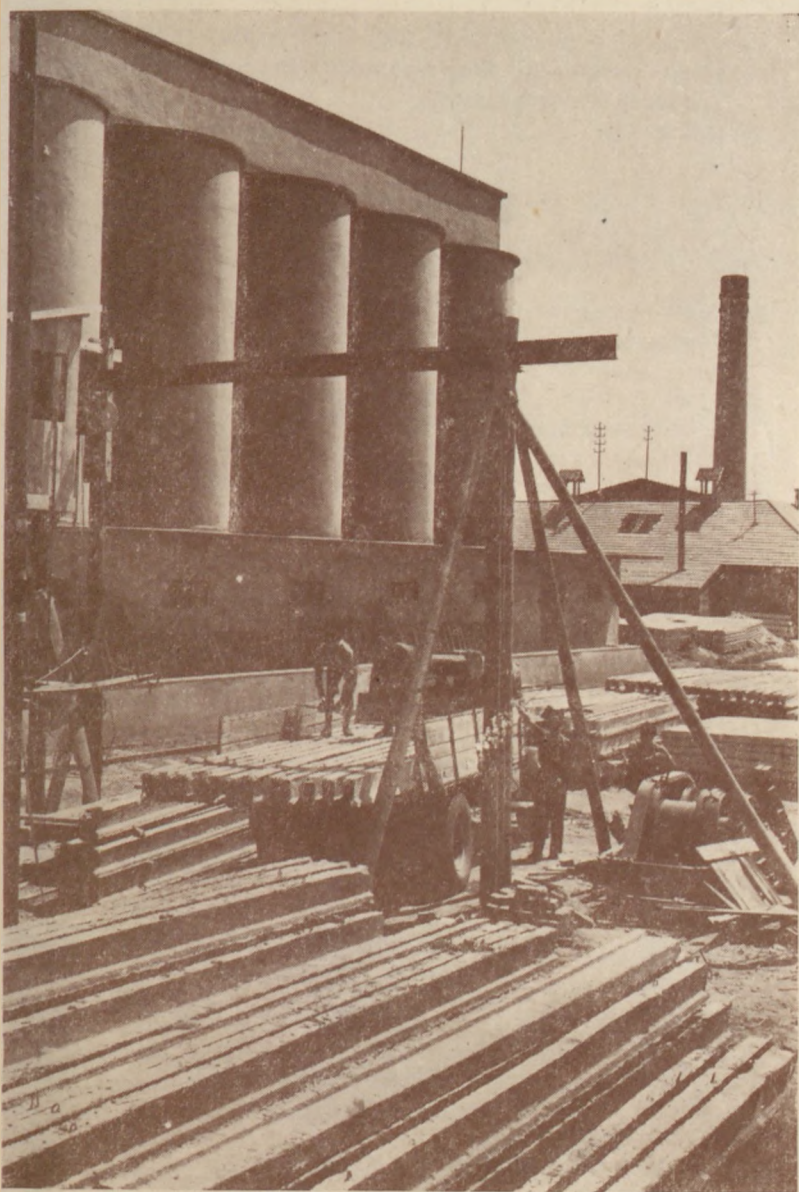


302935

ÉPÍTŐANYAG



CEMENT, MÉSZ
TÉGLA, KERÁMIA
ÜVEG ÉS KŐIPAR

12. SZÁM

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

Felelős szerkesztő:

Egyed Zoltán

★

Főszerkesztő:

Dr. Korányi György

★

Szerkesztőségi titkár:

Hlisenkamp Alfréd

★

Szerkesztőbizottság:

Bereczky Endre

Beke Béla

Baksay Zoltán

Erdély Imre

Grofcsik János

dr. Knapp Oszkár

dr. Lehmann Edit

Mayer Károly

Németh Béla

★

Szerkesztőség:

Budapest, V., Honvéd-u. 22.

II. lépcső I. emelet 4.

Telefon: 124-438

★

Felelős kiadó:

az É. M. Építőipari

Könyv- és Lapkiadóvállalat

igazgatója

★

Kiadóhivatal:

V., Kossuth Lajos-utca 17.

Telefon: 384-324

TARTALOM

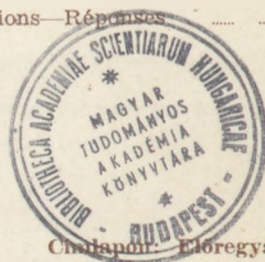
| | |
|--|------|
| | Old. |
| <i>Adonyi Zoltán, Balázs György, Kilián József: Vizsgálatok a nyomás alatt történő betongözlés munkafeltételeinek tisztázására</i> | 387 |
| <i>Rejtő György: „MŰSZINTTERV” a tégláiparban</i> | 392 |
| <i>Apáti Attila: Feszültségek az üvegben</i> | 398 |
| <i>Rosivall Ferenc: Új építőanyagok laboratóriumi kutatásának eredményei</i> | 411 |
| <i>Cser Arisztid: A dolomit tűzállóipari alkalmazása (folytatás)</i> | 413 |
| <i>Dr. Knapp Oszkár: Az üveg molekuláris szerkezete a legmagasabb szilikátok elmélete alapján</i> | 420 |
| <i>Kérdés—felelet</i> | 422 |

Содержание:

| | |
|---|---------|
| | сторона |
| <i>Золтан Адони—Дьердь Балаж—Йожеф Килиан: Исследования, проведенные раз'яснения режима пропаривания бетона под давлением</i> | 387 |
| <i>Дьердь Рейте: „План организационно-технических мероприятий” в кирпичной промышленности</i> | 392 |
| <i>Аттила Апаты: Напряжения, происходящие в стекле</i> | 398 |
| <i>Ференц Рошивал: Результаты лабораторных исследований новых строительных материалов</i> | 411 |
| <i>Аристид Чер: Применение доломита в огнеупорном производстве (продолжение)</i> | 413 |
| <i>Оскар Кнапп: Молекулярная структура стекла на основе теории самых высоких силикатов</i> | 420 |
| <i>Вопрос—ответ</i> | 422 |

CONTENU:

| | |
|--|------------|
| | Nos. Pages |
| <i>Zoltán Adonyi—György Balázs—József Kilián: Recherches concernant les conditions de travail du traitement à la vapeur du béton sous pression</i> | 387 |
| <i>György Rejtő: Le plan des dispositions techniques dans l'industrie de brique</i> | 392 |
| <i>Attila Apáti: Tensions dans le verre</i> | 398 |
| <i>Ferenc Rosivall: Résultats des recherches de laboratoire relatives à de nouveaux matériaux de construction</i> | 411 |
| <i>Arisztid Cser: Application de la dolomite dans l'industrie réfractaire (suite)</i> | 413 |
| <i>Oszkár Knapp: Structure moléculaire du verre selon la théorie des silicates complexes</i> | 420 |
| <i>Questions—Réponses</i> | 422 |



