés hatására történő változását, fizikai adatait szemlélteti az alábbi 2. és 3. táblázat.

2. táblázat

Petényi agyag változása az égetési hőmérséklet függvényében

Őrlési finomság: 60 mikron alatt 98%.
Nedvesség: 28%.

| Égetési hőfok | Összes zsugorodás | Térfogat-súly | Víz-felvevő képesség | Látszólagos porozitás |
|---------------|-------------------|---------------|----------------------|-----------------------|
| C° | % | g/ml | % | % |
| 1000 | 10,0 | 1,99 | 9,35 | 18,60 |
| | 12,0 | 1,91 | 7,65 | 14,60 |
| 1100 | 12,0 | 2,10 | 3,37 | 7,06 |
| | 12,0 | 2,19 | 1,34 | 2,94 |
| 1200 | 12,0 | 2,17 | 1,03 | 2,23 |
| | 12,5 | 2,14 | 1,37 | 2,93 |
| 1300 | 15,0 | 2,12 | 0,59 | 1,25 |
| | 13,0 | 2,12 | 0,58 | 1,22 |
| 1400 | 14,0 | 1,91 | 2,05 | 3,82 |
| | 12,0 | 1,88 | 2,27 | 4,27 |
| 1500 | 10,0 | 1,80 | 9,75 | 17,50 |
| | 10,0 | 1,80 | 10,40 | 18,70 |

3. táblázat

Nemesített petényi agyag változása az égetési hőmérséklet függvényében

| Égetési hőfok | Összes zsugorodás | Térfogat-súly | Víz-felvevő képesség | Látszólagos porozitás |
|---------------|-------------------|---------------|----------------------|-----------------------|
| C° | % | g/ml | % | % |
| 1000 | 10,8 | 2,25 | 3,61 | 8,14 |
| | 13,2 | 2,21 | 3,57 | 7,89 |
| | 13,2 | 2,21 | 2,37 | 5,25 |
| 1100 | 12,0 | 2,12 | 5,88 | 12,48 |
| | 12,0 | 2,18 | 5,86 | 12,80 |
| | 12,0 | 2,10 | 5,28 | 11,10 |
| 1200 | 12,0 | 2,13 | 5,29 | 11,28 |
| | 12,0 | 2,15 | 5,86 | 14,11 |
| | 10,8 | 2,10 | 5,95 | 12,50 |
| 1300 | 12,4 | 2,08 | — | — |
| | 10,8 | 2,14 | — | — |
| | 13,0 | 2,20 | — | — |
| 1400 | 13,6 | 2,08 | 1,17 | 2,44 |
| | 12,0 | 2,07 | 2,11 | 4,36 |
| | 10,0 | 2,06 | 1,77 | 3,66 |

A táblázatok jól szemléltetik, hogy már 1000 C°-on alacsony vízfelvevőképességű, nagy tömörségű termék keletkezik. Gázáteresztőképessége majdnem nulla.

Ez adja meg a magyarázatát, hogy salakoknak és olvadékoknak miért áll ellen olyan jól a petényi agyagból készült téglá. Érdekessége, hogy lágyuláspontja magasabb, mint az azonos tűzállóságú külföldi agyagból készült árué. A már leírt tulajdonságai miatt samott kádkövek gyártásához kitűnően használható.

5.12 Bajnai agyag

A petényi agyagkészlet kimélése miatt más hazai tűzállóagyagot is be kell vonni a tűzálló nyersanyagok közé. A bajnai agyag bár alacsony tűzállóságú a kevésbé igényes minőségű tűzálló anyagok gyártásához jól felhasználható. Olyan helyekre, ahol más tűzállóanyagok túlméretezettek lennének, kitűnően megfelel. Elsősorban kályhabetétnak, és acélgyári öntőcsarnoki anyagok gyártásához jön számításba. A bajnai agyag égetés hatására történő változását szemlélteti az alábbi 4. táblázat.

4. táblázat

Bajnai agyag változása az égetési hőmérséklet függvényében

Nedvesség 25%.

Száradási zsugorodás 7,2%.

| Égetési hőfok | Összes zsugorodás | Térfogat-súly | Víz-felvevő képesség | Látszólagos porozitás |
|---------------|-------------------|---------------|----------------------|-----------------------|
| C° | % | g/ml | % | % |
| 1000 | 11 | 2,07 | 6,41 | 13,25 |
| | 11 | 1,99 | 5,32 | 10,60 |
| | 11 | 2,04 | 5,40 | 11,00 |
| 1100 | 11 | 2,00 | 5,12 | 10,24 |
| | 11 | 2,04 | 2,04 | 4,16 |
| | 11 | 1,98 | 2,00 | 3,96 |
| 1200 | 10 | 1,95 | 9,83 | 19,15 |
| | 10 | 1,87 | 8,86 | 16,55 |
| | 10 | 1,93 | 8,20 | 15,81 |
| 1300 | Duzzadt | 1,43 | 6,68 | 9,55 |
| | Duzzadt | 1,45 | 5,08 | 7,35 |
| 1400 | Duzzadt | 1,47 | 12,91 | 19,00 |
| | Duzzadt | 1,52 | 11,75 | 17,85 |
| | Duzzadt | 1,50 | 8,00 | 12,00 |

A táblázat jól szemlélteti, hogy a bajnai agyag maximális égetési hőmérséklete 1100 C°, eelőtt már valószínűleg a bennlévő szulfátok bomlása miatt duzzadni kezd. Az ebből készült téglá Sk 4-en égetve alacsony gázáteresztőképességet tanúsít, ezért mérsékelt termikus igénybevételnél a salakoknak jól ellenáll. A bajnai agyagból készült téglák lágyuláspontja sajnos alacsony: 1250—1300 C° között van.

5.13 Tűzálló homok

A külföldről származó égetett agyag pótlására használjuk. Megfelelő alacsony tűzállóságú agyagok felhasználásával jó minőségű tűzállótermék készíthető. Természetesen, csak alacsony igénybevételű helyekre jöhet számításba. Elsősorban kályhabetélapok készítésére és savanyú öntőcsarnoki kövek gyártásához lehet felhasználni.

5.14 Szegi kaolin

A szegi kaolin égetés után magas igénybevételű helyekre jól használható soványítóanyag. Égetése egymagában nem ad megfelelő tömörségű terméket, ezért petényi agyaggal keverve kell előkészíteni. 10—15% petényi agyaggal már jól használható, megfelelő vízfelvevőképességű égetett agyag készíthető.

5.15 Sárospataki kaolinkő

A szintetikus mullit egyik alapanyagául szolgál. Csak magas hőmérsékleten készíthető belőle megfelelően alacsony vízfelvevőképességű, tömör termék. Ezért jól használható mullit gyártáshoz, mivel a téglák égetéskor nem deformálódnak, és nem sünek össze.

A sárospataki kaolinkő égetés hatására történő változását szemlélteti az alábbi 5. táblázat.

5. táblázat

Sárospataki kaolin változása az égetési hőmérséklet függvényében

| Égetési hőfok | Összes zsugorodás | Térfogat-súly | Víz-felvevő képesség | Látszólagos porozitás |
|---------------|-------------------|---------------|----------------------|-----------------------|
| C° | % | g/ml | % | % |
| 1000 | 2,00 | 1,45 | 30,20 | 43,70 |
| | 4,00 | 1,42 | 32,30 | 45,80 |
| 1100 | 2,00 | 1,44 | 30,10 | 43,40 |
| | 4,00 | 1,45 | 30,50 | 44,20 |
| 1200 | 3,20 | 1,36 | 34,20 | 46,60 |
| | 2,00 | 1,38 | 34,30 | 47,40 |
| 1300 | 10,00 | 1,60 | 34,00 | 56,00 |
| | 10,00 | 1,62 | 36,30 | 57,20 |
| 1400 | 13,00 | 1,91 | 6,75 | 12,90 |
| | | 1,92 | 6,85 | 13,10 |
| 1500 | 18,00 | 1,98 | 5,85 | 11,60 |
| | 24,00 | 1,98 | 6,45 | 12,80 |

Mivel egyrészt a kaolin tűzállósága alacsony — Sk 29 körül van — és nehezen égethető tömörre, másrészt pedig a finomkerámiai iparnak egyik fontos nyersanyaga, tehát nincs sok értelme annak, hogy más tűzálló terméket készítsenek belőle.

5.16 Rioltitufa

Hazai tűzálló nyersanyagaink között fontos szerep vár a tokaj-hegyaljai rioltitufákra. Nagy mennyiségben fordulnak elő, vastartalmuk alacsony, megfelelő technológiával feldolgozva jó minőségű, magas lágyuláspontú terméket adnak. A rioltitufák tűzállóipari felhasználását Sövegjártó oldotta meg.

A rioltit egyrészt szélsőséges finomságra őrlik, majd agyagkötéssel téglává dolgozzák fel. A belőle készült téglá érdekessége, hogy mullittartalma mikroszkóp alatt jól kivehető, nagyméretű kristályok formájában jelentkeznek. Bár tűzállósága alacsony, lágyuláspontja a fenti technológia szerint járva el, magas értéket ad.

Ennek ellenére a rioltitufák ipari felhasználása csak hőszigetelő samot-gyártmányok formájában történik, aminek oka az, hogy egyenletes minőségű rioltitufa nem áll megfelelő mennyiségben rendelkezésünkre. Geológusainkra vár a feladat,

hogy kutatásaikkal a megfelelő egyenletes minőségben és nagy mennyiségben biztosítsák ezt a jó nyersanyagot a tűzállóipar részére.

5.17 Bauxitcement.

Hazánk bauxitban nagyon gazdag, az utóbbi években mégsem készítenek bauxitcementet. Tűzállóipari célokra szükség lenne a gyártás megindítására, hogy hazai kötőanyag készletünket kíméljük. Ilyen célokra a szokásosnál magasabb, 40–70% közötti Al_2O_3 tartalommal kell készíteni.

A vastartalmat, amely a bauxitcementben nagy mennyiségben van jelen, oly módon lehetne kiküszöbölni, ha a bauxit kohósítását ismét megkezdénék. Ez egyúttal igen jó minőségű nyersvas termelését is lehetővé tenné.

A bauxitcementtel szemben fennálló aggályoknak, melyek miatt a gyártását abba hagyták, tűzállóipari felhasználás esetén természetesen nincs jelentőségük.

5.2 *Magnezit-gyártmányokhoz felhasználható alapanyagok*

5.21 Talkum

A Felsőcsatáron talált talkumot a tűzállóipar kétféle célra használja, éspedig: forszterit és stabilizált dolomittégla gyártásához. A forszteritgyártáshoz felhasznált talkummal szemben aránylag kevés igényt támasztunk, mivel az Fe_2O_3 -tartalom 6–8% mennyiségig nem okoz zavart.

Csupán az Al_2O_3 -tartalom minél alacsonyabb szinten való tartása kívánatos, hogy a lágylúási

tulajdonságok minél kedvezőbbek legyenek. Maximum 2–4% engedhető meg.

A stabilizált dolomithoz felhasznált talkummal szemben támasztott követelmények sokkal szigorúbbak. Az alacsony Al_2O_3 -tartalom mellett alacsony, legfeljebb 2–3% a megkívánt Fe_2O_3 -tartalom.

A felsőcsatári talkum e kívánalmaknak meg is felel és az azzal készített stabilizált dolomittégla ismérvei kielégítőek.

5.22 Dolomit

Hazánk dolomitban nagyon gazdag; a kőzet kitűnő minőségű és megközelíti az elméleti összetételt.

Szintetikus magnezit-gyártás az egyik legfontosabb alkalmazási területe a dolomit tűzállóipari célokra való felhasználásának. Ehhez különösen fontos a nagy tisztaság és a magas MgO-tartalom.

Magnéziumkloridos gyártási eljárások esetén a SiO_2 - és R_2O_3 -szennyeződéssel sok CaO kerül a téglába, ami az olvadásmennyiséget nagyon megnöveli. A magnéziumhidrokarbonátos módszerrel előállított szintetikus magnezit gyártásánál ezeket a szennyezéseket számításán kívül lehet hagyni, mivel a $CaCO_3$ -csapadékkal együtt eltávolíthatók.

Stabil és félstabil dolomittéglánál csupán a magas R_2O_3 -tartalom hat zavarólag. Szerencsére hazai dolomitjainkban ezek mennyisége az 1%-ot ritkán haladja meg.

Számbajöhető dolomitjaink közül a fontosabbak kémiai összetétele a következő:

6. táblázat

| | | Izz. veszt. | SiO_2 | Al_2O_3 | Fe_2O_3 | CaO | MgO |
|---------------------|---|-------------|---------|-----------|-----------|-------|-------|
| Lillafüred | % | 47,10 | 0,16 | — | 0,47 | 30,95 | 22,19 |
| Szín | % | 46,45 | 0,64 | — | 1,68 | 30,38 | 21,03 |
| Pilisvörösvár | % | 45,20 | 0,84 | 0,20 | 1,02 | 30,64 | 22,30 |

Kísérleteinkhez elsősorban pilisvörösvári mállott dolomitot használtunk fel, amelynél az előzetes aprítás elmarad, és csupán finomörlés szükséges.

6. Újabb felhasználási területek

Legegyszerűbb, ha ezeket a felhasználó iparáganként vesszük sorra, kohászati felhasználások kivételével.

6.1 Cementipar

Forgókemencék bélelésére az átmeneti zóna részére forszterit- és timfölddús samott-féleségek jönnek számításba. A két féleség között a tartósság és az ár dönti el, hogy melyik kerüljön felhasználásra.

A zsurgító zóna bélelésére kémiaileg kötött magnezit alkalmas; remélhetőleg növelni lehet a bélés tartósságát. Hőszigetelő samott-gyártmányok felhasználására kazánoknál kerülhet sor. Rendkívül magas igénybevételi helyekre, pl. forgókemencék kónuszába, szinterkorund-téglák jöhetnek számításba. Ezeknek egyenletes struktúrája

jó ellenállóképességet biztosít. Magas árak miatt használatuk csak jó tartósság esetén lesz kifizetődő.

Lemezburkolatú magnezittéglák a javítás meggyorsítását teszik lehetővé, feltéve, hogy a kémiaileg kötött magnezittéglák elég tartósnak bizonyulnak.

Mészégető aknakemencék falazására ezidő szerint a korundos samott-tégla vált be legjobban. Magas ára miatt azonban beépítése csak ott indokolt, ahol a szokásos falazat rossz tartósságot mutat. Olcsóbb timfölddús és szillimamit-tégla használata esetleg szintén kielégítő eredményt biztosíthat.

6.2 Üvegipar

Az üvegipar számára nagy fejlődési lehetőséget kínálnak az új tűzálló-gyártmányok. Hidraulikusan sajtolt samott- és kianitos kádkövek faragás nélkül jól záródó fugákkal könnyen illeszthetők össze.

Üvegszállhúzó berendezéseknél jól beváltak a szintetikus mullitból készült húzókályhák; ha-

sonló célokra tehát nincs különösebb akadály a szintetikus mullit felhasználásának.

Égőkhöz jól használhatók a korundadalékos téglák. A szintetikus magnezit gyártása lehetővé fogja tenni, hogy a fenék burkoláshoz alacsony vas-tartalmú magnezit-téglát használjanak és így a fenék tartósságát növeljék. Jelenleg is rendelkezésünkre áll alacsony vastartalmú kínai magnezit, amelyből a kísérletek esetleg elvégezhetők. Ezeknél a tégláknál a vasoxidtartalom 4—5%, a kohászati célokra használt 6—8%-kal szemben. A Radex Rundschau ez évi I. számában ismertet egy ilyen vizsgálatot, amely jó eredménnyel zárult.

Kémiaileg kötött magnezit jól felhasználható a kádkemencék regenerátor kamráinak boltozatába és ráctéglaként. Nyilvánvaló, hogy bázikus tűzállóanyagot az alkáli gőzök kevéssé fogják megtámadni, miáltal a normális üzemmenet lényegesen hosszabb ideig biztosítható. Boltozati téglának jól használható a lemezburkolatú magnezit-tégla is.

Úgy a bauxitcementtel, illetve alumíniumcementtel készült tűzállóbeton, mint a hőszigetelő riolitos samott-tégla mindkét iparágban jól hasz-

nálható. Ezekon kívül téglagyári és finomkerámiai kemencék alacsonyabb igénybevételű helyein is jó szolgálatot tehetnek.

IRODALOM

Abbey, R. G.: Basische feuerfeste Materialien in der Glasindustrie. Radex Rundschau, 1952 7. sz. 275—283. old.

Budnikow, P. P.: Technologie der keramischen Erzeugnisse.

Guss, S.: Magnesit in Glaswannen. Radex Rundschau, 1955 1. sz. 320—327. old.

Sövegjártó J.: Bázikus tűzállóanyagok. Mérnöki Továbbképző Intézet, 1953.

Sövegjártó J.: Különleges tűzállóanyagok gyártástechnológiája. Mérnöki Továbbképző Intézet, 1953.

Sövegjártó J.: A tűzállóanyagipar hazai nyersanyagainak egyes kérdései. Építőanyag, 1952 67—70. oldal.

Sövegjártó J.: Tűzállótéglák magas hőmérsékleti szilárdsági viselkedése és korróziója. Építőanyag, 1954 55—63. oldal.

Swain, S. W.: Select refractories for the job they must do. Brick and Clay Record, 1954 jan. 94—109. oldal.

Szokolov, A. Sz.: Cementipari forgókemence belés tartósságnövelésének módszerei. É. M. Építőipari Könyvkiadó, 1952.

Néhány szempont a gyorségetés vizsgálatánál

BRÉDA GYULA

E. Schmidt és E. Helweg a hővezetés általános differenciál egyenletének a tolokemencékben történő vastömbök felmelegítésére vonatkozó megoldása alapján vizsgáljuk a kerámiai anyagok felmelegedésénél keletkező hőmérsékleteloszlást.

Meghatározzuk a hőmérsékleteloszlás hatására az anyag vastagsága mentén keletkező húzó-nyomó és csúsztató feszültségek jellegét, valamint az anyagra jellemző megengedhető legnagyobb hőfokkülönbséget.

Az elmúlt néhány évben megjelent folyóiratokban és tanulmányokban egyre többet találunk a gyorségetés problémájával. Az erre vonatkozó vizsgálatok eredményeiből arra lehet következtetni, hogy a jövőben ez lesz a teljesítmény fokozás egyik legfontosabb eszköze. Az eddigi vizsgálatok főleg hőgazdasági szempontból mutatnak fel eredményeket, de nem foglalokoznak azzal az igen fontos szemponttal, hogy a melegítés hatására az anyagban milyen feszültségek keletkeznek. Így a vizsgálatok szükségképpen oda vezetnek, hogy csak a gyorségetés lehetőségeit kutatják fel, tehát azt, hogy miként lehet a gyorsabb melegítést biztosítani az áru és a kemence geometriai méreteinek összhangba hozásával, a kemence atmoszféra összetételével, a rakásmóddal stb. Továbbá nem döntenek el konkrétan a gyorségetés lehetőségének határát sem. Kívánatosnak mutatkozik ezért a gyorségetés lehetőségének határát valamilyen számszerű összefüggés segítségével meghatározni. Ehhez a meghatározáshoz önként adódnak a szilárdságtan tételei.

Ha egy testet melegítünk, akkor a hőhözvezetéstől függően a test belsejében hőmérséklet-

különbségek keletkeznek. A hőmérsékletkülönbségek a testben feszültségi állapotot idéznek elő, amely a szilárdságtan tételeivel elemezhető. Rugalmas alakváltozás esetén ugyanis a melegítés hatására a testben keletkező hőmérsékletkülönbség és a húzó, illetve nyomó feszültségek között a Hooke törvény értelmében egyértelmű összefüggés áll fenn. Vagyis

$$\sigma = \alpha E \Delta\theta \quad (1)$$

ahol α = a test lineáris hőtágulási együtthatója

E = a test rugalmassági modulusa

$\Delta\theta$ = a melegítés hatására a testben kialakult hőmérsékletkülönbség.

Az anyagban keletkező hőmérsékletkülönbség viszont a felületi hőterheléstől és az áru vastagsától és végül a test hővezetési tényezőjétől függ.

Az (1) egyenlet értelmében a gyorségetés vizsgálata egyrészt a hőmérsékleteloszlás, másrészt az egyenlőtlen hőmérsékleteloszlásból keletkező feszültségi állapot elemzését teszi szükségessé a testben.

Az (1) egyenletből következik, hogy ha a testre jellemző σ_m , továbbá α lineáris hőtágulási együttható és E rugalmassági modulus ismert, akkor meghatározható a testre ugyancsak jellemző maximális hőmérsékletkülönbség $\Delta\theta_m$, amely a testben létrejöhet anélkül, hogy abban az égetés folyamán repedés (szakadás vagy törés) keletkezne.

A $\Delta\theta$ azonban a felületi hőterhelés függvénye így egy bizonyos áru fajtára és vastagságra meg-

határozható az a maximális felületi hőterhelés, amely mellett az áru még nem reped meg. Ennek a megállapításnak azonban messzebbmenő jelentősége van, mert a felületi hőterhelés maximális értékéből már számításokat végezhetünk a kemenceatmoszférára, a kemence szerkezetére, és a tüzelés rendszerére. Ha valamely anyagra nagy felületi hőterhelés adódik, ez azt jelenti, hogy az anyag felett nagy füstgázrétegvastagság kívánatos és olyan fűtőanyag, amelynek égéstermékében a CO_2 és a H_2O koncentráció nagy (a füstgázréteg feketeségi fokának növelése). Kívánatos továbbá, hogy a kemence belső sugárzó felülete lehetőleg nagy legyen az áru felületéhez képest. (Keresztmetszetszámviszony q növelés).

Hőmérsékleteloszlás az anyagban

Valamely testben a hőmérséklet időbeli és térbeli változása között az összefüggést a hővezetés általános Fourier-féle differenciál egyenlet mondja ki.

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = a \left[\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial z^2} \right] \quad (2)$$

A kemencékben általában a hossz mentén tetszőleges útszakaszon vizsgáljuk a hőmérséklet eloszlását a rakomány felülete mentén és annak keresztmetszetében. Ha a rakomány a kemencében w sebességgel halad, akkor a hővezetés általános differenciál egyenletébe az idő és a sebesség között fennálló összefüggésből a $t = \frac{z}{w}$ helyettesíthető, ahol z az árunak a kemencében megtett útja. Behelyettesítés után a 2. egyenlet a következő alakot veszi fel:

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial \left(\frac{z}{w}\right)} = a \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial n^2} \quad *$$

azaz

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial z} = \frac{a}{w} \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial n^2} \quad (3/a)$$

Miután a kemence szélességében (vagy más esetben a téglá szélessége mentén) a hőközlés egyen-

letesnek tekinthető, azért ebben az irányban a hőmérsékletkülönbségek nem változnak, vagyis

$$\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial y^2} = 0 \quad (3/b)$$

Azonkívül valamennyi gyakorlati esetben a kemence hossza nagy a melegített test vastagságához képest, ezért a kemence hossza mentén a hőmérsékletkülönbségek változása elhanyagolható a test vastagsága irányában bekövetkezett változáshoz képest. Azaz

$$\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial z^2} \ll \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} \quad (3/c)$$

Igy a differenciál egyenlet a következő alakra egyszerűsödik

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial z} = a \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} \quad (3)$$

Ezt a differenciál egyenletet E. Schmidt és E. Helweg különféle felületi hőterhelési módokra oldotta meg. A kemencehossz mentén megoszló állandó felületi hőterhelésre a megoldást a következőkben adjuk:

A differenciál egyenlet megoldásának kezdeti és határfeltételei a következők:

1. A test egész keresztmetszetében egyenletes hőmérséklettel lép be a kemencébe, azaz $z = 0$ esetben $\vartheta = \vartheta_0$.

2. A melegítendő anyag alsó felületén sem hőközlés, sem hőelvonás nem történik, azaz az $x = 0$ helyen $\frac{\partial \vartheta}{\partial x} = 0$.

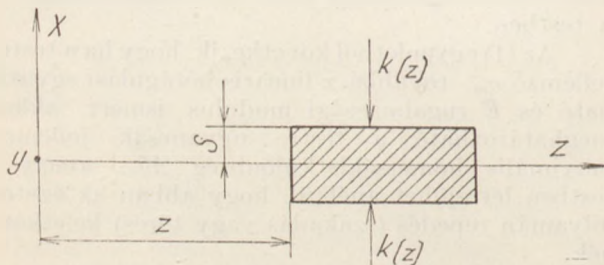
Ezt úgy lehet jól megközelíteni, hogy a két oldalról egyenlő mértékben fűtött testet gondolatban a középsíkban elmentszve képzeljük el, azaz a koordináta rendszer z tengelyét a szimmetriásíkba helyezzük a mellékelt ábra szerint. A koordináta tengely kezdőpontja egybeesik a kemence betoló végével.

3. Az anyag felső felületén a közölt hő a helynek a következőképp megadott függvénye:

$$x = S \text{ helyen a } \lambda \frac{\partial \vartheta}{\partial z} = f(z)$$

Állandó felületi hőterhelés mellett $f(z) = \text{konst} = k$ esetben a test keresztmetszete mentén a hőmérséklet eloszlására a megoldás a következő:

$$\vartheta = \frac{kS}{2\lambda} \left[\left(\frac{x}{S}\right)^2 + 2 \frac{az}{WS^2} - \frac{1}{3} - \frac{4}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{(-1)^m}{m^2} \cos m \frac{\pi}{S} x \cdot e^{-m^2 \pi^2 \frac{az}{WS^2}} \right] \quad (4)**$$



1. ábra

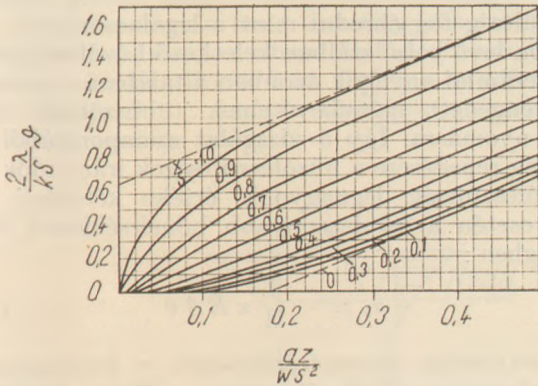
Ebben a kifejezésben az exponenciális rész $\frac{az}{WS^2}$ megfelelően nagy értéke mellett zérussá válik. A 2. ábrán látható diagrammból, amely a 4. képlet szerint a test különböző $\frac{x}{S}$ pontjának a

$$* \frac{\partial^2}{\partial n^2} = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

**Részletesen kifejtve: Forschung auf d. Gebiete d. Ingenieurwesens 1933. 238/248. oldal. E. Schmidt, E. Helweg.

felmelegedéseit $\frac{2\lambda}{kS} \cdot \theta$ ábrázolja az $\frac{az}{WS^2}$ függvényében, megállapítható $\frac{az}{WS^2}$ azon értéke, amely-nél az exponenciális tag zérus.

A diagramm szerint $\frac{az}{WS^2} > 0,3$ mellett az exponenciális tag elhanyagolható, miután a keresztmetszet bármelyik helyén a hőmérséklet eloszlás állandó állapotát értük el és a továbbiakban már a hőmérséklet a keresztmetszet minden



2. ábra. A keresztmetszet egyes pontjainak felmelegedése állandó felületi hőterhelés mellett

egy-egy pontján egyenletesen nő. Továbbá a $\frac{az}{WS^2} > 0,3$ szakaszon kialakult hőmérsékleti eloszlás képe a melegítés folyamán nem változtatja meg alakját, hanem a tolás irányában önmagával párhuzamosan eltolódik. A $\frac{az}{WS^2} > 0,3$ azt jelenti, hogy ha a felületi hőterhelés $z > 0,3 \frac{WS^2}{a}$ útszakaszon állandó, akkor a test keresztmetszetében a hőmérsékleteloszlásra a következő összefüggés érvényes:

$$\theta = \frac{kS}{2\lambda} \left[\left(\frac{x}{S} \right)^2 + 2 \frac{az}{WS^2} - \frac{1}{3} \right] \quad (5)$$

A hőmérsékleteloszlás tehát a test belsejében másodfokú parabola szerint történik. A testben keletkezett hőmérsékletkülönbség tetszőleges x távolságban; $x = x$ és $x = 0$ helyettesítésével és az így kapott két egyenlet egymásból való kivonása után,

$$\Delta\theta = \frac{kS}{2\lambda} \left(\frac{x}{S} \right)^2 \quad (6)$$

A leghidegebb és legmelegebb pont közötti hőmérsékletkülönbség pedig; $x = S$ és $x = 0$ helyettesítése után

$$\Delta\theta = \frac{kS}{2\lambda} \quad (7)$$

E. Schmidt és E. Helwegnek ez a megoldása azonban módot ad arra is, hogy az anyagban keletkező legnagyobb hőmérsékletkülönbségeket a felület kemencehosszmenti hőmérsékletkülönbségeivel határozhatjuk meg.

Ha ugyanis az (5) egyenletet z szerint differenciáljuk, akkor az alábbi összefüggést nyerjük:

$$\left(\frac{\partial \theta}{\partial z} \right)_{x=S} = \frac{ka}{W\lambda S} \quad (8)$$

Ezt az egyenletet bevihetjük a (7) egyenletbe

$$\Delta\theta = \frac{kS}{ka} \left(\frac{\partial \theta}{\partial z} \right)_{x=S} W\lambda S \quad (9)$$

Ha a $\left(\frac{\partial \theta}{\partial z} \right)_{x=S}$ helyébe a differenciák hányadosát helyettesítjük, akkor az anyagban keletkezett hőmérsékletkülönbség

$$\Delta\theta = \frac{WS^2}{2a\Delta z} (\Delta\theta)_{x=S} \quad (10)$$

Ha most $\Delta z = \frac{WS^2}{2a}$, akkor

$$\Delta\theta_{\text{anyagban}} = \Delta\theta_{\text{felületen}} \quad (11)$$

ami azt jelenti, hogy az anyagban keletkező maximális hőfokkülönbség egyenlő a felületnek a kemencehossz azon két pontja között mért hőfokkülönbségével, amelynek egymástól való távolsága

$$\Delta z = \frac{WS^2}{2a}$$

Ennek a kifejezésnek nagy jelentősége van, mivel ezzel az anyagban keletkező legnagyobb hőmérséklet differenciát közvetlenül a fűtött felületek mentén a hőmérsékleti értékek mérésével határozhatjuk meg. Általában az anyag legmelegebb és leghidegebb pontja közötti hőmérsékletkülönbség meghatározása lényeges, mert a legnagyobb feszültséget ez idézi elő. Ezt korlátozza az anyag megengedhető feszültsége σ_m . Ennek az összefüggésnek a segítségével tehát a legnagyobb hőmérsékletkülönbségeket az anyagban úgy határozhatjuk meg, hogy a kemence hosszát $\Delta z = \frac{WS^2}{2a}$ szakaszokra osztjuk és a szakaszhatárokon megmérjük az anyag felületének hőmérsékletét. A két hely közötti hőmérsékletkülönbség egyenlő a szakaszon belül az anyagban keletkező legnagyobb hőmérsékletkülönbséggel.