ÉPÍTŐANYAG

5. ÉVFOLYAM 12. SZÁM

Vizsgálatok a nyomás alatt történő betongőzölés munkafeltételeinek tisztázására

ADONYI ZOLTÁN—BALÁZS GYÖRGY—KILIÁN JÓZSEF

Készült a Budapesti Építőipari Műszaki Egyetem II. sz. Hidépítéstani Tanszékén

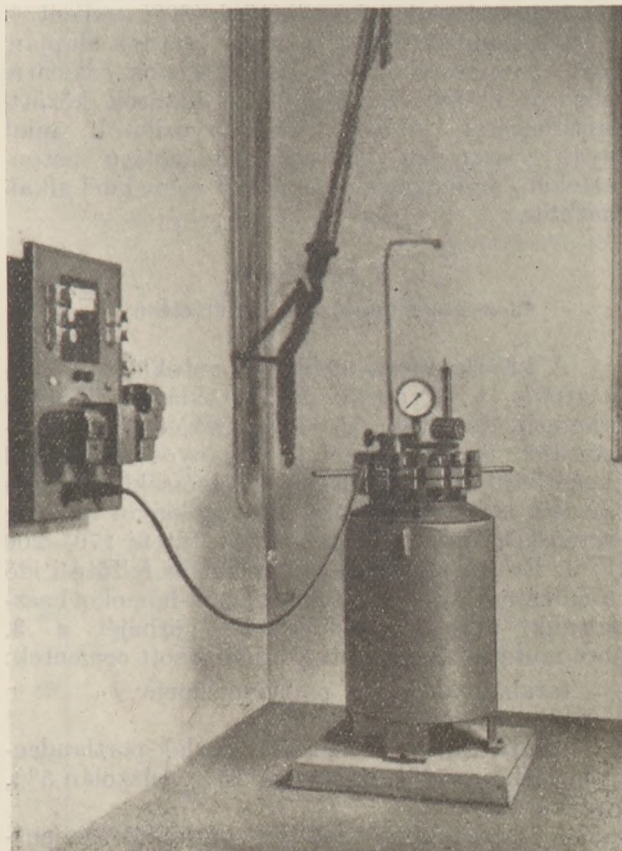
A szakirodalom a múlt század nyolcvanas éveitől eléggé részletesen foglalkozik mind a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti, mind az ennél nagyobb hőmérsékleten történő gőzöléssel.

Általánosságban megállapítható, hogy a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál kisebb hőmérsékleten végzett gőzölés a betontestek tulajdonságait csak a szilárdulás gyorsítása tekintetében változtatja meg jelentősen. Ezzel szemben $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál nagyobb hőmérsékleten (1 atmoszféra nyomásnál nagyobb nyomáson) történő gőzöléssel — az irodalom szerint — a testek több tulajdonságát sikerül nagy mértékben és előnyösen befolyásolni. Gazdasági szempontból hátrányt jelent az a tény, hogy 9—15 atmoszféra nyomást bíró kazánt, autoklávot kell a gyártáshoz alkalmazni. Azért említjük csak az autokláv költséget, mert a szükséges gőz a betonelőregyártó telepeken általában megvan. Előfordulhat, hogy a gazdaságosság értékelésénél a gőz-előállítás költségeit is figyelembe kell venni. A beton $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál nagyobb hőmérsékleten történő gőzölésekor mutatkozó költségnövekedést a kétségtelenül bekövetkező minőségjavulással az előregyártás kapacitásnövekedésével és új, eddig nem gyártott termékek előállításával kell kiegyenlíteni.

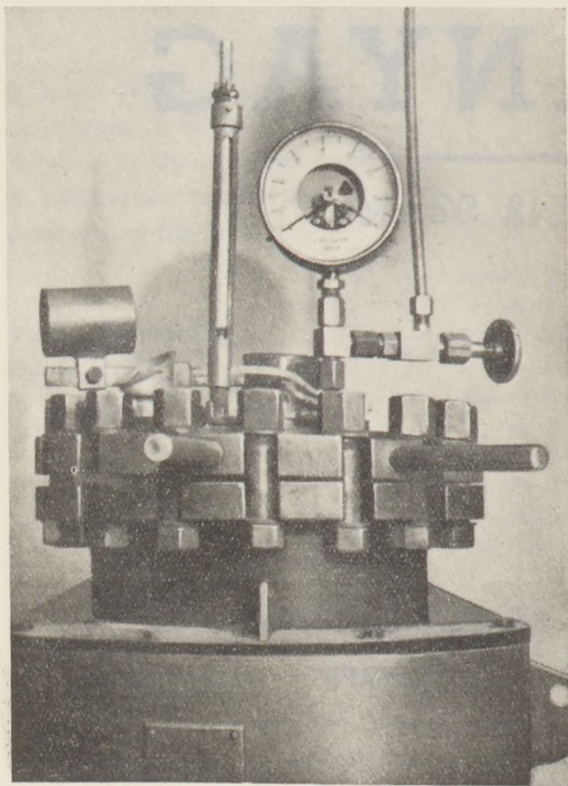
Az elérhető eredmények népgazdaságunk szempontjából helyes értékeléséhez ismerni kell a nyomás alatt történő gőzölés kor bekövetkező minőségváltozás mértékét. Ezt az irodalomban megnyugtató módon nem találjuk meg, illetőleg a közölt eredményeket nem vonatkozathatjuk közvetlenül a hazai cementekre.

Kísérleteinkkel rendszeres tanulmány tárgyává tesszük a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál nagyobb hőmérsékleten nyomás alatt gőzölt (továbbiakban gőzölt)

betontestek készítésének a körülményeit és az elérhető betonminőségjavítás lehetőségeit, hogy hozzáférhetővé tegyünk a hazai cementjeinkben rejlő lehetőségeket.



1. ábra.



2. ábra.

Ebben a munkában a gőzölés előtti pihentetés, a vasforma, a felfűtés és hűtés sebességének a hatását vizsgáljuk. A vizsgálatokhoz cementdús habarcestesteket készítettünk (60% cement + 40% homok), annak a tapasztalatnak alapján, hogy ilyen testeken a munkafeltételek cementre jellemző hatása, illetőleg az e hatások közötti összefüggések jobban tanulmányozhatók, mint olyan viszonylag kis cementadagolású betontesteken, aminőket előregyártott elemeknél alkalmazunk.

1. A készülékek és a munkamódszer ismertetése

A kísérletekhez 50 literes autoklávot alkalmaztunk (1., 2. ábra). Az autoklávot villamos árammal fűtöttük. A hőmérsékletet nyomásméréssel, termoelemmel és higanyos hőmérővel ellenőriztük. A termoelem a hőmérséklet pontos tartását is lehetővé tette. Az autoklávot szükség esetén két óra alatt is fel tudtuk fűteni 170—200 C°-ra. Ez lehetővé tette az optimális felfűtési idő tanulmányozását. A testekhez Duna-homokot használtunk, aminek szemelosztási görbéjét a 3. ábra mutatja. A kísérletnél alkalmazott cementek:

tatabányai 600-as portlandcement,
alit cement,
bélapátfalvi 500-as kohósalak-portlandcement (klinker 76%, kohósalak 15%, puzzolán 5%, gipszkő 4%).