A differenciálegyenlet megoldása exponenciális törvény szerint megoszló felületi hőterhelés mellett

A felületi hőterhelés változása.

$$\lambda \left(\frac{\partial \theta}{\partial z} \right)_{x=S} = k_e e^{\pm qz} \quad (12)$$

Ha qz és $\left| \frac{qW}{a} S \right|$ 1-hez képest kicsi, aminek az a feltétele, hogy a felületi hőterhelés a kemencehossz mentén a középérték körül ne ingadozzék $\pm 30\%$ -nál jobban, továbbá az, hogy a melegítendő anyag hőmérséklet emelkedése az egész kemence mentén nagy legyen a melegítés végén az anyagban fenálló hőmérsékletkülönbséghez képest.

$$A \quad k_e e^{\pm qz} \approx k_e (1 \pm qz) \quad (13)$$

függvény az első változót tartalmazó sorával helyettesíthető, amely esetben a hőmérséklet eloszlására a megoldás:

$$\vartheta = \frac{k_s S}{2\lambda} \left[\left(\frac{x}{S} \right)^2 (1 \pm qz) + 2 \frac{az}{WS^2} \right] \quad (14)^*$$

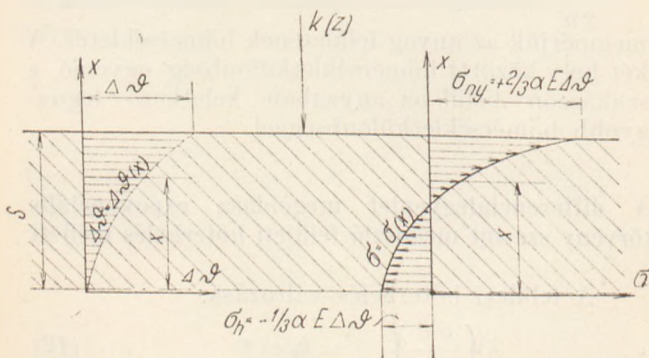
A (14) az előző esetben kapott megoldással közel azonos, eltekintve a $(1 \pm qz)$ faktortól, amelyben előző feltevésünk szerint qz az 1-hez képest kicsi.

Így bármilyen felületi hőterhelésgörbe szerint történő meleg hozzávezetés mellett számolhatunk az előző esetben nyert eredményekkel ha a kemence hosszát $\Delta Z \approx 0,3 \frac{WS^2}{a}$ szakaszokra osztjuk és ezen szakaszokon belül a felületi hőterhelés középértékével számolunk.

A melegítés hatására a testben keletkező feszültségeloszlás képe

A Hooke-féle törvény értelmében [(1) egyenlet] a feszültségeloszlás képe konform a hőmérsékletkülönbségnek a test keresztmetszet menti eloszlásával és attól csak az αE konstansok szorzatával különbözik. Azonban, míg a hőmérsékletkülönbségeknek a test keresztmetszet menti változását ábrázoló parabola csúcspontja egybeesik a koordináta rendszer kezdőpontjával, addig a feszültségeket ábrázoló parabolára ez nem áll fenn.

A test felmelegítésénél a külső rétegek nyomottak a belső rétegek pedig húzottak lesznek. A külső melegebb rétegek tágulását a belső alacsonyabb hőmérsékleten levő rétegek akadályozzák. Ebből a kölcsönhatásból a következik, hogy a külső szálak nem tudnak úgy tágulni, mint a hőtágulási együtthatójukból és a hozzá tartozó hőmérsékletkülönbségekből következnek és így itt nyomófeszültségek keletkeznek. A belső szálak



3. ábra. A hőmérsékletkülönbség és a σ feszültség változása a test keresztmetszetében állandó felületi hőterhelés esetén

pedig jobban kénytelenek tágulni, mint ahogy a hozzájuk tartozó lineáris hőtágulási együtthatóból és a hőmérsékletkülönbségekből következnek a külső jobban táguló rétegekből átadódó hatás következtében. Így ott húzó feszültségek ébrednek.

A tapasztalat szerint — egyenlő erős kétoldali fűtés mellett — a belső erők egyensúlyban vannak. A feszültségeket ábrázoló görbe pedig folytonos parabola, következésképpen a húzó feszültségek folytonos görbével mennek át a nyomó feszültségekbe. Lenni kell a keresztmetszet mentén olyan pontnak, ahol a σ feszültség zérus. Ez a pont a σ feszültség eloszlását ábrázoló parabola egyharmadában van a 3. ábra szerint. A feszültségparabola egyharmadában húzott x tengelytől a jobbra és balra eső területek egyenlők. Erről integrálással meggyőződhetünk.

A szélső szálban tehát kétszer akkora nyomófeszültség fog ébredni mint a legalacsonyabb hőfokon levő belső szálban keletkező húzófeszültség. A kerámiai anyagok azonban általában a húzásra megengedett igénybevételnek többszörösét bírják nyomásra. Így a vizsgálat szempontjából az anyag repedésére a húzófeszültségek irányadók. A húzófeszültség legnagyobb értéke kétoldali fűtés esetén a legalacsonyabb hőmérsékleten levő rétegben:

$$\sigma_k = -\frac{1}{3} \alpha E \Delta \vartheta \quad (15)$$

A maximális nyomófeszültségek a legmagasabb hőmérsékleten levő rétegekben a fűtött felületek mentén:

$$\sigma_{ny} = +\frac{2}{3} \alpha E \Delta \vartheta \quad (16)^*$$

A feszültségeknek a test keresztmetszete mentén való eloszlását pedig egy $\sigma = ax^2 - b$ alakú parabola ábrázolja, amelyben az egyes tényezőket az alábbi módon határozhatjuk meg:

Mivel (3. ábra szerint) $x = 0$ esetében σ -ra a (15) egyenletet kell kapnunk ezért,

$$b = \frac{1}{3} \alpha E \Delta \vartheta = \frac{1}{3} \alpha E \frac{kS}{2\lambda} \quad (17)$$

továbbá $x = S$ esetén σ -ra a (16) egyenlet eredményét kell kapnunk és ezért:

$$\sigma = +\frac{2}{3} \alpha E \frac{kS}{2\lambda} = aS^2 - \frac{1}{3} \alpha E \frac{kS}{2\lambda};$$

ebből

$$a = \frac{\alpha E k}{2\lambda S} \quad (18)$$

Így a feszültségek eloszlását a test keresztmetszete mentén az alábbi összefüggés határozza meg:

$$\sigma = \frac{\alpha E k}{2\lambda S} x^2 - \frac{1}{3} \frac{\alpha E k S}{2\lambda} \quad (19)$$

A tapasztalat szerint az anyagok akkor repednek meg, ha a húzó- vagy nyomófeszültség a tapasztalati úton meghatározott értéket σ_B meghaladják (amennyiben τ feszültségek nem keletkeznek). A De Saint Venant feszültségelmélet továbbá azokat a feszültségi állapotokat tekintti egyenértékűnek, amelyeknél a legnagyobb megnyúlás értéke — amelyet a σ feszültségek idéz-

* Részletezve: Forsch. auf. d. Geb. d. Ing. 1933 évf. 238/248. old.

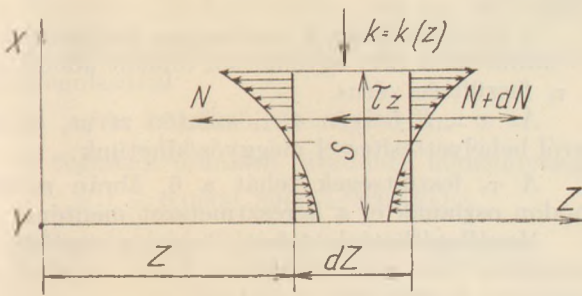
* A mínusz jellel húzó, a plusz jellel a nyomófeszültséget kívántuk jelölni.

nek elő — azonos. Ezek szerint a repedés szempontjából nem a feszültségeloszlás képe a döntő, hanem az a legnagyobb feszültség, amely a keresztmetszetben ébred.

A testben a melegítés hatására keletkező csúsztató feszültségek vizsgálata

A csúsztató feszültségek vizsgálatához határoljunk el a test haladási irányában (kemence hossza irányában) egy dz elemi hosszúságú kis hasábot (4. ábra) és vizsgáljuk a kis hasáb egyensúlyát.

A kis hasábra a fenti összefüggések szerint a melegítés hatására az ábrán látható erőrendszer hat. A z távolságban lévő $2y \cdot S$ síkban az erőrendszer eredője N a $z + dz$ távolságban levő síkban ható erők eredője pedig $N + dN$.



4. ábra

A szilárdságtan szerint a dN -nel a z tengellyel párhuzamos síkokban keletkező τ_z feszültségeknek kell egyensúlyt tartaniuk, azaz

$$dN = \tau_z \cdot dz \cdot (2y) \tag{20}$$

vagyis ;

$$\frac{dN}{dz} = \tau_z (2y) \tag{21}$$

A keresztmetszetre melőleges N a σ feszültségek eredője azaz

$$N = \int \sigma dF \tag{22}$$

mivel pedig

$$\sigma = \alpha E \Delta \vartheta_x = \frac{\alpha Ek}{2 \lambda S} x^2 - \frac{1}{3} \frac{\alpha EkS}{2 \lambda}$$

ezért

$$N = \int \frac{\alpha Ek}{2 \lambda S} x^2 dF - \int \frac{1}{3} \frac{\alpha EkS}{2 \lambda} dF = \frac{\alpha Ek}{2 \lambda S} \int x^2 dF - \frac{1}{3} \frac{\alpha EkS}{2 \lambda} \int dF \tag{23}$$

Az egyenletben azonban

$$\int x^2 dF = I_y$$

az xy sík másodrendű nyomatéka a z tengelybe eső y tengellyel párhuzamos tengelyre. Így N értékére végső fokon az alábbi eredményt kapjuk :

$$N = \frac{\alpha Ek}{2 \lambda S} I_y - \frac{1}{3} \frac{\alpha EkS}{2 \lambda} F \tag{24}$$

Már most a nyírófeszültségek egyrészről

$$\frac{dN}{dz} = \tau_z (2y)$$

Másrészről a (24) egyenlet differenciálása után

$$\frac{dN}{dz} = \frac{d}{dz} \left(\frac{\alpha Ek}{2 \lambda S} I_y - \frac{1}{3} \frac{\alpha EkS}{2 \lambda} F \right) = A \frac{dk}{dz} \tag{25}$$

A (25) egyenlet jobboldalán a $\frac{d}{dz}$ csak a k

felületi hőterhelésre vonatkozik miután függvénye az z -nek, $k = k(z)$ és a többi tényező mind z -től független állandónak tekinthető.

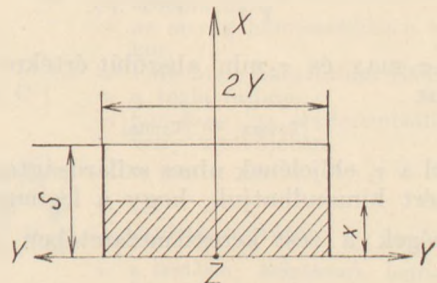
A (21) és (25) egyenletek összevetéséből

$$\tau_z (2y) = A \frac{dk}{dz} \tag{26}$$

A (26) egyenletből az következik, hogy a z tengellyel párhuzamos síkokban — és a dualitás elve értelmében az erre merőleges síkokban is — csak abban az esetben nem ébred τ_z feszültség, ha $\frac{dk}{dz} = 0$, azaz, ha a kemence hossza mentén a felületi hőterhelés állandó. A gyakorlatban hosszú időtartamú égetés mellett a felületi hőterhelésben nincs jelentősebb változás.

A csúsztató (τ) feszültségeknek a test vastagsága menti változásához írjuk fel részletesen a (26) egyenletet, azaz

$$\tau_z = \frac{1}{2y} \left(\frac{\alpha E I_y}{2 \lambda S} - \frac{1}{3} \frac{\alpha ES}{2 \lambda} F \right) \frac{dk}{dz}$$



5. ábra

Ebben az egyenletben I_y és F a következőképpen függ az x -től

$$I_y = \frac{(2y) \cdot x^3}{3}$$

és

$$F = 2y \cdot x$$

Helyettesítsük be ezeket az értékeket a τ_z egyenletébe kapjuk

$$\tau_z = \left(\frac{\alpha E}{2 \lambda S} \frac{x^3}{3} - \frac{1}{3} \frac{\alpha ES}{2 \lambda} x \right) \frac{dk}{dz} \tag{27}$$

Azaz, hogy a τ_z feszültségek harmadfokú parabola szerint oszlanak meg a test vastagsága mentén.

Differenciáljuk a (27) egyenletet x szerint és tegyük egyenlővé zérussal, hogy meghatározhassuk a τ_z feszültségek szélső értékeit, azaz

$$\frac{d\tau_z}{dx} = \left(\frac{3\alpha E x^2}{2\lambda S \cdot 3} - \frac{1}{3} \frac{\alpha ES}{2\lambda} \right) \frac{dk}{dz} = 0 \quad (28)$$

amelyből

$$x_{1,2} = \pm \frac{S}{\sqrt{3}} \quad (29)$$

Mivel a (27) egyenlet második differenciálhányadosa

$$\begin{aligned} \left(\frac{d^2 \tau_z}{dx^2} \right)_{x = \pm \frac{S}{\sqrt{3}}} &= \frac{2\alpha E}{2\lambda S} x = \frac{\alpha E}{\lambda S} \left(\pm \frac{S}{\sqrt{3}} \right) = \\ &= \pm \frac{\alpha E}{\sqrt{3}\lambda} \geq 0 \end{aligned} \quad (30)$$

a (27) egyenlettel meghatározott τ_z feszültségeknek $x_1 = -\frac{S}{\sqrt{3}}$ -nál maximuma, az $x_2 = +\frac{S}{\sqrt{3}}$ helyen pedig minimuma van. Ha az $x_1 = -\frac{S}{\sqrt{3}}$ és $x_2 = +\frac{S}{\sqrt{3}}$ behelyettesítjük a (27) egyenletbe kapjuk, hogy

$$(\tau_{z \max})_{x = -\frac{S}{\sqrt{3}}} = \frac{2\alpha ES^2}{18\sqrt{3}\lambda} \cdot \frac{dk}{dz} \quad (31)$$

és

$$(\tau_{z \min})_{x = +\frac{S}{\sqrt{3}}} = \frac{2\alpha ES^2}{18\sqrt{3}\lambda} \cdot \frac{dk}{dz} \quad (32)$$

A $\tau_{z \max}$ és $\tau_{z \min}$ abszolút értékre azonosak azaz

$$|\tau_{z \max}| = |\tau_{z \min}|$$

és mivel a τ_z előjelének nincs szilárdságtani jelentése, ezért kimondhatjuk, hogy a legnagyobb τ_z feszültségek a test keresztmetszetében $\pm \frac{S}{\sqrt{3}}$

távolságban ébrednek. Ahol azonban a τ_z feszültségnek maximuma van ott a σ feszültségeknek minimuma kell, hogy legyen. Ez a feltétel is teljesül, mert ha a (19) egyenletbe $\sigma = 0$ behelyettesítünk

$$\sigma = \frac{\alpha Ek}{2\lambda S} x^2 - \frac{1}{3} \frac{\alpha E k S}{2\lambda} = 0$$

és x -re megoldjuk

$$x_{1,2} = \pm \frac{S}{\sqrt{3}}$$

kapunk. A 3. ábrán látható feszültségparabola tehát ott metszi az x tengelyt, ahol a τ_z feszültséget ábrázoló harmadfokú parabolának maximuma van.

Megvizsgáljuk még a keresztmetszetnek azt a két pontját, ahol a σ feszültségek maximumot érnek el. Ez a két hely az $x = 0$ és $x = S$ helyen van.

A húzófeszültségek maximuma helyén $x = 0$ — amint az a (27) egyenletből önként adódik — a τ_z feszültség zérus.

Az $x = S$ helyén a τ_z szintén zérus, amint arról behelyettesítéssel meggyőződhetünk.

A τ_z feszültségek tehát a 6. ábrán rajzolt módon oszlanak el a keresztmetszet mentén.

Megállapíthatjuk tehát, hogy a testben a melegítés folyamán általában húzó, nyomó és csúsztató feszültségek ébrednek.

Alagút- és körkemencékben, ahol a felületi hőterhelés a kemence hossza mentén nem változik lényegesen, a csúsztató feszültségek elhanyagolhatók. Ilyen esetben a melegítés hatására a testben kialakuló feszültségek szempontjából a legveszélyesebb hely a test legmelegebb és leghidegebb helye.

Gyorségetésnél, mivel az mindig nagy felületi hőtermelés változással van összefüggésben, jelentős csúsztató feszültségek keletkezése várható. Ez esetben a csúsztató feszültségek veszélyesebbek lehetnek a test szempontjából, mint a σ feszültségek, miután az anyagok általában fele akkora igénybevételt bírnak ki τ feszültségekre, mint σ feszültségekre azaz $\tau_{meg} \approx 0,5 \sigma_{meg}$.

Állandó felületi hőterhelés melletti gyorségetésnél a hőátadás nagyságára csak az anyagra jellemző megengedhető húzófeszültségek σ_m irányadók.

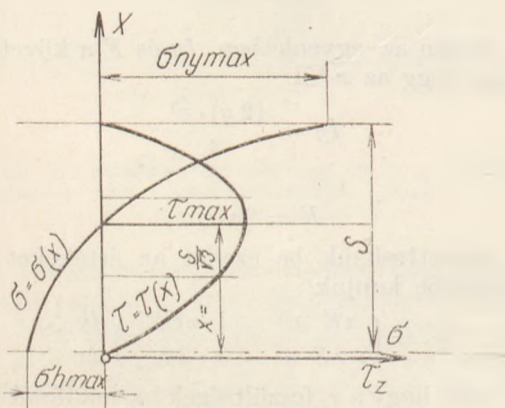
A gyorségetés határsebességének a számszerű megállapításához csak azokat az anyagjellemzőket kell kísérleti úton meghatározni, amelyek a fentiekben kapott egyenleteinkben szerepelnek, tehát

- α = az égetendő áru lineáris hőtágulása
- E = az égetendő áru rugalmassági modulusa
- σ_{-B} = az égetendő áru szakító szilárdsága
- σ_{+B} = az égetendő áru törő szilárdsága.

Példa :

Milyen gyorsan lehet egy kiégetett téglát felmelegíteni, amelyeknek :

$$\alpha = 5,75 \cdot 10^{-6} \text{ cm/cm}^\circ \text{ zsíros égetett agyag (D'Ams Lax.)}$$



6. ábra. A σ és τ feszültségek megoszlása a keresztmetszet mentén

$E = 93\,000 \text{ kg/cm}^2$ (Műszaki táblázatok. Sárközi)

$\sigma_{-B} = 20 \text{ kg/cm}^2$ (Műszaki táblázatok. Sárközi)

$\sigma_{+B} = 150 \text{ kg/cm}^2$ (Műszaki táblázatok. Sárközi)

$\lambda = 0,6 \text{ kal/mó } C^\circ$ (Középérték).

A téglában megengedhető legnagyobb hőmérsékletkülönbség (15. egyenlet szerint):

$$\Delta\theta_{\max} = \frac{3 \sigma_B}{\alpha E} = \frac{3 \cdot 20 \cdot 10^6}{5,75 \cdot 9,3 \cdot 10^4} = 112 \text{ }^\circ$$

A felületi hőterhelés legnagyobb értéke pedig [(7) egyenlet szerint]:

$$\dot{k} = \frac{2 \lambda \Delta\theta_{\max}}{S} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 112}{0,035} = 3840 \text{ kal/m}^2\text{ó}$$

A téglának 1000 ° való felmelegítéséhez szükséges kőmennyiség

$$Q = G \cdot c \cdot \theta = 3,2 \cdot 0,27 \cdot 1000 = 865 \text{ kal/db tégl.}$$

A tégl. felülete a homlok- és oldalfelületek elhanyagolásával

$$f = 2 \cdot 0,25 \cdot 0,12 = 0,0600 \text{ m}^2$$

A téglának óránként átadható hőmennyiség

$$k \cdot f = 0,0600 \cdot 3960 = 238 \text{ kal/ó}$$

A legrövidebb felmelegítési idő pedig

$$t = \frac{Q}{k \cdot f} = \frac{865}{238} = 3,64 \text{ óra}$$

Ha tehát a melegítési idő $t \geq 3,7$ óra, akkor a fenti anyagjellemzőkkel megadott tégl. repedésmentesen melegíthető fel. Amennyiben a tégl. összfelületét vesszük figyelembe a hőközlés szempontjából, akkor a legrövidebb melegítési idő $2,00$ óra.

Összefoglalás

A testek felmelegítési sebességének megállapításához, a melegítés hatására kialakult hőmérsékletkülönbségek és az általuk okozott húzó-nyomó, illetve csúsztató feszültségek vizsgálata szükséges. E. Schmidt és E. Helweg szerint vizsgáltuk a test keresztmetszetében a hőmérsékletek eloszlását állandó és exponenciális felületi hőterhelések mellett. Meghatároztuk a testben keletkező maximális hőmérsékletkülönbségeket a felületén mérhető hőmérsékletekkel.

Ábrázoltuk a hőmérsékletkülönbségek változását az anyagvastagság függvényében és az ezzel konform húzó-nyomó feszültség eloszlás képét.

Megállapítottuk, hogy a fűtött felületek mentén keletkező nyomó feszültségek maximális értéke kétszerese a keresztmetszetben keletkezett húzó feszültség legnagyobb értékének.

Csúsztató feszültségek csak abban az esetben keletkeznek, ha a felületi hőterhelés a kemence hossza mentén változik. Miután a τ_z -re nyert összefüggés x^3 -tól függ, ezért a vastagság mentén harmadfokú parabola szerint oszlik meg. Maximális értékét a $\sigma = 0$ helyen, azaz a $\frac{S}{\sqrt{3}}$

helyen éri el. $\Lambda \pm \sigma_{\max}$ helyen $x = 0$ és $x = S$ a $\tau_z = 0$.

Végül a számítások alapján néhány megállapítást tettünk. Példaképpen egy tégl. anyagjellemzőiből meghatározható legrövidebb felmelegítési idejét számítottuk ki.

A tanulmányban szereplő jelölések értelmezése

| | |
|--|--|
| σ [kg/cm ²] | = a testben keletkező húzó-, illetve nyomófeszültségek. |
| σ_h [kg/cm ²] | = húzófeszültségek. |
| σ_{ny} [kg/cm ²] | = nyomófeszültségek. |
| σ_{-B} [kg/cm ²] | = a test szakítószilárdsága. |
| σ_{+B} [kg/cm ²] | = a test nyomószilárdsága. |
| σ_m [kg/cm ²] | = a testben megengedhető húzó, ill. nyomó igénybevétel. |
| τ_z [kg/cm ²] | = a z tengely irányába eső csúsztató feszültségek. |
| $\tau_{z\max}$ [kg/cm ²] | = a csúsztató feszültségek maximális értéke. |
| N [kg] | = a keresztmetszetre merőleges feszültségek eredője. |
| dN [kg] | = az előbbi növekménye. |
| E [kg/cm ²] | = a test rugalmassági modulusa. |
| Jy [cm ⁴] | = a feszültségeket tartalmazó sík másodrendű nyomatéka az y tengellyel párhuzamos tengelyre. |
| S [m] | = a test vastagsága. |
| $\left. \begin{matrix} x \\ y \\ z \end{matrix} \right\} n$ | = térbeli koordináta rendszer összetartozó értéke. |
| $2y$ [m] | = a test szélessége. |
| F [m ²] | = felület. |
| w [m/ó] | = a test haladási sebessége. |
| α [cm/cm $^\circ$] | = a test lineáris hőtágulás együtthatója. |
| a [m ² /ó] | = a test hőmérséklet vezetési tényezője. |
| λ [kal/mó $^\circ$] | = a test hővezetési tényezője. |
| $Z = k$ [kal/m ² ó] | = a kemence hosszmenti állandó felületi hőterhelés. |
| k_e [kal/m ² ó] | = exponenciális törvény szerint megoszló felületi hőterhelés konstansa. |
| θ [C $^\circ$] | = hőmérséklet. |
| θ_0 [C $^\circ$] | = az anyag hőmérséklete a betolásakor. |
| Q [kal] | = 1 db tégl. hőtartalma 1000 ° -on. |
| C [kal/kg $^\circ$] | = a tégl. fajhője. |
| q | = konstans az exponenciális függvény kitevőjében. |
| $\frac{\partial^2}{\partial n^2} = \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ | = Laplace operátor. |
| $\Delta\theta$ [C $^\circ$] | = a testben keletkező legnagyobb hőmérsékletkülönbség. |
| $\Delta\theta_x$ [C $^\circ$] | = a test tetszőleges x helyén (a keresztmetszet mentén) fennálló hőmérsékletkülönbség. |
| $\Delta\theta_m$ [C $^\circ$] | = a testben megengedhető legnagyobb hőmérsékletkülönbség. |
| φ | = az áru fűtött felületének a kemence belső sugárzó felületéhez való viszonya. |
| t [ó] | = idő. |

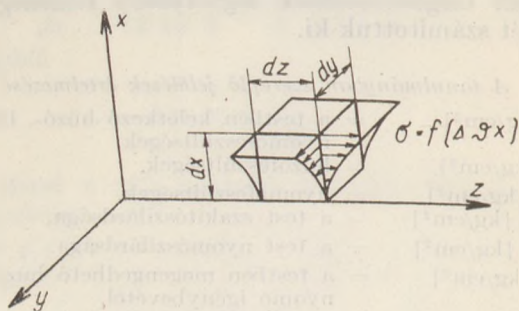
Megjegyzés

A fenti közleményben E. Schmidt és E. Helwegnek a hővezetés általános differenciál egyenletének megoldása az alábbi egyszerűsítő feltételt engedi meg:

1. Elhanyagolja a tárgy homlokfelületeinek befolyását a hőátadásra. (Tégl. esetén pl. ez az elhanyagolás elég jól teljesül. Különösen szűk rakásmód esetén. A tégl. homlokfelületei azonban eléggé árnyékoltak bármilyen rakásmód mellett. Vizsgálatainkban úgy vesszük tehát, hogy a hőközlés a két nagyobb felületen történik egyenlő mértékben.

2. A tárgy termikus jellemzőit állandónak veszi. Tehát középértékekkel kell számolnunk).

3. A hő beáramlása az egymásmellé helyezett test felületein keresztül a kemence kezdetétől mért távolság megadott függvénye.



7. ábra. Egy dz, dx, dy elemi hasáb felületein kialakuló hőmérsékletkülönbségek és a tőle függő húzófeszültség $\sigma = f(\Delta T x)$

Ezeket a feltevéseket a melegítésnél jelentkező nehézségek kiküszöbölése és a differenciál egyenlet leegyszerűsítése miatt tették. Egyes kemencetípusok ezeket az egyszerűsítő feltevéseket jól kielégítik.

A fenti formulák tehát ilyen egyszerűsítő feltevések teljesülése mellett érvényesek.

A Hooke-féle törvénnyel kapcsolatban meg kell jegyeznünk, hogy a σ feszültségeket mi csak egyirányban, a Z tengely irányában vizsgáltuk.

Kimutatható azonban, hogy ez az eljárásunk helyes akkor, ha τ feszültségek nem ébrednek. Határol-

junk ol pl. egy dz, dx, dy oldalú hasábocskát a melegítendő tárgyból. Könnyen belátható, hogy a $V(x)$ lefolyása és nagysága a dx, dy síkban azonos a dx, dz síkba való lefolyásával és nagyságrendjével. Hanyagoljuk el most a dz, dy felület mentén a hőmérsékletkülönbségek változását, amely amúgysem jelentős, akkor a térbeli feszültségi állapotot síkbeli feszültségi állapotra vezettük vissza.

Írjuk fel most a síkbeli általános feszültségi egyenletet pl. az állandó alapváltoztató munka elmélete alapján, akkor a mértékadó redukált feszültség

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau^2}$$

mivel vizsgálatunknál $\tau = 0$ és $\sigma_x = \sigma_y = \sigma =$
 így $= \alpha E \Delta \theta$

$$\sigma_r = \sigma$$

A mértékadó redukált feszültség tehát megegyezik az általunk Z irányba vett termikus feszültséggel.

E tárgy térbeli feszültségi vonatkozásait egy későbbi munkában vizsgáljuk meg.

IRODALOM

E. Schmidt u. E. Helweg: Temperaturverteilung in den Blöcken im Stossofen, Forschung auf d. Gebiete d. Ingenieurwesens, 1933, S 238—248.

E. Helweg: Egy hevített lemez hőmérséklet eloszlása és hőkezelése.

A Német Kohászati Egyesület hőállomásának 190. sz. közleménye.

Multnyánszky Ádám: Statika és Szilárdságtan, 1947.
Bréda Gyula: Az ipari kemencékben történő hővezetési folyamatok. MTI kiadvány, 1953/54.