A kísérletekhez a felsorolt háromféle cementtel 7,07 cm élhosszúságú szabvány-kockákat készítettünk. A vízcementtényezőt az alábbiak szerint

úgy választottuk meg, hogy a keverék jó földnedves legyen. A tömörítést géppel végeztük a vízvártyának a felületen való megjelenéséig (7).

| | Tömörítési munka | Vízcement tényező |
|-------------------------|--------------------|-------------------|
| Tatabányai 600-as ... | 180 ütés (288 mkg) | 0,200 |
| Alit | 150 ütés (240 mkg) | 0,208 |
| Bélapátfalvi 500-as ... | 150 ütés (240 mkg) | 0,225 |

A kísérleteknél egyenletes felfűtést és 176 C°-on nyolc óráig tartó gőzölést alkalmaztunk

II. A pihentetés és a vasforma hatása

A gőzölés munkafeltételeinek tisztázásakor fontosnak tartottuk annak megállapítását, hogy a testeket elkészítés után mikor célszerű gőzölni, tehát milyen hosszú legyen a pihentetés ideje.

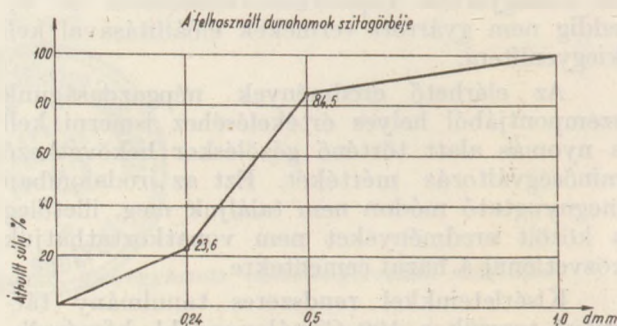
Voljenszki (1) 6, 12 és 24 órás testeket gőzölt. Arra a következtetésre jutott, hogy a tárolás ideje nem befolyásolja a gőzölt test szilárdságát.

Kammüller (2) Voljenszkiel bizonyos mértékig ellentétben megállapította, hogy 14 óra után kezdve a gőzölést, a szilárdság 65%-kal is nagyobb lehet a közvetlenül készítés után gőzölt test szilárdságánál. Menzel (3) a gőzölést a cement lekötése után kezdte, Lipinski (4) pedig formával együtt gőzölte a 24 órás testeket. Menzel (3) és Ippach (5) véleménye szerint a gőzölés előtti pihentetés nem befolyásolja a végső szilárdságot.

A pihentetés hatásának vizsgálatokor tanulmányoztuk azt a kérdést is, hogy a testeket vasformában, vagy anélkül célszerű gőzölni. Az utóbbi kérdés a vasformák kapacitásnövelése szempontjából fontos.

Voljenszki (1) azt tapasztalta, hogy a vasforma nélkül gőzölt testek szétesnek, míg a formában gőzölt testek elérik az ismert kiváló tulajdonságokat. Graf, Johnson és Kirkpatrick (6) is formában gőzölte a vizsgált testeket. Több szerző a kérdést nem érinti. Bunzl (4) szerint gőzölés előtt, ha a test szilárdsága kielégítő, a vasformát le lehet szerelni. Adonyi (7) az általa vizsgált 24 órás habarcs- és betontesteket forma nélkül gőzölte.

Ezeknél a kísérleteknél az autoklávot 5 óra alatt egyenletesen fűtöttük fel. A gőzölés 176 C°-on 8 óra hosszat, a hűtés a 176 C°-ról 100 C°-ra 3 órán keresztül tartott. A testeket részben vasformában, részben anélkül gőzöltük. Az első esetben a gő-



3. ábra.

zölés befejezte után, a második esetben közvetlenül a gőzölés megkezdése előtt formáztuk ki a testeket. A töréseket általában 48 órás testekkel végeztük.

A kísérletek eredményeit a 4., 5. és 6. ábrán foglaltuk össze. Ezekből a kísérletekből az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

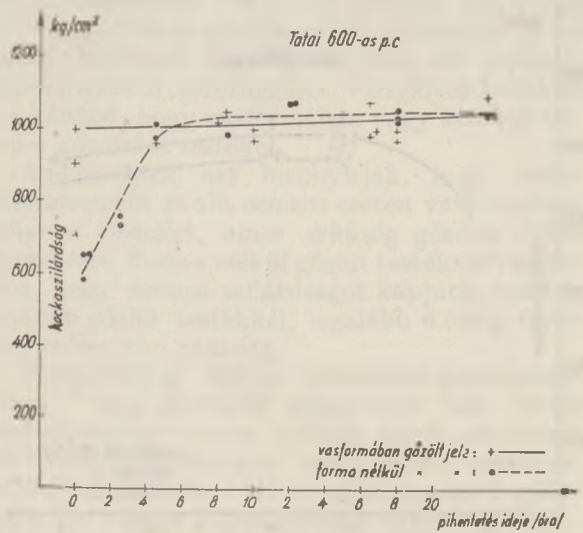
1. A tatabányai 600-as és az alit cementből készült testek szilárdsága, vasformában gőzölve, a pihentetési idő növekedésével növekedik. Ez a szilárdságnövekedés azonban a gyakorlat szempontjából elhanyagolható (4., 5. ábra).

2. Vasforma nélkül gőzölt testek szilárdsága tatabányai 600-as és az alit cementnél az ismeretett kísérleti körülmények között 6 óránál hosszabb pihentetés esetén megegyezik a vasformában gőzölt test szilárdságával (4., 5. ábra).

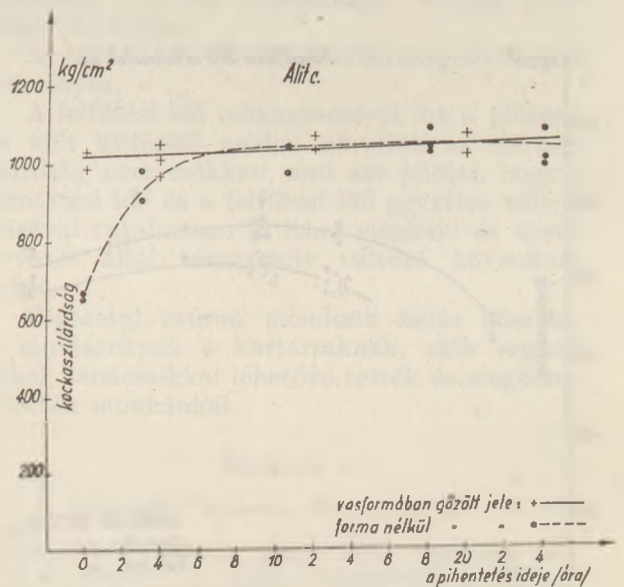
3. A belpátfalvai 500-as cement magatartása lényegesen eltér a tatabányai 600-as és az alit cementétől. 10—12 órán keresztül tartó pihentetésnél mind formában, mind forma nélkül szilárdságmaximumot tapasztaltunk. A pihentetési idő növelésével a szilárdság egyre kisebb lesz és körülbelül 4 napos pihentetés után a szilárdság alig nagyobb a nem gőzölt test végső szilárdságánál (6-os ábra).