A magyar üvegyipar történetéből

DR. SÁGHELYI LAJOS

Hazánkba az üveg Egyiptomból, a föníciaiak révén, Rómán át került. A Rajna vidékén voltak üvegsűrők, Pannoniában nem. A honfoglalás kori vagy a XIV. századig feltárt sírokból előkerült üvegdarabok külföldi eredetűek, és kereskedelem révén kerültek hazánkba (1—4. kép). Hazánkban a IX—XIV. században még fémből készült edényből ittak, az ablakon még nem volt üveg. A Nyugaton ebben az időben (1000 körül) már kifejlesztett üvegfestészetnek hazánkban még nincsen nyoma.

Első üvegsűrőnk Kassáról való, 1307-ből. Ebben az évben Kassán egyszerre három templomot is építettek. Az iparosok között üvegeseket is említ a forrás, de adós marad azzal, hogy ezek magyarok voltak-e, s milyen eredetű üveggel dolgoztak. Bizonyosnak kell vélnünk, hogy külföldi minták szerint és külföldi anyaggal dolgoztak. Hazánkban tehát a gótika megjelenésével kezdenek festett (egyelőre csak színes üvegdarabokból összerótt) ablakokat alkalmazni. A XIV. század elején hazánkba bevonuló korai renaissance a tudomány, a művészet és az iparművészet felvirágzásával járt és az üvegfestészet átterjedt a profán építkezésbe is.

Az Anjouk idejében fellendült a pénzgazdálkodás és az aranypénz bevezetése arany- és ezüstbányáinkat lendítette fel. Az ezekkel kapcsolatos kohóink mellett a választóvíz tárolásához használt

üvegedényeket már itthon gyártották. Az üveghuta tulajdonosai évi átalány fejében szállították a bányáknak a választó üveget (Schaidglas). Az első magyarországi üvegsűr működésére vonatkozó adatunkat 1350 tájára tehetjük. Ez a teplencei huta Krabath György tulajdona volt és sok nyugati országot megelőzött, mert pl. Belgiumban csak 1538-ban, Ausztriában is csak a XV. században keletkezett az első üvegyár.

A felvidéki hatalmas erdőségek elegendő fűtőanyagot szolgáltatottak az üvegsűrőknek és valószínű, hogy a helyi szükségletet kielégítő üvegsűrők a bányavárosok közelében másutt is működhettek. Közlebbi adataink azonban róluk hiányoznak. A 150 éves török hódoltság, a folytonos háborúk miatt írott emlékeink elpusztultak.

A XIV. századtól egyre nagyobb teret kapott hazánkban az üvegfestészet. A hozzávaló színes üveget Németországból hozták, ahol ebben az időben virágjában volt ez az iparművészet. Legelső üvegfestményeink a XIV. századból valók, az aranyosmaróti Migazzi-kastély festményei.

A XIV. században az üvegfestészetnek is több módját alkalmazták: a tervezett rajz nyomán az izzóvassal kivágott színes üvegdarabokat ólomfoglalattal (mozaikszerűen) összerősítették, úgy, hogy az ólomfoglalat a rajz kontúrjait adta. A másik eljárás szerint a rajzot és a színezést rá-



1. kép. Római kori öntött üvegtábla az aquineumi múzeumból. A Kiscelli uteni lelet

festették az üvegre, s ezt az üvegbe beégették. De különböző színű üvegeket egymásra is forrasztottak, s az egyikből a mintát kiköszörülték. Ezt aztán zománccfestékekkel kitöltötték s beleégették az üvegbe.

Ahhoz, hogy az üvegművesség kialakuljon, városi életre volt szükség; fejlett polgári életre, haladott állapotú iparra, békés állapotokra, fejlett ízlésre. Számottevő városi élet csak a XV. században alakult ki hazánkban. A városi polgárság nemcsak a német és bizánci, hanem a velencei üveget is ismerte. Első üveges adataink is a városi életre vonatkoznak. 1419-ben Budán egy Olasz Antal nevű üveggéztéssel foglalkozó polgár lakott. Ebben az évben Bártfán három üveges is dolgozott. Pozsonyban 1434-ben a városháza ablakait üveges javította ki. Ez az idő az olasz renaissance hatásának kedvez, és Mátyás korában Budán az üvegesek egy céhben vannak a drágakőkészítőkkel.

Hazai felvidéki üvegesűreink a XV. században alakultak, sőt, a Pilisben is találtak üveghutamaradványokat. Pilisszentléleken ablakszemeket is találtak, ami azt igazolja, hogy ekkor üvegesűreink már „üvegtányérok” készítésével is foglalkoztak. De készítettek egyszerű és talpas poharakat, ún. kotyogós üvegeket, üvegtálakat is.

Mátyás visegrádi palotájában velencei készítményű üvegeket sorol fel a ránk maradt leltár.

A XV. század végén Körmöcbányán, Nagybányán is készítettek üvegedényeket, belőlük Beatrix is vásárolt. Mátyás korában Vácott

ablaküveget is lehetett vásárolni, Selmechányán 1514-ben üvegesbolt volt már. Az üveg elterjedése arra mutat, hogy egyre inkább többet gyártanak hazai üvegesűreink, amit igazol pl. az is, hogy Bakócz Tamás egri érsek korában Egerben, Harsányon, Polgáriban, Tárkányon, Szarvaskőn és Hidvégen épített gazdasági épületein az ablakokat részint üveggel rakták be. Egy 1488-ból való adatunk arról szól, hogy Kolozsvárott a polgárok között élt egy Iweges György nevű polgár.

Nagyobb lendületet vett az iparfejlődés az erdélyi szász városokban, hiszen 1520-ban Nagyszébenben és 1523-ban Brassóban az üvegesek (üvegfestők) már céhet alkotnak, az asztalosokkal és a festőkkel együtt. Városainkban 1530 táján általános volt az üvegtányérokól készített ablak.

A XVI. században városainkban sűrűn fordulnak elő az üvegesek, már nem festők, hanem ablakcsinálók, akik üvegtányérokot rónak össze.

A hazai üvegesűrök működéséről részletes kép kialakítása azért nehéz, mert az egykoriak nem tartották lényeges kérdésnek, hogy valamennyi üvegesűr alapítási évét feljegyezzék. Első üvegesűreinket a bányavárosok táján találjuk meg, nem is egyet, hanem többet. 1550 táján Szeklenőn, Körmöcön is fennállott üveggyár, Mecenzéfen, Újbányán és másutt. A Batthyány-családnak is volt üvegesűre a XVI. század derekán s az összeírás az udvari mesteremberek és apró mivesek között az üveglakjártókat is megemlíti, s a hámorőzőkről is ejt néhány szót. Kerek üvegtányérokot készítettek. Ezek az üvegesűrök öblösüveget is



2. kép. Aquineumi sírokból talált üvegedények a római korból

készítettek. A csűrök élete nem volt tartós, ha a környék erdőinek fáját elhasználták, működésüket megszüntették. Az erdők fájának hasznosítása végett nálunk is, mint másutt, főuraink egyre-másra építettek üvegesűröket. A külföldi áru behozatala egyre csökkent. Erdélyben is találunk ebben az időben üvegesűröket, a többi között a porumbákít.

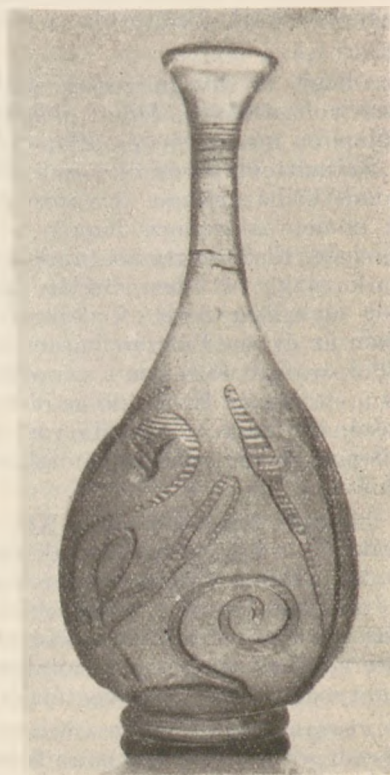
szerszámokhoz való, három vas, kétágú, kin az mesterek az üvegesőket forgatják, egy fán egy kis ülő, három kővágó csákány, üvegcsifázó, ráspoly forma, egy szénvonó vasrúd, két vasrúd, melyekkel a vas fazekokat emelgetik az tűzben, egy merítő vaskalán, egy vékony vasrúd, üveg-vessző s olvasztó, mellyel cifráznak, vaslapát.



3. kép. Római üvegedények csiszolt díszítéssel Aquineumból. A Nemzeti Múzeum gyűjteményéből

Az üvegesűrőkben magyar munkások dolgoztak, magyar vezetők, s a ráánkmaradt leltár szerint a szerszámok neve is magyar volt.

...Az csűrházra az udvarról nyílik három ajtó. Sem bent, sem kint nem tapaszos. Benne vagyon deszkákból csinált kamara, benne is vagyon még fa-aszaló kemence. Vagyon benne aranyválasztó kemence, a közepin kemence, kiben mielnek. Vagyon három részből csinált dorma, egy vasvilla, vagyon öt vas-síp, vagyon két lapát,



4. kép. Római üvegedény a veszprémi múzeum Mihályka-gyűjteményéből

Az üvegszárazasztó (hűtő) kemence száján kétfelől vasajtócska, fából csinált huszonkét palackforma, kőből csinált palackforma tizenkilenc, két földfazék. Az üveges házában vagy két vas harapófogó, egy vasikalán, egy kerékforgató, két téglázó vasforma, sutuigazító vasak.“

Mit készítettek benne? volt benne készen 4780 kész vásári üveg, 2980 átlátszó üveg, 7900 üvegtányér, 80 aranyválasztani való üveg, 60 mécsnek való üveg. Az első háromféle ablaküveg volt.

A Rákóczi-uradalomnak több helyen voltak üvegsürei: Oblazon, Voronieczán, Munkácson, Kuriánán, de a Mátrában is: Parádóhuta, Szuhahuta, Ótházhuta, Fiskálshuta stb.

Ausztriában ebben az időben ilyen méretű üvegyártás nem volt. A Wiener Handwerker 1500–1700. évi statisztikájában egyetlen üveges, üvegyártó vagy ablaküvegesináló nem fordul elő.

A mi csüreinkeben előállítottak virágvíznek való palackokat, kotyogós üvegeket, ivegh poharakat, víznek való és kotyogós üvegeket, tömpe poharakat, üveg-urinált, szélesszájú sötös üvegeket, sötös kristályos palackokat, pincetokba való (boros) üvegeket, üvegsillárokat stb. (5. kép).

Az üveglablakok többfélék voltak. A XV. és a XVI., sőt a XVII. században is az ún. tányérkarikából vagy üvegtányérokban készítették az ablakokat (Butzenscheibe). Rendesen kerek, néha hatszögletesek voltak. A tányérkarikák közönséges zöld üvegből, vagy átlátszó, kristályüvegből készültek. Az előbbieket paraszt-, az utóbbiakat kristálykarikának mondták. Úgy készültek, hogy a folyékony üvegseppet vaslapokon lapos formára préselték; felületükön kis dudor maradt. Méretük eleinte kicsi volt. Egy-egy ablakba száznál is több kellett. Nagyobb üvegtányérok csak a XVII. században tudták készíteni.

Az összeillesztés fa, ólom vagy ón segítségével történt. A leltárakban tányérfoglaló óndrót is szerepel. Mind a paraszt-, mind a kristálytányérokban készült ablakokról tömérdek feljegyzés maradt ránk.

A XVII. században üvegyiparunk elterjedését azok az adatok igazolják, amelyek minden főúri család levéltárából ránkmaradtak. Mind több és több főúr kér a városoktól üvegyiparosokat (üveghjártókat, üvegműveseket, üveghírtókat), hogy kastélyukban az ablakokat üvegtányérok, lehetőleg kristálykarikákkal, átlátszóan vagy színesen beüvegezzék. A kerek, tányéralakú lapokat ólomhuzalok foglalták össze.

Az ablakokat kívülről vas- vagy rézhálóval, rostéllyal védték meg a törés elől.



5. kép. Kőszörült, festett és zománcozott üvegek a felsőmagyarországi hutákból. XVII. század vége. A Nemzeti Múzeum gyűjteményéből

Porumbák 1649-i számadása szerint volt ott a többi között „négy-négy táblából álló üveglablak, mindenik jók, újak, vasasok, annak módja szerint, kívül sendelyből csinált rostély rajta, négy szál vasvessző az kettőnek keresztiben átlavonva.“

A XVII. század első évtizedeiben már olyan ablakaink is voltak, ahol a tányérok üvegtáblákkal helyettesítették. Helytelen az a tudósítás, amely szerint az első üvegtáblát Haller János hozta magával Bécsből e század végén, s amelyet



6. kép. Fedeles üvegerleg Bártfa város címerével, 1500 körül



7. kép. A „huszáros“ pohár az Iparművészeti Múzeumban. Valamelyik felsőmagyarországi üvegsűrben készíthették, 1612-ben

8. kép. Talpas pohár csiszolással a XVII. századból. A Nemzeti Múzeum gyűjteményéből

állítólag úgy megcsodáltak, hogy nem hittek a szemüknek, mert ilyet még nem láttak. Makovicán 1634-ben az összeírásban már szerepel „2 táblaüvegablak és 2 tábla, fában foglalt, fürdő házra való üvegablak.“ Ugyanott találunk az 1641-es összeírás szerint „5 tábla üveg rámát, 3 üveg ablakot, vagy táblást, ólomban csináltat.“ Nádasdy Ferenc 1669-i összeírásában meg „3 ablakra való üveges táblát, kettő ablakot 8 üveges táblákkal“. Hazai üvegsűrűink e részben sem maradtak hátrább a külföldiek mögött, hiszen ott is csak a XVII. században tudtak nagyobb táblákat készíteni; addig ott is az üvegtányérokat alkalmazták.

A XVII. században elsősorban az erdős vidékeken települtek az üvegsűrűk. Legtöbbjük a háborús idők miatt csak igen rövid életű volt, mert a nyugtalan helyzet a csűrűk életét megbénította. Ezenkívül főuraink a körülvevő erdők fáját elhasználván, az üvegsűrű működését megszüntették s másutt építették fel. A XVII. század elején a külföldi áru behozatala egyre csökkent, s a harmincadosok jelentéseiből látható, hogy egészen alárendelt jelentőségűvé lett.

Hazai hutáink öblösüveg termelését a falusi és városi nép vásárolta, akik megelégedtek a hazai huták szerényebb igényű, olcsó árujával. Csak a főurak engedhették meg maguknak, hogy külföldi kristályt vásároljanak. Pedig üveghutáink ebben az időben már készítenek festett öblösüvegárut, átlátszó kristályüveget (6. kép), sőt a felsőmagyarországi csűrűkben fehér, ún. csontüvegből készült palackokat és kancsókat.

Az öblösüveg általános használata hazánkban a XVII. század végén kezd elterjedni; üvegsűrűink mind nagyobb mennyiségben gyártanak üvegedényeket. Termelésükben nemcsak a leg-

egyszerűbb igényeket elégítették ki, hanem főuraink kényes ízlését is, és a külföldön gyártott üvegedényeket is utánozzák. Az ebben az időben készített edények n. serlegeken, poharakon megjelenik a színes festés is (7. kép). A kialakult verseny is ösztönző hatással volt a csűrűk termelésére és arra is törekedtek, hogy a „saját gyönyörűségük“ mellett hasznóhajtó vállalkozás is legyen az üvegsűrűk termelése.