A belpátfalvai 500-as cement a tatabányai 600-as és az alit cementtel szemben 15% kohósalakot is tartalmaz. A jelenség tehát igen egyszerű módon értelmezhető és előre mutatja a rejtett hidraulikus tulajdonságú anyagokat is tartalmazó cementek (heterogén cementek) gőzölésnél várható tulajdonságait. A hidrolízis közben a portlandcementből felszabaduló kalciumhidroxid elég hosszú pihentetési idő alatt mintegy „feltárja” a kohósalakot. Ebben a folyamatban a reakcióképes kalciumhidroxid lekötődik. Ilyen körülmények között nem marad a testben szabad kalciumhidroxid, ami szükséges az adalékanyag (kvarc, kovasav) feltáráshoz. Mivel a nyomás alatt gőzölt testek szilárdságnövekedése a nem gőzölt testekre vonatkoztatva lényegében csak ennek a reakciónak eredménye (7), a hidrolíziskor felszabaduló mészs nem kovasavval történő lekötése esetén nem tapasztalunk lényeges szilárdságnövekedést.

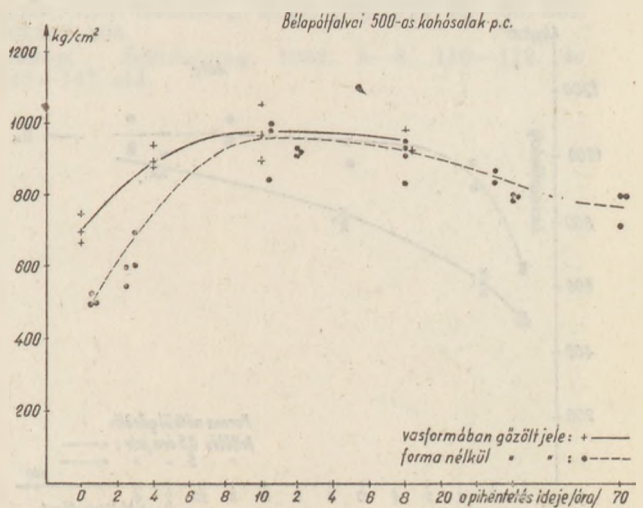
4. A 6-os ábra szerint a belpátfalvai 500-as cementtel készült testek szilárdsága azt az ismert jelenséget is megmutatja, hogy a hidrolíziskor bekövetkező kalciumhidroxid felszabadulás sebessége nagyobb, mint a kohósalak kalciumhidroxid megkötő reakciójának a sebessége. A reakció sebességkülönbség lehetővé teszi, hogy a felszabadult, de a kohósalak által még le nem kötött kalciumhidroxidot az utóbbi folyamatnál nagyobb szilárdságot eredményező reakcióban, a kalciumhidroxid kovasav reakcióban hasznosítsuk. Nyomás alatti gőzölésnél a kovasav is (SiO_2) csak akkor nevezhető a szilárdságnövelés szempontjából hatásos adalékanyagnak, ha a cementben lévő más adalékanyag a gőzölés előtt a felszabadult kalciumhidroxidot nem köti le, tehát ha sikerül elkerülni a túlpihentetés szilárdságcsökkentő hatását.



4. ábra.



5. ábra.



6. ábra.

III. A felfűtési és hűtési idő hatásának vizsgálata

A pihentetési idő és a vasforma hatásának vizsgálata után meg kell vizsgálni a felfűtési idő hatását. Várható volt, hogy valamilyen minimális felfűtési időre szükség van, mert különben a testekben a hőmérsékletkülönbségek hatására gőzléskor káros feszültségek keletkeznek. Voljenszki (1) 7—9 órás felfűtést és 8 órán át tartó gőzölést, 5—6 órás hűtést javasol és hangsúlyozza, hogy a felfűtés sebessége függ a hőmérséklettől. Menzel (3) 5 órás felfűtést, 9 órás gőzölést és 10 órás hűtést ír elő, 10 cm-es élhosszúságú vizsgálati testeknél.

A felfűtési és lehűtési idő tanulmányozására a bevezetőben ismertetett anyagokkal és módon készített testeket gőzöltünk. A felfűtési idő 2—8 óra között változott. A lehűtés 176 C°-ról 100 C°-ra 3 és 5 óra volt. A kísérleteknél tatakányai 600-as portlandcementet és béalápátfalvai 500-as kohósalak-portlandcementet használtunk. A kísérletek eredményeit a 7-es és 8-as ábrán ismertetjük.

Megállapítható, hogy a hűtési időnek 5 órától 3 órára való csökkentése szilárdsági csökkenést eredményezett.

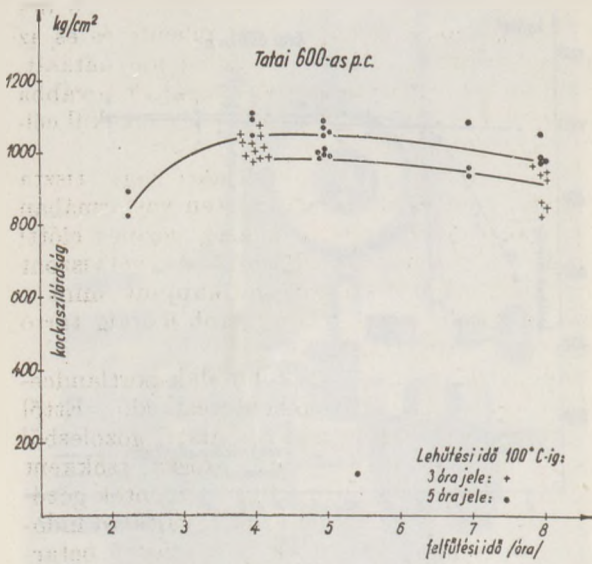
A 7-es és 8-as ábrán feltüntetett mérési eredmények azt mutatják, hogy a gőzöléssel elérhető szilárdság a felfűtési idő függvényében maximumot ér el. Ez a jelenség az eddig ismert elmélet kiegészítését teszi szükségessé. Voljenszki (1) és Menzel (3) ugyanis a felfűtési időt azért választják hosszúnak, mert feltételezik, hogy gyors felfűtés esetén a hőmérsékletkülönbség hatására (hővezetőképesség) a testben káros feszültségek keletkeznek. Ezek a feszültségek repedésre vezetnek és csökkentik a szilárdságot.

Ebből a hipotézisből, mely a pihentetési idővel kapcsolatos tapasztalataink alapján is kiegészítésre szorul, szükségszerűen következik, hogy a felfűtési idő növelés esetén a szilárdság valamilyen határérték felé közeledik.

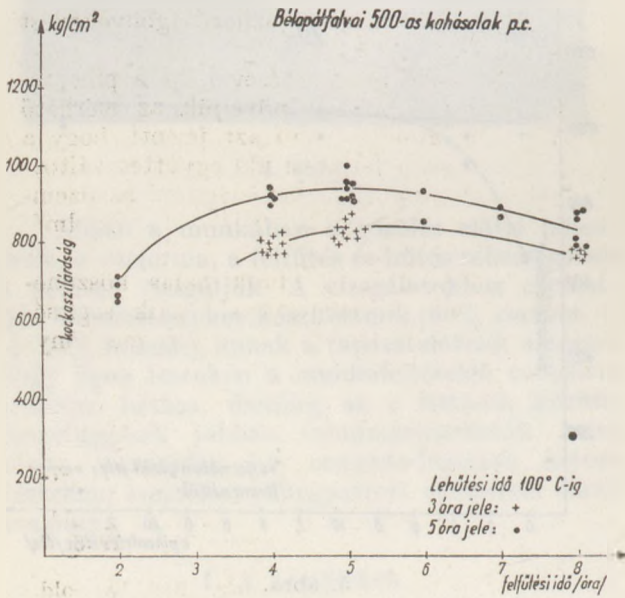
A 7-es és 8-as ábrán feltüntetett mérések szerint a szilárdság a felfűtési idő függvényében nem határértékhez közeledik, hanem maximumot mutat annak ellenére, hogy a gőzölési idő növelésével elérhető szilárdságnövekedést sem merítettük ki. Kielégítő magyarázatot véleményünk szerint a gőzléskor feltételezhetően bekövetkező kristályképződés tanulmányozása, a kristálycsírák képződési sebességének és a kristálynövekedés sebességének a hőmérséklettől való függése, a kristálméret és a szilárdság közötti összefüggés nyújt.

IV. Összefüggés a felfűtési és a pihentetési idő között

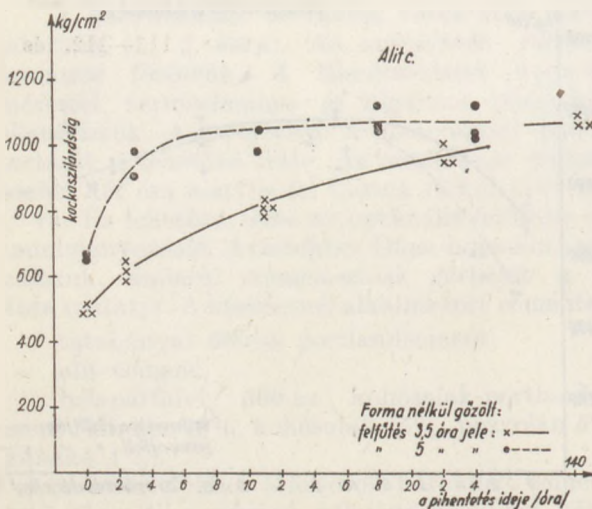
A pihentetési és felfűtési idő összefüggésének tanulmányozására az 5-ös ábrán feltüntetett kísérleteket (vasforma nélkül gőzölt) kiegészítettük. A kiegészítéshez a testeket az 5-ös ábrához készített testekkel azonos módon készítettük és vasforma nélkül gőzöltük. Gőzölésnél azon-



7. ábra.



8. ábra.



9. ábra.

ban az autoklávot 5 óra helyett 3,5 óra alatt fűtöttük fel. A kapott eredményeket a 9-es ábrán foglaltuk össze. Az ábra bizonyítja, hogy elegendő hosszú ideig tartó felfűtés esetén a pihentetési idő függvényében mutatkozó vasforma hatást s ezzel egyidőben a szükséges pihentetési időt bizonyos határon belül korlátozni lehet. A jelenség magyarázatára az alábbi következtetésben kívántunk kielégítő képet alkotni.

A cementszemcsék a pihentetési idő alatt hidrolizálnak. Ezt a hidrolízist a felfűtés gyorsítja. Hidrolízis közben szabadul fel az a kalciumhidroxid, amire a gőzöléskor tapasztalható szilárdságnövekedéshez szükség van. A hidrolízishez szükséges víz kezdettől jelen van a vizsgált testben. Mivel a hidrolízist, a kalciumhidroxid keletkezését a hőmérséklet növekedése gyorsítja, a testek hőmérséklete a reakcióhő következtében nagyobb lesz a tér hőmérsékleténél. Amennyiben a gőzölés kezdésekor a hidrolízis előrehaladott állapotban van, felfűtéskor időegység alatt kevesebb reakcióhő szabadul fel. A vizsgált testek belsejében az erősen görbült felületeken a víz cseppfolyós állapotban marad. Nagy hőmérsékletkülönbség esetén a víz részben gőzzé alakul, s mivel a szilárdságot eredményező hidrolízishez illetőleg a kalciumhidroxid és kovasav reakciójához folyadékhiány szükséges, a kívánt szilárdságot nem tudjuk elérni. Rövid felfűtés esetén a gőzképződés lehetősége nagyobb. A vasforma a gőzképződés lehetőségét csökkenti, vagy azért, mert jó hővezető s így a hőmérsékletkiegyenlítődést elősegíti, vagy azért, mert a test belső nyomásának növelésével az egyensúlyt a cseppfolyósodás irányába eltolja.

A testen belüli gőzképződés által okozott szilárdságcsökkenést további gőzöléssel már nem lehet közömbösíteni.

A vázolt hipotézis igazolására további kísérleteket kívánunk végezni.

Összefoglalás

Munkánk célja az irodalomban nem részletezett gőzölési munkafeltételek megnyugtató tanulmányozása volt. A kísérletekhez 7,07 cm-es élhosszúságú habarcstesteket készítettünk. A gő-

zölés hőmérséklete 176 C°, a gőzölési idő 8 óra volt. Vizsgáltuk a gőzölés előtti pihentetés és az autokláv felfűtési, illetőleg lehűtési idő hatását, valamint a kettő összefüggését. Vizsgáltuk továbbá azt a kérdést, hogy vasformában vagy anélkül célszerű-e gőzölni a testeket.

A kísérletek azt bizonyítják, hogy tiszta portlandcement és alit cement esetén vasformában gőzölve a testeket, nincs szükség gőzölés előtti pihentetésre. Forma nélkül gőzölt testeknél viszont ahhoz, hogy azonos szilárdságot kapjunk, mint a formában gőzölt testekkel, legalább 6 óráig tartó pihentetésre van szükség.

Bélapátfalvai 500-as kohósalak-portlandcementnél van optimális pihentetési idő. Ettől eltérő pihentetés esetén nyomás alatti gőzölésből eredő szilárdságtöbbletet csak erősen csökkent mértékben lehet elérni. Heterogén cementek gőzölésekor (ha e célra felhasználásuk egyáltalán indokolt) tehát a munkafeltételek igen szigorú betartása elengedhetetlenül szükséges. A felfűtési idő optimuma 7,07 cm élhosszúságú kockák gőzölésekor 4—5 óra.

A hűtési idő növelése szilárdságnövekedést eredményez.

A felfűtési idő csökkentésével, ha a pihentetési időt kielégítő módon növeljük, az elérhető szilárdság nem csökken, ami azt jelenti, hogy a pihentetési idő és a felfűtési idő együttes változtatásával rugalmasan ki lehet elégíteni az üzemszervezés által támasztott változó követelményeket.

Végezetül ezúton mondunk hálás köszönetet mindazoknak a kartársaknak, akik segítségükkel, tanácsaikkal lehetővé tették és megkönnyítették munkánkat.