Üvegsűrűinkben az akkor ismeretes valamennyi díszítési technikát alkalmazták, a fűvést, festést, köszörülést. Formában is, díszítésben is egyaránt jellegzetesek termelnek (8. kép). Természetes, hogy mindegyik huta vezetője arra törekedett, hogy a nemesek, polgárok az ő áruját vásárolják. Festett, zománcozott virágvizes palackokat készítenek, javarészt családi címerrel, gondos kivitelben, szép festéssel, égetéssel. Ezekből egész szekrényre való őríz a Nemzeti Múzeum. A köszörülés, csiszolás kivitele még nem olyan, mint a mai, mert készítői: egy személyben voltak üvegfűvők, hutások, zúzó, olvasztók, festők, csiszolók. Nem kétséges, hogy a

hazai üvegsűrűk mesterei sokat tanultak a külföldiektől is, s az ott tanultakat igyekeztek a maguk részére hasznosítani.

Az üvegfestés a XVI. és XVII. században Európaszerte hanyatlásnak indult. Nálunk ebben a korban az üvegfestés arcképekkel ellátott korongokban jelentkezik. A gyulafehérvári múzeumban őrzött üvegfestmény hazai gyártású, Zsigmond lengyel királyt ábrázolja, 1540 körül. E két századból több ilyen üvegfestményt ismerünk. Az üvegedények zománcal díszítése kétségkívül német hatásra mutat.

Az üvegekészítés, üvegsiszolás 1600 körül fejlődött ki, előbb Olasz-, majd Csehországban. Az új üvegnemesítési technika az üvegyártás eddigi módját is megváltoztatta: vékonyfalú üveget nehéz volt köszörülni, vastagfalú üvegen viszont a domború és a homorú csiszolást egyaránt jól lehetett alkalmazni. Az üvegnek minőségileg meg kellett javulnia, tisztábbnak kellett lennie, hogy a csiszolás fénytörése jobban érvényesüljön. A karsú formák helyét adták a masszívabb, erős falú formáknak. Az a néhány csiszolt üvegtárgy, amely ebből a korból ránkmaradt, azt igazolja, hogy üvegsűrűink ennek a feladatnak maradéktalanul eleget tudtak tenni. Csiszolt üvegedényeink a barokk-ízlés hatásáról tanuskodnak.

Az üvegsiszolás nyelvemlékeink tanúsága szerint a XVII. században nálunk sem volt ismeretlen, ismertük már az üvegmetsző követ is. A pincetokokba kerülő palackok, talpas poharak csiszoltak, nincs rajtuk mély csiszolás, mert az akkori igényeknek megfelelően formájuk még kecses, üvegfaluk vékony.

Tükrökkel Bécs és Velence látta el a magyarságot. Itthon még nem készítenek üvegtükröt.

legalább is nincsen rá adatunk. A XVII. század elején a fémtükrör sem ment ki egészen a divatból.

A külföldi, főleg velencei eredetű kristályüvegedényeknek nagy ára volt, csak főurak és gazdag polgárok szerezheték be.

Mégis ezt a drága és díszes holmit lassan kiszorította az egyszerűbb és itthon készült ivópohár és üvegedény, melyeket a közrangú családokban nagy mennyiségben találhatunk meg. Ez a hazai gyártású közönségesebb üvegholmi nem volt drágának mondható.

Thurzó Imre lakodalmára 1618-ban pl. 200 db-ot vásároltak 4 forintot. Thurzó Mária lakodalmára 20 dénárért vásárolták a fedél nélküli és 50 dénaron a fedeles üvegpoharak darabját.

A hazai üvegyipar fejlődésének XVI. és XVII. századbeli fejlettségét misem bizonyítja jobban, mint az, hogy ebben az időben már ország-szerte sok üvegescéhet is találunk. Önállóan ugyan még keveset, de más iparosokkal együtt annál többet. Az 1476. évi budai, az 1520. évi nagyszombeni, az 1523. évi brassói, 1580. évi selmecbányai, az 1615. évi marosvásárhelyi, az 1640. évi gölnicbányai, az 1642. évi medgyesi, 1699. évi esztergomi, 1703. évi szombathelyi és az 1714-ben alakult kassai (önálló) üvegescéhhez megelőztük az ebben a korban már világhíres Csehországot is, ahol csak 1699-ben alakult meg az első üvegfeldolgozó céh.

Az üvegsűrőkben a táblaüveget ekkor még fűjték. Nagyméretű lapokat még nem tudtak készíteni. Nem a „rajnai módon“ fűjték széles, lepényalakúvá a lap részére az üvegmasszát, hanem hosszúkás hengerszerűen, az ún. német eljárással, azt felmetszették, kisímitották és úgy hűtötték. Az üvegtábla nem volt még egészen egyenletesen vastag, sőt, hullámos is volt, de ezt a hibát szívesen elnézte az, akinek több világosság, több fény kellett.

Mivel vágták el az üveget? Eleinte bizony csak éles, hegyes lánggal, vagy hegyes meleg vasal. Természetesen pontos vágásról nem lehetett szó. Az üvegvágó gyémánt használata csak a

XVII. században vált általánossá, amikor a fűvott táblaüvegeket kellett elvágni pontos méretre. Ez a szerszám hazánkba Velencéből került.

A XVI. és a XVII. századot ipari szempontból is magyar századnak kell tekintenünk. A magára hagyott magyarság gazdasági területen, így az üvegyipar területén is nagy értékeket termelt ki. Ezért tanulságos ez a két század ipartörténeti szempontból is.

A szatmári békekötés után új fejezet kezdődik a magyar ipartörténetben is. Az egyre inkább mindenhatóvá váló bécsi kormányzat erősen bele-nyúlt a magyar ipar irányításába, és Magyarország osztrák gyarmattá lett ipari szempontból is. Az 1711 után beálló hanyatlás talán leginkább a magyar üvegyipar területén mérhető fel. S hogy mindezek ellenére is fejlődött, az a magyarság élni-akarását igazolja.

TRODALOM

- Archeologiai Közlemények I—XXII. kötet.
Az Orsz. Levéltár közleményei.
Benczur Béla: A művészi ipar és decoratív művészetek. 1897.
Bethlen Gábor kiadatlan levelei.
Divald Kornél: Az üveg, 1912.
Duncker Miksa: Az ókor története. 1873.
Erdélyi Országgyűlési Emlékek évfolyamai.
Fejér György: Codex Diplomaticus Hungariae. 1829.
Fejérpataky László: Magyarországi városok régi számadáskönyvei. 1885.
Fieber Henrik: Üvegfestészet. 1910.
Kerecsy György: Bakócz Tamás egri püspök udvartartása. 1910.
Kisa Antal: Das Glas im Altertume. 1908.
Lyka Károly: Az üvegfestés. 1905.
Magyar Történeti Tár évfolyamai.
Magyar Gazdaságtörténeti Szemle évfolyamai.
Mitscherlich Augusztá: Die böhmische Glasindustrie in Vergangenheit und Gegenwart. 1930.
Péchy Antal: Alsómagyarország bányamívelésének története. 1884.
Sághegyi Lajos: A magyar üvegyipar története. 3198.
Századok évfolyamai.
Takács Sándor: Rajzok a török világból. 1917.
Történeti Tár 1855-től.

Tég lamester szerződ tetése Budán 245 év előtt

NYITRAI ELEK

A török uralom alól 1686-ban visszafoglalt Budán csak lassan, akadozva indult meg a helyreállítás munkája. Erre pedig nagy szükség lett volna mert a hosszú, ádáz ostrom következményeképp a város romokban hevert.

A visszafoglalt területek igazgatására alakult a bécsi császári kamara alá rendelt ún. kamarai adminisztráció korát (1686—1709) a teljes pénztelenség jellemezte. Krajaáros gondokkal küszködtek a városi tanácsok, de nem állt jobban maga az adminisztráció sem, mert a bécsi kamara elvett minden elvehető, de nem adott helyette semmit. Mind a török időket átvészelt lakosság, mind a betelepedett, szegény volt. Azok az iparosok, kereskedők, borteremlők, akik a visszafoglalást követő években némileg megszédtek magukat, a Rákóczi-féle szabadságharc alatt, amikor úgyszólván minden forgalom megszakadt, ismét elszegényedtek, sokan el is költöztek.

Kezdetben az építkezéshez szükséges téglát romházak elbontásából szerezték. Ezt ugyan a kamarai adminisztráció a budai és pesti magisztrátusokhoz intézett rendeleteivel többször eltiltotta, de ennek foganatja már azért sem lehetett, mert maga az adminisztráció is az egykori királyi palota romjaiból fedezte saját építőanyag-szükségletét. Ennek következtében az első tégláégetők csak több, mint tíz évvel a visszafoglalás után létesültek, — bár kísérletek már előbb is történtek. Azt az égetőt, amelyről az alábbiakban szó lesz, 1697-ben alapította Kneissel Márton ácsmester, koresmáros és vízvárosi bíró. A mai Moszkva tér nyugati oldalán feküdt, körülbelül ott, ahol ma az autóbuszok állomása van. Kneissel pár év múlva meghalt. Özvegye férjhez ment egy Körber nevű emberhez. Közben kötötte meg 1710 áprilisában Bachmann (vagy Pachmann) Ferenc téglamesterrel azt a szolgáltatási szerződést, amelyről alább szó lesz. Bachmann nem tudott írni. A szerződés alatt tanu igazolja, hogy az odarótt kereszt Bachmanntól származik.

A szerződés a maga nemében igen ügyes írásmű. Célzata világos és mindvégig következetes. Nyilvánvaló, hogy a megállapodást egyoldalúan az üzemtulajdonos szerkesztette. Bachmann abban nem vett részt. Meglepő szabatosággal írja körül a téglamester feladatait, de hallgat arról, mire kötelezi magát a tulajdonos. Nem mondja el a szerződés, mikor, hogyan fizetik a munkásokat, hogyan pótolják az elhasznált felszerelési tárgyakat, szerzőségeket. Nem árulja el azt sem, mikor, hol, milyen tüzelőanyagot fog a tulajdonos a téglamester rendelkezésére bocsátani, holott ezek volnának az üzem legfontosabb kérdései. A szerződés célzata — ismételjük — világos: minden kockázat a téglamesteré. A szerződés lényegében fejlett kizsákmányolási technika dokumentuma. Biztosra vesszük, hogy eredetijét nem Budán agyalták ki, ahol ilyenmikben nem állhattak kellő tapasztalatok rendelkezésre. Valószínű, hogy Körber külföldről

vagy a török korban el nem pusztult valamelyik régi magyar városból — talán Kassáról, vagy Pozsonyból — küldetett magának mintát és ennek egyes pontjait azután a maga szükségletei szerint megváltoztatta. A szerződést alább német eredetiben és magyar fordításban közöljük. Megjegyzéseket csak azokhoz a részekhez fűzünk, amelyekre az olvasó figyelmét különösképp fel akarjuk hívni.

Már céloztunk arra, hogy a szerződés tendenciós volta nem annyira a megírt, mint a *hiányzó határozmányok* alapján állapítható meg. Mindjárt az 1. pont arra kötelezi a mestert, akadályozza meg idegen kocsioknak a telepen való áthajtását. De nem emlékezik meg éjjeli és vasárnapi őrről, kerítésről, határokról, kapukról. Világos, hogy Körber a téglamestert felelőssé akarja tenni azokért a készárúkért is, amelyeket ő már átvett tőle.

A 3. pont értelmében a téglamester az áru szakszerű kiégetéséről tartozott gondoskodni. Berakáskor tudnia kellett, milyen tüzelőanyaggal fog történni az égetés. Az üzemtulajdonos azonban biztosan korlátozni akarta mennyiségileg. Adataink vannak arról, hogy körülbelül ugyanebben az időben Szolnokon náddal égettek téglát. A ottani — ugyancsak akkordáns — téglamester panasza, hogy emiatt ráfizet.

A 4. pont szerint, ha kiapad a kút, a Dunáról fognak vizet szállítani, a költség pedig a tulajdonos és a mester között fele-fele arányban megosztandó. Ez feltétlenül igazságtalan, mert hiszen a kút vízhozamáért a tulajdonos tartozna felelni. A mester szempontjából a kockázat is túl nagy. De van ebben a határozmányban még valami. A tulajdonosnak nyilván voltak lovai, a mesternek nem. Vízhány esetén a tulajdonos saját fogatával hordatta a Dunáról a vizet, a városzerte szokásos napszám felét megfizettette a mesterrel; ez esetleg kevesebb volt, mint a saját önköltsége. Így talán még keresett is a dolgon.

Az 5. és 6. pontokból megtudjuk, milyen téglafajták voltak forgalomban ebben az időben. Árusítottak az égetett gyártmányokon kívül nyers-téglát (vályogot), sőt áztatott agyagot (sarat) is. Az utóbbit padlások lesarazására használták.

A budai Várnegyed romházaiból elvetté fel-tűnően nagy, 30 × 16 × 6,5 cm-es „K” jelű kezdetleges kivitelű téglák kerülnek elő. Említettük, hogy Kneissel Márton alapította a tárgyalt égetőt, valószínűleg az ő nevére mutat a „K” betű, amely egyébként megfelel Körber nevének is. Ilyen nagy téglá azóta sem készült Budán.

Szerződésünk említ *boltozati téglát* is. A Várnegyed régi házainak a Középülettervező Vállalat által készített dokumentációiból tudjuk, hogy a XVIII. században boltozatokhoz rendszerint a falitéglánál rövidebb és szélesebb, a négyzethez közelebb méretű téglát használtak. De építettek ezekből közfalakat is. Találtak pl. 25 × 20 × 5,5, 25 × 19 × 4,5, 24 × 20,5 × 6 cm-es és hasonló

méretű darabokat. „K“ bélyeggel $24,5 \times 20,5 \times 6$ cm-es boltozati téglák kerültek elő, ezeket tulajdonítjuk a Kneissl-féle égetőnek.

Okmányokkal alá nem támasztott feltevésünk, hogy akkoriban azt értették kéménytéglán, amit ma *vasas téglának* nevezünk, vagyis a túl-égetett, részben megüvegesedett, de deformálatlan falitéglát. Feltevésünk alapja, hogy a budavidéki németajkú parasztok ma is szívesen építik kéményeiket vasastéglából, mely erre — tűzálló voltánál fogva — igen alkalmas. A kéményben nem érvényesül a vasastégla két hátrányos tulajdonsága, hogy t. i. nem tartja a vakolatot és csúnya.

A tetőcserép persze az a fajta volt, amelyet ma „hódfarkúnak“ nevezünk. Minthogy a különféle téglafajtákkal ellentétben a kézivetésű fedélcserépet sohase látták el a készítő vagy a vevő nevére mutató bélyeggel, ennek alapján nem tudjuk egymástól megkülönböztetni. De nem is maradt ránk sok régi cserép, hiszen élettartama sokkal rövidebb a falba épített, külső behatások ellen óvott téglánál, amelyiké kedvező körülmények között úgyszólván korlátlan. Megállapíthatjuk azonban, hogy a XVIII. század fedélcserépe nagyobb volt, mint a mai. Mária Terézia uralkodásának végefelé 1774-ben Ausztria részére rögzítették a $17'' \times 7''$ ($45 \times 16,5$ cm) méretet. A budai tanács 1785-ben foglalkozott először a cserép méretével és annak minimumát $16'' \times 6,5''$ -ban (42×17 cm) állapította meg. E szerint a ma még elvétve használatos hódfarkú cserép, amely 38×17 vagy 37×16 cm méretű, 10—12%-kal rövidebb, míg szélessége változatlan maradt.

A sok port nyelni kényszerülő téglások akkor is szívesen öblögették a torkukat borral-sörrel. Nem különleges eset, hogy a tulajdonos az italok kimérését a téglamesterrel végeztette. Ilyesmi előfordult kétszáz évvel későbbben a XX. században is. A XVIII. század elején az is természetes volt, hogy a tulajdonos a bor szállításának jogát magának tartotta fenn. Körber helyén más budai polgár is ezt tette volna, hiszen mindegyiknek volt szülője és esetleg rosszul sikerült termésétől is így tudott könnyen megszabadulni. Falun a korcsma-árendások a földesúr borát voltak kénytelenek árusítani, ez mindig benne volt a szerződésükben, ha az uradalom szőlőtermelő volt.

A tulajdonos azonban hiába igyekezett a téglamester kezét-lábát megkötni. Bár írni nem tudott, volt neki annyi esze, hogy idényközben több pénzt vegyen fel, mint amennyi járt. Az év végén történt elszámoláskor Körber 69 forintot követel Bach-

manntól. A következő évre bérbeadja az égetőt. A bérlő átveszi a téglamestert és vállalja a 69 forint tartozás megfizetését is. Mégse hisszük, hogy Körber valaha megkapta volna a pénzt, mert 1711-ben egy nyári vihar elvitte a kemence tetőzetét és tönkretette a szárítópajtákat. Evvel a volt Kneissl-féle égetőnek az üzeme néhány évre megszakadt, hogy azután mint az erődítési parancsnokság tégláégetője folytassa működését.

Nem tudjuk, Bachmann 1710-ben mennyi téglát égetett. Körber az év végével csak az italmérés elszámolását hitelesítette hatósági emberrel, a tégláégetését nem. Oly célból azonban, hogy olvasóink az üzem gazdaságosságát bizonyos fokig elbírálhassák, néhány fontos adatot ideiktatunk. A falitégla ára 6 Forint 30 krajcár (1 Ft = 60 krajcár), a fedéleserépe 9 Forint volt. A nyers-tégla (vályog) ezrét 1 Ft 24 krajcárért árusították. Minden ezer téglá égetéséhez mintegy $1\frac{1}{2}$ öl tüzifa kellett. Pár évvel később az óbudai uradalom 1 Ft 15 krajcárért szállította Budára a tüzifa ölet, körülbelül ennyi lehetett az ára 1710-ben is.

A fentebb ismertetett adatok alapján a következő durva árvetést állíthatjuk fel:

| | |
|---|------------|
| A téglá eladási ára | 6 Ft 30 kr |
| munkabér, a téglamester díjának betudásával | 2 Ft |
| tüzelőanyag (felfelé ke- rekítve). | 2 Ft 4 Ft |
| marad egyéb anyagra, szerszám pótlásra, karbantartásra stb., és haszonra | 2 Ft 30 kr |

Tehát — az üzem kapacitásának megfelelő kereslet esetén — az égető jelentékeny nyereséget hozott. De ebből a nyereségből karban kellett volna tartani az üzemi épületeket. Ezt azonban Körber nyilván elmulasztotta, különben nem ment volna tönkre a telep.

A szerződés írásmódjához és a fordításhoz van még néhány megjegyzésünk. Az elavult német-ségű és rosszul írott okmány olvasása sok nehézséget okoz, de azon voltunk, hogy minden szavát hüen adjuk vissza. Írója az akkori viszonyokhoz képest sem volt különösen művelt ember, de szerette az idegen eredetű szavakat; a rövidítéseket feloldottuk, meghagytuk a folyton változó helyesírás, valamint a kis és nagybetűk következetlen használatát. A hiányzó írásjeleket csak ott pótoltuk, ahol elhagyásuk értelmi zavart okozott volna. A fordításnál inkább a hűségre helyeztünk súlyt, mint a magyarosságra.

Eredeti szöveg

An Heunt zu End gesetzten Dato ist Frantz Pachmann als Ziglmeister also und dergestalten an- und aufgenommen worden: das Er nicht allein:

Erstlichen: Meinen aussserhalb der Statt Ring Mauer ligenden Ziglofen undt Haüssl sambt der Hütten auch den ganzen angehörigen Platz oder Territorium in bester obsicht haben, nicht weniger beflissen seyn solle: damit durch die wäg oder einige viece so wohl dem gewöhnlichen Ziglofen als anderen Platz kein Schad zugefügt, sondern alles schadlos undt sauber herum gehalten, sonderlich aber die unzulässigen Einfuhren keineswegs gestattet werden.

Andertens. Alles was zur Ziglofen, undt dassiges Haüssl oder Territorium gehört, auch was ihme Ziglmeister an Zeügs Requisiten überanthwortet würde, solle Er darauf fleissige Sorg tragen vor Ein undt anders Unglück so rill als möglich zu bewahren schuldig seyn,

Drittens verspricht Er Ziglmeister zugleich diessen Sommer hindurch bey dassigem Ziglofen auf mein Verordnung undt begehren alle grob undt andere Zigl mit sein besten fleiss undt Emsigkeit nicht allein gueth authentisch zu machen undt zu brennen, aus undt einschreiben, sondern auch in gehörigen platz order zu richten, nicht weniger.

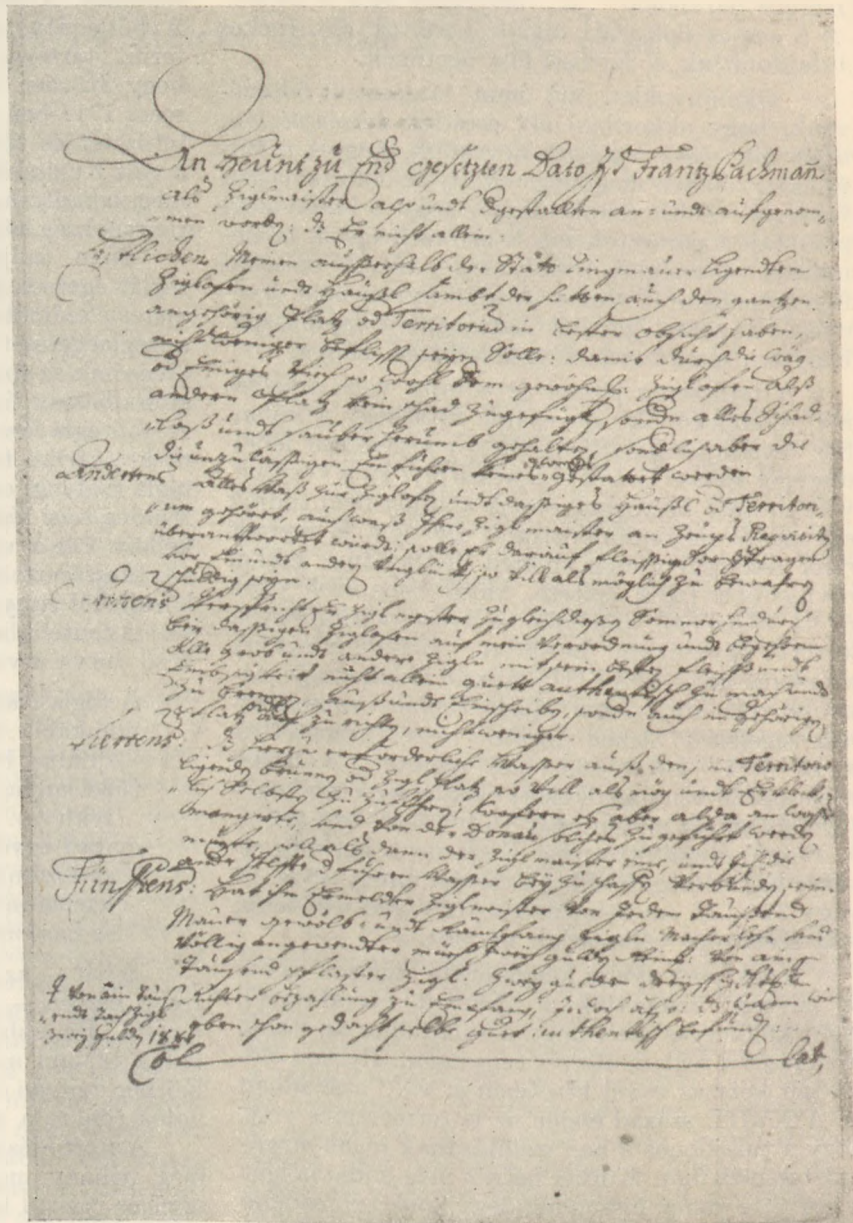
Viertens das herzu erforderliche Wasser aus den im Territorio ligenden Brunnen oder Ziglplatz so vill als möglich undt erckleichtlich selbstens zu zu fahren; wofern es aber alda an wasser mangirte und von der Donau solches zu geführt werden müste, soll alsdann der Ziglmeister eine, undt Ich die andere Helste der fuhren Wasser bey zu schaffen verbunden seyn.

Fünftens: Hat ihm ermeldten Ziglmeister von Jedem Taussend Mauer, Gewölb- undt Rauchfang Zigl Macherlohn und röllig angewandter Müh Zweij guldn Reinisch: von ain Taussend pflaster Zigl: zweij Gulden dreyszig kreutzer: von ain Taussend Tach Zigl zweij Gulden 18 kreutzer in richter bezahlung zu empfangen; jedoch also: das wann wir oben schon gedacht selbe gueth authentisch befunden, widrichens Er Zigl Maister von mir zugefügt undt sodann erkhandten Schaden ohne alle ausflücht gueth zu machen rechtmässig verobligirt ist.

Sechstens: Solle Ihme Zigl Maister keincs Wegs zustehen ohne vorwissen meiner rohe, noch andere gebrenndie Zigl, Trümer undt Brey wohin immer heimblüch zu verkaufen, schencken oder borgen, sondern was einem aufrichtigen Mann zustehet, mit vorwissen meiner oder umb pahres geldt zu verschleissen, hingegen auf zu mercken: wenn sie verkauft, das geldt sodann ohn aufhalten mir chestens einzuhändigen; da einzahl aber

Siebtens: Einiger betrug in mach oder verkaufung der zign, Trümern undt Brey durch ihme beschehen vermerckhet würde, solle mir solches Damnum an ihm Ziegelmeister quocumque modo zu suchen freij stehen.

Achtens: Es mag Bier oder Wein Ihme von mir eingelegt, undt in Schank gegeben werde, ist Er Schuldig an zunehmen, undt ausschencken zu lassen, wie in gleichem keineswegs sich unterfangen soll unwissendt meiner andwärtig wein noch bier in schanckh zu nehmen; hingegen



Neundtens: würde Ihme von jedem Eimer wein 12 kreutzer undt jedem Vassl bier 9 kreutzer schenckherlohn gebühren, zu vor aber solle Er das Eingenommene wein undt bier-geldt mit gebührendter verrechnung mir zu übergeben schuldig seyn.

Zu Vest Haltung diesser herrin begriffenen neun Punkten seyendt nicht allein zweij gleich lautendte Exemplarien aufgerichtet, sondern, auch mir undt meinem Ziglmeister undt unser beeder Nahmen Unterschrift undt petschaft fertigung zu handcn Jedem Theijll Eins gelassen worden, so beschehen.

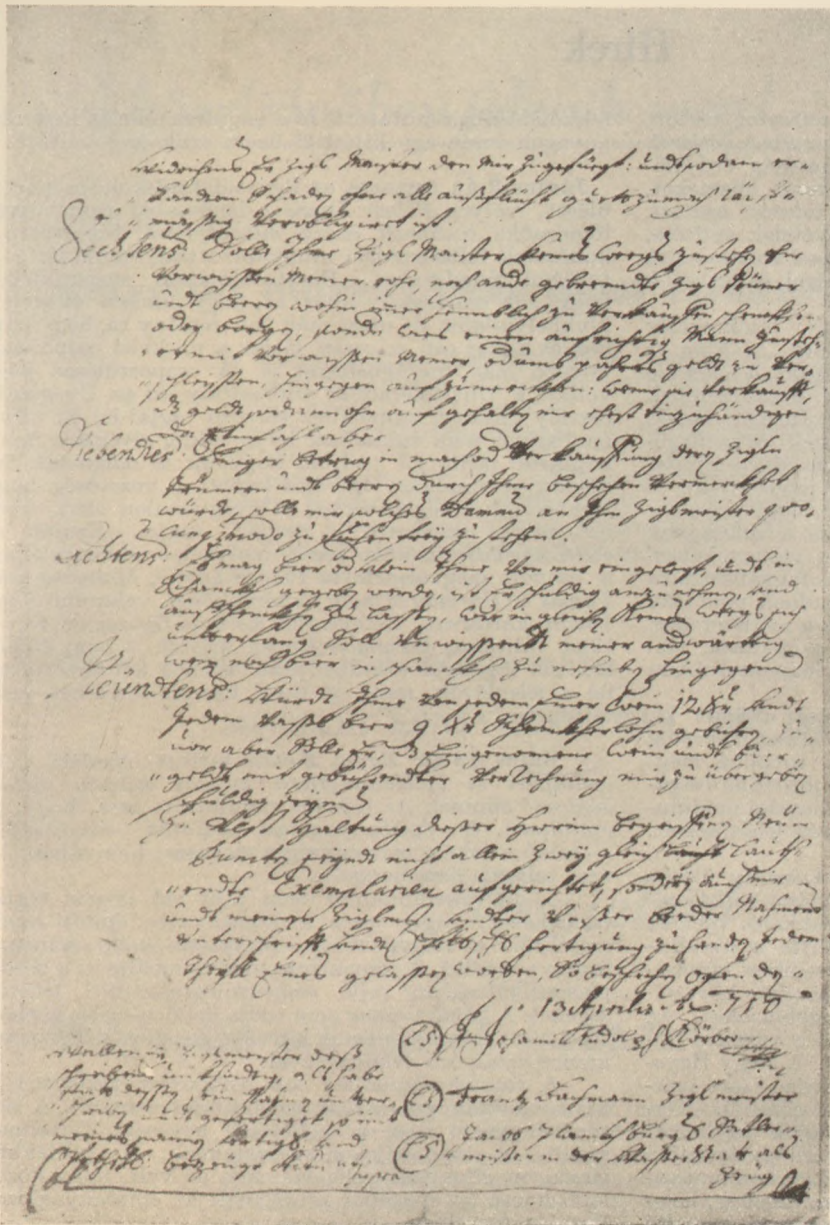
Ofen den 13 April Annij 710.
(LS) Johann Rudolph Körper
(LS) Frantz Bachmann Ziglmeister

Willen Er Ziglmeister des schreibens undtkundtig, als habe statt dessen sein Nahmen unterschreiben und gefertiget so mit meines nahmen fertigt und petschaft bezeugt. Actum ut supra.