Irodalom

1. *A. V. Voljenszki* : Cement, (Moszkva) 1935. 570—73. old.
2. *Kammüller* : Zement, Kalk, Gips, 1951. 143. old.
3. *C. A. Menzel* : J. Amer. Concrete Inst. 1935. 7. 51—64. old.
4. *E. Lipinski* : Tonindustrie Zeitung, 1940. 184. old.
5. *H. Ippach* : Tonindustrie Zeitung, 1935. 88. old.
6. *B. C. Graf, T. J. Johnson, H. L. Kirkpatrick* : Trans. Amer. Inst. Metallurg. Engr. 1935. 114. 62—68. Zbl. 1936. I. 406.
7. *Adonyi* : Építőanyag, 1952. 5—8. 110—112. és 141—147. old.

„MŰSZINTTERV“ a téglaiiparban

REJTŐ GYÖRGY

Vállalataink a közeli napokban kezdik meg az első ötéves terv befejező évének tervmunkáit. Az 1954. évi terv összeállítására, kellő megalapozása és műszaki alátámasztása fokozott munkát jelent nemcsak a vállalatok tervmunkásainak, hanem rajtuk kívül elsősorban a műszaki dolgozóknak. Pártunk és kormányunk új programja mellett fokozott jelentősége van az 1954. évi műszaki fejlesztési terveknek. Nyilvánvaló, hogy az új kormányprogram nyomán fokozottan fontosak a műszaki fejlesztésnek azok a módszerei, amelyek a népgazdaság erőforrásainak újabb igénybevétele nélkül teszik lehetővé a többtermelést, a termelékenység fokozását vagy az önköltségsökkentést. Meglévő termelőberendezéseinket kell elsősorban az eddiginél jobban kihasználnunk; az 1953. évi tapasztalatok alapján a mai hibák, lazaságok felszámolásával, sokkal erőteljesebb és jobb szervezési módszerekkel kell népgazdaságunk emelkedő szükségleteinek ellátásáról gondoskodnunk.

A szocializmus gazdasági alaptörvénye szerint az egész társadalom állandóan növekvő anyagi és kulturális szükségleteinek maximális kielégítését oly módon kell biztosítanunk, hogy a szocialista termelést a legfejlettebb technika alapján szakadatlanul növeljük és tökéletesítjük.

A magyar téglaiiparban ez nem jelent ugyan új feladatot, mert az ipar vezetői eddig is tudatában voltak annak, hogy az új technika alkalmazása iparágunk további fejlődésének elengedhetetlen feltétele, mégis új feladatként jelentkezik annak tudatos, célszerű alkalmazása, hogy az iparág technikai színvonalának fejlesztése széles körben csakis szervezeten, megfelelő előkészítés után és *tervszerűen* biztosítható. A műszaki fejlesztés tervezése az egész magyar iparban, annak szervezési szempontból fejlettebb ágainál is csak néhány éves multra tekinthet vissza. A téglaiiparban azonban különösképpen elmaradott. Ennek okai elsősorban vállalataink műszaki szervezetének hiányosságaira vezethetők vissza. Nem lehet azonban vitás, hogy éppen a téglaiiparban igen nagy jelentősége van a műszaki és szervezési intézkedések tervszerű lebonyolításának. Az iparág nagy munkálétszámmal dolgozik; a termelékenység fokozása döntő kérdése a téglaiiparnak. A hasonló technológiával dolgozó, de részleteiben mégis sok tekintetben különböző, nagyszámú üzem tág teret nyújt a szervezési intézkedések számára. A szovjet sztahanovistáktól átvett élenjáró módszerek elterjesztése terén is igen sok még a teendő. Az ipar növekvő feladatai pedig szinte megkövetelik, hogy a dolgozók széles töme-

geit megfelelően szervezett Műszintterv-mozgalom keretében bevonjuk a többtermelés érdekében megoldásra váró kérdésekre.

Ennek módszere, szervezeti formája a téglaiiparban teljesen kialakulatlan. Márpedig a téglaiipar emelkedő feladatainak az eddigi, túlnyomóan ötletszerű műszaki intézkedésekkel aligha fog tudni megfelelni. Az iparágban kis számban eddig is voltak olyan vállalatok, amelyek igyekeztek a Műszintterv-mozgalom megindítását kezdeményezni, azonban szélesebb körben a gondolat nem vált népszerűvé. A dolgozók kezdeményezésének szükségessége azonban mindinkább érezhetővé vált már az elmúlt évben is. Más iparágokban a Műszintterv révén a vállalatok mind a termelés terén, mind egyéb vonatkozásban igen jelentős eredményeket értek el. Bizonyos, hogy a téglaiiparban is szerencsésen kiegészítené a Műszintterv keretében alulról jövő kezdeményezés a műszaki vezetőség felülről adott szervezési intézkedéseit és jelentős eredményeket hozna nemcsak a megkívánt többtermelés, hanem az iparág égető kérdései: a termelékenység és az önköltség javítása tekintetében is.

Ahhoz azonban, hogy a Műszintterv valóban eredményes legyen és abban a dolgozókat érdekeltté tegyük, bizonyos szervezeti előfeltételek szükségesek.

Feladatterv

E szervezési feltételek közül a legfontosabbak egyike a jól szerkesztett Műszintterv—feladatterv összeállítása.

A vállalat vezetői (igazgató, főmérnök, tervosztályvezető) a következő év tervfeladatainak ismeretében összeállítják mindazokat a kérdéseket, amelyek megoldása szükséges ahhoz, hogy a tervet reálisan teljesíthetőnek mondhassák. Az így összeállított feladatokat olyan formában kell a dolgozók elé vinni, hogy a megoldásra váró kérdések megfelelően csoportosítva, világos és érthető módon szerepeljenek. Már ennek kidolgozása során be kell vonni a feladatterv szerkesztésébe a vállalat vezetői kollektíváját: a pártszervezet és a szakszervezeti bizottság vezetőit, az üzemek, műhelyek vezetőit. Bevonásukkal oly módon történik a feladatterv összeállítása, hogy a felmerülő kérdéseket a dolgozók témák szerint elkülönítve is megismerjék. Sok esetben kettős csoportosítás lesz a célravezető, például egy közepes nagyságú téglaiipari vállalat esetében külön csoportosítjuk a bányászattal, nyersgyártással, égetéssel, szállítással és a műhelyekkel kapcsolatos problémákat,

de ebből az öt csoportból külön kiemeljük például a gépészeti kérdéseket vagy a munkaerőgazdálkodással, létszámmegtakarítással kapcsolatban felmerülő problémákat is.

Az így összeállított feladattervet megfelelő formában, nyomdai vagy egyéb úton sokszorosítva kell eljuttatnunk minden egyes dolgozóhoz. A feladattervben közölnünk kell azt is, hogy a dolgozó javaslatát kinek, hová, milyen bizottsághoz juttassa el. Ki kell térnünk arra is, hogy a javaslatnak mi lesz a sorsa. Feltétlenül biztosítani kell azt, hogy a Műszintterv keretében beadott javaslatokat sűrű időközökben, rövid idő alatt minősítsék. A minősítés eredményét a dolgozóval közölni kell. Elutasítás esetén meg kell mondani, hogy miért nem tartja jónak a bizottság az elképzelést és lehetőleg meg kell adni azt az irányt is, amely a dolgozót célra vezetné. Az elfogadható ötleteket újításnak kell tekinteni és az újításokra vonatkozó előírások szerint kell tovább kezelni. Arra azonban nagyon ügyeljünk, hogy a Műszintterv keretében beadott és újításnak minősítendő javaslatok minél gyorsabban elbíraltassanak és az értük járó díjat az újító azonnal kézhez kapja. Ilyen módon azután a dolgozók is érdekeltté válnak és szívesen fognak a Műszintterv keretében eléjük tárt kérdésekkel foglalkozni.