(LS) Jacob Planck burgerlicher Sattlermeister in der Wasserstadt als Zeug.

Fordítás

Ma, az alant irt napon Pachmann Ferencet téglamesternek felfogadtam és szerződötetem a következők feltételek szerint arra, hogy necsak:



Erdwörter: a városfalon kívül fekvő téglakemen-
cémét és házacskámát a pajtákkal együtt, valamint
az egész hozzátartozó telepet és területet rendben tart-
sa, hanem ezen felül gondoskodjék arról is, hogy se
kocsik, se szarvasmarha által sem a kemencében, sem
a telep más részén kár ne történjen, hanem minden
kármentes és tiszta maradjon; különösen nem szabad
megengednie, hogy idegenek behajtsanak a telepre.

Másodsor: szorgosan vigyázzon mindenre,
ami a téglakemencéhez és az itteni házacskáéhoz vagy
a telephez tartozik, azokra a felszerelésekre is, amelye-
ket neki átadok: kötelessége lesz, hogy tőle telhetőleg
minden balesetet elkerüljön.

Harmadszor: megigéri a téglamester, hogy
ezen a nyáron az itteni tégláégetőn fog utasításaim és
kívánságaim szerint fali és egyéb téglát nemcsak a tőle
kitelő legnagyobb igyekezettel és szorgalommal, szak-
szerűen készíteni és kiégetni, be- és kihordatni, hanem
rendet fog tartani a telepen; továbbá

Negyedszer: (megigéri a téglamester, hogy a
téglakészítéshez) szükséges vizet a telepen lévő kútból
vagy magáról a téglavető térről, — amennyire csak
lehetséges, nagy mennyiségben — hordatja; ha azon-
ban mégis adódna vízhiány és a Dunáról kellene hor-
datni, akkor felerészben a téglamester tartozik és fele-

részben én tartozom a víz odaszállí-
tásáról gondoskodni.

Ötödször: (Jár majd) az
említett téglamesternek gyártási
díj gyanánt és ráfordított teljes mun-
kájáért becsületes fizetségül minden
ezer fali, boltozati és ké-
ménytégláért két rajnai fo-
rint; ezer padló burkoló-tég-
láért két forint 30 krajcár; ezer
fedélcserépert két forint 18 krajcár;
(a kifizetés) feltétele azonban, hogy
— mint fentebb már említettük,
— a téglát előbb szabályosnak el
kell ismerünk; ellenkező esetben
a téglamesternek az a kötelessége,
hogy a nekem okozott és később
felismert kárt minden kifogás nél-
kül megtérítse.

Hatodszor: Semmiesetre
sem szabad a téglamesternek tudto-
mon kívül nyers vagy égetett tég-
lát, törmelékét és sarat akárhány
titokban eladnia, elajándékozni
vagy kikölesdönnöznie, hanem — amint
őszinte emberhez illik — az eladá-
sokat az én tudtommal (hitelbe)
vagy készpénzért kell eszközölnie.
Ellenben ezt jegyezze meg magá-
nak: ha valamit eladott, a pénzt
késedelem nélkül az én kezemhez ki
kell szolgáltatnia.

Hetedszer: ha a téglá,
törmelék vagy sár készítésénél vagy
eladásánál az ő részéről csalást álla-
pítok meg, jogomban fog állni,
hogy az okozott kárt a téglames-
teren bármilyen módon bevehetem.

Nyolcadszor: Ha sört
vagy bort szerzek be és ennek ki-
mérését rá bízom, ezt el kell fo-
gadnia és ki kell mérnie; azonban
semmiesetre se merészeljen az én
tudtomon kívül mástól bort vagy sört
kimérésre átvenni; ellenben

Kilencedszer: járni fog
neki minden akó bor után 12 kraj-
cár és minden hordó sör után 9
krajcár csaposdíj; ennek (elszámolá-
sára) előtt azonban köteles lesz a
sör és bor eladásából bevett pénzt
nekem megfelelő elszámolás kap-
csán átadni.

Az itt felvett kilenc pont lerögzítése céljából nem
csak elkészítettünk két egybehúzó példányt, hanem
(miután) én és téglamesterem nevünket aláírtuk és le-
pecsételtük, a két félnek egy-egy példányt meghagy-
tunk.

Kelt Budán, 1710 április 13-án.

(Pecsét helye) Körber János Rudolf
(P. h.) Bachmann Ferenc téglamester.

Mint hogy a téglamester nem tud írni, aláírtam az
ő nevét és lepecsételtem, amit a saját nevemmel és
pecsétemmel bizonyítok.

(P. h.) Planek János polgári nyergesmester a Vizi-
városban, mint tanú.

Megjegyzés. A feldolgozott adatok legnagyobb
részét, valamint magát a szerződést a Bpesti Allami
I. Levéltárban a budai Miscellanea antiqua sorozat
651. sz. alatt találtam, kisebb részét u. ott a budai
tanácsí jegyzőkönyvekben. A budai tégláégetők e kori
történetét általában lásd: Nyitrai Elek: „Építkezések
és tégláégetők Budán a szatmári békét követő korban.”
Építészettörténeti és Elméleti Közlemények, Bp. 1954.
3. sz. 21. old.

Hírek

Május 17-én Dr. Papp Ferenc professzor tartott igen érdekes beszámolót *Egyiptomi tanulmányútról*, vetített képekkel. A nagyszámú hallgatóság érdeklődéssel nézegette a bemutatott egyiptomi kőzeteket, igen sok kérdés hangzott el és nagy tetszést arattak a kitűnően sikerült szép színes filmfelvételek vetítése, melyen nemesak geológiai és kőbányászati vonatkozású képek, hanem Egyiptom egyéb szépségei is láthatók voltak.

Május hó 18-án a durvakerámiai szakosztály ülésén Dr. Albert János tartott előadást „*A téglá és éptőcserep fagyállóságát és víztartókéességét befolyásoló tényezők*” címmel. Az előadó a durvakerámiai cserepek kapilláris pórusok szerkezetének ill. porusméreteinek, porozitásának és vízfelvevőképességeinek összefüggéseit ismertette. Részletesen kitért a téglá- és cserépipar területén eddig alkalmazott vizsgálati módszerekre és kísérleti eredményekre. Külön kiemelte, hogy az eddig alkalmazott eljárások nem adtak pontos, a valóságnak megfelelő értékeket a porozításra és a víztartókéességre vonatkozólag és ezért pl. a cserepek fagyállóságára a vízfelvevőképességi adatokból nem tudnak pontosan következtetni. Végül rámutatott azokra a módszerekre, melyeknek alkalmazásával a cserepek porozítása, vízfelvevőképessége és víztartókéessége a legpontosabban megadható.

Az előadás után élénk beszélgetés alakult ki. A hozzászólók a porozításnak a gázáteresztőképesség útján való meghatározását javasolták, továbbá meg tárgyalták a cserép porozításának, hajlítószilárdságának, valamint fagyállóságának és rugalmassági modulusának összefüggéseit, ill. e tényezők mérési lehetőségeit.

Május 27-én a finomkerámiai szakosztály ülésén Kocsis Albert „*Kerámiai anyagok a híradástechnikában*” címmel tartott előadást. A nagy érdeklődés mellett megtartott előadás általánosan ismertette a híradástechnikában a kerámiai szigetelőkkel szemben támasztott követelményeket és rámutatott az egyes követelmények kielégítését lehetővé tevő megoldásokra. Az összefoglalásban ezenkívül rámutatott a várható fejlődésre és a technológiai lehetőségekre. A nagy figyelemmel kísért érdekes előadáshoz Zakariás Imre mérnök (HIKI) szólt hozzá a felhasználók részéről. Kérdést tett fel az említett kerámiai anyagok szerkezeti felépítésére vonatkozóan és javasolta, hogy induljon meg a kísérleti munka nagy veszteségű kerámiai anyagok előállítására. Ígéretet tett arra vonatkozóan, hogy az ilyen típusú szigetelőanyagokkal szemben fennálló követelményeket pontosan összeállítja és rendelkezésre bocsátja. A közvetlen beszélgetés formájában kialakuló vitát Kocsis Albert zárta le, majd Grosz Elek rövid

felszólalásában mutatott rá a nagyfrekvenciás kerámiai anyagok terén egy kísérleti üzem szükséges voltára.

Június 3-án tartotta az Egyesület miskolci csoportja ülését, melyen Polgár László a hejőcsabai cementgyár főmérnöke beszámolt *eddig munkájukról*, ismertette a kohósalak felhasználási munkabizottság munkáját és a további feladatokat. Beszámolójában megemlítette, hogy sok nehézséget okoz az, hogy nincsen megfelelő klubhelyiségük, de most már van remény rá, hogy kapnak és akkor ott szívesen látják a miskolci csoporthoz tartozó más iparágbelieket is. A csoportülésen jelen voltak a Durvakerámiai szakosztály és az Üvegszakosztály miskolci csoporthoz tartozó tagjai is, ők azonban sajnos nem számoltak be az eddig elvégzett munkájukról, pedig jól tudjuk, hogy ők is dolgoztak tudományos munkán. Ígéretet kapott a vezetőség, hogy legközelebb a téglá-cserép- és üvegvonalon elért eredményeiket ismertetik a csoport tagjai. Ezután új vezetőségválasztás következett, melynek eredményeképpen a csoport megválasztotta Polgár László, Mattyasovszky Tamás és Gurmay Mihály főmérnököket, valamint Nagy István kartársat. Befejezésül Korányi György az Egyesület főtitkára beszámolt *lipcsei útjáról*. A nagy érdeklődéssel fogadott előadás után számos kérdést tettek fel a jelenlévők, majd az útról készült kisfilmet vetítették le.

Május 13-án Egyed Zoltán tartott előadást „*Az építőipari és építőanyagipari kutatás néhány távlati kérdése*” címmel. Az előadás rámutatott arra, hogy az építőipari és építőanyagipari kutatás célkitűzései, — talán a sokáig nem egységes szervezet hiányában, — nem teljesen összehangolt.

A durvakerámiaipar nem állít elő üreges téglatermékeket, pedig ezek a konzervatív építési módszerekről a nagypaneles építkezésre való átmenet fontos termékei. A cementipar nem használja ki a beton plasztifikálásában rejlő cementmegtakarítási lehetőségeket. A kőkavicsipar nem tudja kellően széles körben elhelyezni a hazai nemes köveket és adós a központi kavicsosztályozó felállításával.

A finomkerámiaipar sok ösztönzést kaphatna a korszerű edénygyártásban az építőművészeketől. A betonelemgyártó ipar a kellesténél kevesebb figyelmet szentel a betonhéjlem-kísérleteknek. A példákval gazdagon illusztrált előadás célja az volt, hogy közelebb hozza az építőipar problémáit az építőanyagipari kutatás terveihez.

Az építőbírálat módszerét alkalmazó előadást számos hozzászólás követte és a kérdéssel a közeljövőben a Magyar Tudományos Akadémia is foglalkozni fog.

A közeljövőben jelenik meg!

MOKK LÁSZLÓ:

Helyszíni előregyártás ipari építkezéseknél

A könyv részletes összefoglalása és ismertetése mindannak, amit az utóbbi években az ipari építkezések helyszíni előregyártása terén elértek. Az egyes fejezetek a helyszínen előregyártott elemekkel, azok gyártásával és kapcsolási módjaival, az emelőgépekkel, segédfelszerelésekkel, az emelési technológiával, a szervezéssel és munkavédelemmel, a hazai és külföldi előregyártott szerkezetekkel, valamint a helyszínen előregyártott szerkezetek részletes gazdaságossági vizsgálatával foglalkoznak. A munka közép- és felső káderek részére készült és oly alaposággal ismerteti a kérdéseket, hogy minden, ezen a téren dolgozó szakember hasznos, sőt nélkülözhetetlen segítségé. A szöveget mintegy 200 ábra gazdagítja.

Kb. 240 oldal

Ára kötve kb. 54,— Ft

A könyv megrendelhető, illetve előjegyezhető a

MŰSZAKI KÖNYVESBOLTBAN, VII., Lenin körút 7.

Megjelent

Mélyépítő művezetők zsebkönyve

A Nagypál Sándor szerkesztésében megjelent zsebkönyv átfogó és összefoglaló, minden részletkérdésre kiterjedő tartalmánál fogva évtizedes hiányt pótol a magyar műszaki irodalomban. A munka magában foglalja a felszabadulás óta elért új technológiai tapasztalatokat és munkamódszereket, számot vet a hatalmas arányú gépesítéssel és tekintetbe veszi az idényjelleg felszámolásában megmutatkozó eredményeket is. Mélyépítési létesítményeink egyik legfontosabb dolgozója a művezető. Az ő munkájának eredménye is a termelékenység állandó emelkedése, a takarékoság és az önköltség csökkentése. A hatalmas munka egyes részei a műszaki alapismeretekkel, a mélyépítőipari anyagokkal, a mélyépítési munkákkal, a gépekkel és gépi berendezésekkel, végül a művezető szervezési feladataival foglalkoznak.

908 oldal, 801 ábra

Ára kötve 80,— Ft

Fenti könyvek beszerezhetők, illetve megrendelhetők

sz

**ÁLLAMI KÖNYVTERJESZTŐ VÁLLALAT
KÖNYVESBOLTJAIBAN**

Szakkönyvesbolt: **ERKEL FERENC KÖNYVESBOLT, VII., Lenin körút 52.**

Megjelent

Dr. CZÉRE BÉLA :

Az áru fuvarozás kézikönyve

Összefoglaló gyakorlati mű, amely az áru fuvarozás valamennyi ágát (vasúti, teherautó, hajó, szekérfuvarozás, légifuvarozás) ismerteti. A fuvarozás munkafolyamatát, szabályozását, tervszerűségének szempontjait tárgyalva, bevezeti az olvasót valamennyi áru fuvarozási ág munkájába. Végigvezet a fuvarozás folyamatának minden szakaszán, a vasúti teherkocsik ismertetésétől kezdve, a fuvar költség számítási és kiegyenlítési kérdésein át a bonyolult kártérítési és visszatérítési ügyekig. A könyv szakszerűségénél és a kérdések részletes tárgyalásánál fogva nemcsak a fuvaroztató vállalatok munkavállalói részére nélkülözhetetlen, de maguk az egyes fuvarozási ágak dolgozói is megszerezhetik belőle azokat az ismereteket, amelyek munkájuk jó elvégzéséhez szükségesek.

448 oldal, 49 ábra

Ára kötve 59.— Ft

A korrózió és a korrózió elleni védekezés

(Az Országos Műszaki Könyvtár iparági bibliográfiái)

A sorozat most megjelent 19. kötete a tárgykörbe tartozó könyvek és folyóiratcikkek, valamint a magyar nyelvű fordítások címeit és könyvészeti adatait közli.

164 oldal

Ára füzve 20.— Ft

KORDIK LÁSZLÓ :

Építésszervezők kézikönyve

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

120 oldal

Ára kötve 24.— forint

A fenti könyvek beszerezhetők, illetve megrendelhetők

az

**ÁLLAMI KÖNYVTERJESZTŐ VÁLLALAT
KÖNYVESBOLTJAIBAN**

Szakkönyvesbolt : ERKEL FERENC KÖNYVESBOLT, VII., Lenin körút 52.