Műszintterv-bizottság

A feladatok csoportosítása szerint célszerű egy-egy bizottságot életre hívni. Helyesen szervezett Műszintterv keretében a javaslatok meglehetősen nagy számban érkeznek be. Nem volna helyes ezeket egy központi helyre irányítani, mert így munkatorlódás állna be. Ezért az a gyakorlat alakult ki más szakmákban, hogy üzemenként, műhelyenként alakítanak műszintterv-bizottságokat. Téglagyári vonatkozásban a következő üzemrészekben célszerű bizottságok alakítása: bánya, nyersgyártás, égetés és szállítás, műhelyek. Ezt a négy bizottságot a vállalati műszintterv-bizottság fogja egybe, amelynek vezetője a vállalat főmérnöke vagy helyettese. A műhelybizottságok vezetői az illető üzemrész vezetői, tagjai pedig: az üzemrész diszpécser, vagy valamely más, műszaki képzettségű dolgozó és egy vagy két üzembeli sztahanovista.

A Műszintterv keretében a legtöbb feladat az éves terv készítése előtt és alatt merül fel. Ezért célszerű a vállalatnál Műszintterv-hónapot rendezni, amivel dolgozóink érdeklődését is jobban felkeltjük. Ezalatt a hónap alatt a műszintterv-bizottságoknak röpgyűléseken, előadásokon kell a feladattervek kiadásán kívül a felmerülő problémákat a dolgozókkal ismertetni. A bizottságok a már említett módon felülbírálják a beérkező javaslatokat.

Abból a célból, hogy a műhelybizottságoknak megfelelő szakmai segítségük legyen, ú. n. témabrigádokat is létesítünk. A témabrigádok egy-egy kérdéscsoporttal foglalkoznak, így pl. a termelékenységgel vagy az önköltséggel. A műhelybizottságok az ilyen tárgyú javaslatok felülbírlásába bevonják a nagyobb szakmai képzettséggel rendel-

kező témabrigádokat is. A műhelybizottságok és a témabrigádok által megfelelőnek talált javaslatokat a vállalati (központi) műszintterv-bizottsághoz kell továbbítani. Ennek is rövid, záros határidőn belül kell a javaslatokat letárgyalnia és a megfelelőket az újítási ügyintézőhöz továbbítani, lehetőleg rögtön arra való utalással, hogy az újítási előírások további menetében a javaslattal mi történjék.

A műhelyi és vállalati műszintterv összeállítása

A műszaki-szervezési intézkedések tervét általában két szinten: műhelyi (gyári) és vállalati szinten állítjuk össze.

A terv összeállításánál messzemenően figyelembe kell vennünk azt, hogy mi a műszintterv eredeti feladata és célja. Az intézkedések tervezésével

a) biztosítani kívánjuk a műszaki fejlesztés tervszerűségét, amit azzal érünk el, hogy a szükségesnek mutató intézkedéseket előre megtervezzük,

b) ezáltal megteremtjük a lehetőségét annak, hogy a műszaki-szervezési intézkedések kötelező jellegűek, számonkérhetőek legyenek; gondoskodhatunk a tervezett intézkedések végrehajtásának ellenőrzéséről.

c) ellenőrizhetjük, hogy a tervezett hatékony-ságot elértük-e,

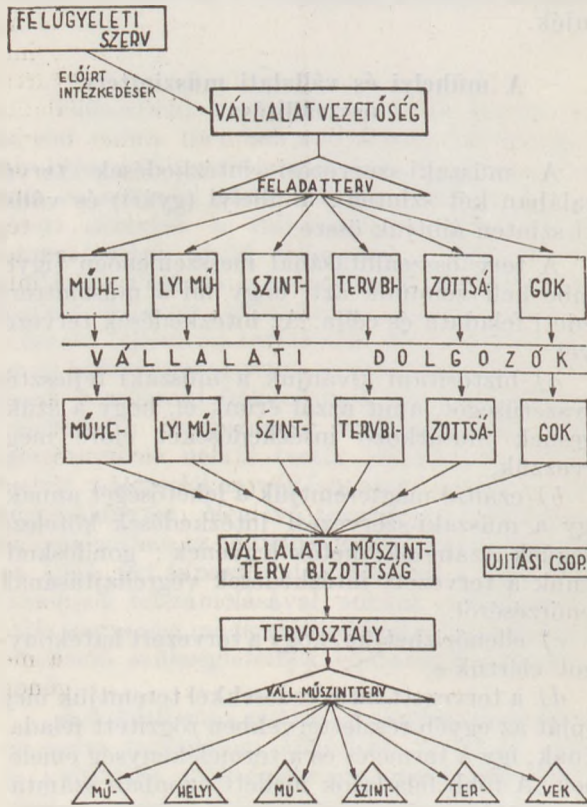
d) a tervezett intézkedésekkel teremtjük meg alapját az egyéb részlettervekben rögzített feladatoknak, így a termelés és a termelékenység emelésének. A főbb feladatok mellett azonban számtalan más tekintetben is döntően a műszaki-szervezési intézkedések szabják meg tervezésünket, így például az anyagtakarékosság, a berendezések jobb kihasználása, a karbantartás, a selejt elleni harc és a minőség javítása, a választék növelése, a munkaigényes és nehéz munkák gépesítése, a munkavédelem és a munkakörülmények kedvezőbbé tétele, az önköltség csökkentése, a forgóeszközök forgási sebességének fokozása stb. terén. A tervezett műszaki-szervezési intézkedésekkel „magyarazzuk meg“, támasztjuk alá voltaképpen azokat a terveket, amelyek egyéb részletterveinként szerepelnek, itt adjuk meg tervezésünknek a realitást.

Ezért a tervezett intézkedéseknek mindig konkrétaknak kell lenniök. Meg kell jelölnünk a tervben az intézkedés pontos leírásán, várható (tervezett) hatékonyságán kívül a végrehajtás határidejét, az azért felelős személyt, az intézkedés végrehajtásához szükséges ráfordításokat és azok pénzügyi fedezeti forrását.

A műhelyi és vállalati szinten készült műszinttervek tartalma eltérő. A műhelyek (gyárrészlegek) számára előírandó műszinttervekben feltétlenül szerepelnek a vállalat által tervezett vagy számára előírt intézkedések. A vállalati műszinttervek viszont a műhelyi tervekben szereplő intézkedésekből tevődnek össze. A vállalati műszintterv csak a vállalat szempontjából lényeges intézkedéseket

tartalmazza. A vállalati és műhelyi intézkedési tervek közötti fő különbség tehát csak abban áll, hogy a műhelytervek sokkal részletesebbek, több intézkedést tartalmaznak, mert hiszen ezekben már minden tervezett intézkedés szerepel.

A műszintterv összeállításának vázlatos menete tehát vállalaton belül a következő:



A műszintterv készítésének központi kérdése a dolgozók bevonása a tervezés munkájába. A műszintterv keretében a vállalati dolgozóknak a legmesszebbmenő lehetőségük nyílik arra, hogy hogy vállalatuk következő évi tervét befolyásolják, annak készítésébe beleszólást gyakoroljanak. Erre a lehetőségre a vállalat társadalmi szervein keresztül (pártszervezet, szakszervezet) a dolgozók figyelmét fel kell hívni és azt kell biztosítani, hogy ezzel a jogukkal valóban éljenek. Ezen a módon kerül a terv kapcsolatba a dolgozó tömegekkel — viszont a dolgozók tömegeinek bevonása az eddiginél nagyobb mértékben fogja biztosítani a terv realitását, megalapozottságát.

A műszaki-szervezési intézkedések fő irányai

A téglaiipar rendkívül szerteágazó volta miatt és az üzemek technikai színvonalának, gépesítésének eltérő állapota következtében természetesen nem lehet általános útmutatást adni arra, hogy milyen jellegű műszaki-szervezési intézkedéseket tervezzenek a vállalatok. Vállalatoként más és más intézkedésre van szükség ahhoz, hogy a következő tervév fokozott feladatainak a vállalat vagy annak egy-egy üze me megfelelően.

Bizonyos általános, sokhelyütt alkalmazható és sokhelyütt szükséges intézkedésekről mégis érdemes beszélnünk. Ezeket kívánjuk ehelyütt felsorolni, röviden utalva arra, hogy az intézkedés lényege miből áll, milyen eredményre vezet. Csoportosításunk önkényes és csupán a logikai összefüggésekből következik.

a) Többtermelés

Minden műszaki fejlesztésnek, szervezési intézkedésnek elsődleges célja a többtermelés. Ennek kézenfekvő módszere — a beruházásoktól eltekintve — a rendelkezésünkre álló berendezések jobb kihasználása, tehát a kapacitás kihasználásának fokozása. Iparágunkban a nyersgyártó berendezés, a szárítók és a kemencék kapacitáskihasználásának fokozása terén szükséges műszaki-szervezési intézkedéseket tervezünk. Ehhez kapcsolódnak a nyersanyagot szolgáltató bányüzem fejlesztési feladatai.

A technológiai folyamat sorrendjében először a bányával foglalkozunk. Itt fejlettebb, másutt bevált lefedési és fejtési módszerek bevezetése, a padkás és tölséres fejtési módszerek közül a legmegfelelőbbnek meghonosítása, az agyag belső szállítási útjának megrövidítése és ésszerűsítése (pl. a szállítópálya olyan kiképzése, hogy a teli csillék csak vízszintes vagy lejtős pályán kerüljenek továbbításra) képezhetik a szükséges intézkedéseket. Szélesebb körben kell elterjesztenünk a most kipróbálás alatt álló vízszintes földmozgatót, amely nagy mértékben fokozza a termelékenységet, mivel sok munkaerőt tesz feleslegessé. Az agyaggal teli, valamint az üres csillék villamos úton vagy esetleg lóval történő továbbítása is lényegesen javítja a termelékenységet.

A késztermék minőségét nagy mértékben meghatározza a kibányászott nyersanyag összetétele. Különösen olyan bányáknál, ahol az agyag nem egynemű, vagy más anyagokkal (mészke) is szennyezett, fontos lehet az agyag téli pihentetésének, az ú. n. regálózásnak megszervezése. Sok helyen megtörténik, hogy az agyagelőfordulások különböző arányú keverése szolgáltatja a leginkább megfelelő nyersanyagot. Ilyen esetben gondoskodnunk kell arról, hogy kellő ütemben, szakszerű bányaművelési terv szerint előre feltárjuk a megfelelő bányarészeket. Mindezekkel az intézkedésekkel nemcsak a többtermelést biztosítjuk, hanem a késztermék minőségét is befolyásolhatjuk. A nyersgyártó berendezések kihasználását kettős irányban fokozhatjuk: időbeli kihasználásukat és egy óra alatti termelésüket. A nyersgyártó berendezéseket gyáraink túlnyomó része az évnek csak bizonyos szakában üzemelteti. A termelés emelésének legegyszerűbb módja az, hogy igyekezzünk minél nagyobb nyersgyártást biztosítani és ezzel kemencéink téli működtetését is lehetővé tenni. Ezt azonban megfelelő műszaki és szervezési intézkedésekkel kell előkészítenünk. Üzemeink egyik legfontosabb feladata az, hogy a tégl- és cserépprések többműszakos üzemét megvalósítsák. Ennek előkészítése során gondoskodni kell a munkahelyek megvilágításáról, kétműszakos személyzet betanításáról, a két mű-

szak vezetésének el'átásáról stb. Szorosan kapcsolódik ehhez a kérdéshez a tervszerű mege'özö karbantartás kifejlesztése.

A téglaiipar legszűkebb keresztmetszete jelenleg a szárítás. Szárítóink kapacitása a prés- és kemencekapacitás alatt van, itt van legnagyobb szükség arra, hogy a gyárak minél szé'esebb körben alkalmazzák a korszerű szárítási módszereket, elsősorban a jól bevált Kartacev-féle rendszert. Vállalataink ettől még ma is idegenkednek, holott az 1953. év során hazai példák igazolták az ennek révén a szűk keresztmetszet áthidalása terén elérhető eredményeket (például a Kerámia Téglagyárban, amely ezt a rendszert jól alkalmazta és ezzel szárítóinak kapacitását lényegesen emelte). A Kartacev-féle szárítási módszer bevezetése lényeges szervezési intézkedéseket igényel, azonban jóformán minden pénzbeli ráfordítás nélkül megoldható. A szárításhoz kapcsolódik a belső anyagmozgatás észszerűsítése. Igen sok üzemünk még ma is teljes egészében kézi úton szállítja a nyerstéglát a préstől a szárítókig, onnan pedig a kemencébe. Csekély áldozattal megoldható akár a motoros, akár a lóvontatás, mindkettőhöz azonban a sínhálózat körforgalomra való átállítása, a fordítókorongok kikapcsolása és körív-sínszelvények beiktatása szükséges.

Természetesen a műszaki intézkedési tervbe tartozik a szárítás és a belső anyagmozgatás mechanizálása a Keller-szárítók révén. Ez függvénye a beruházási tervnek, de ezen túlmenően jelentős szervezési intézkedéseket is szükségessé tesz (pl. munkavállalók oktatása, helyes munkaszervezési módszerek bevezetése stb.).

Az égetés területén elsősorban a gyorségetés különféle módszereinek bevezetésével érhetünk el jelentős eredményeket. A kis- és közép nagyságú kemencéknél a Duvanov-, a nagy kemencéknél a Mazov-féle égetés bevezetése jelentős többtermeléshez vezet. Ez sem beruházási kérdés általában, hanem inkább szervezést igényel.

b) Minőség és választék

Minden egyes gyárunk rászorul a minőség javítására. Az ennek érdekében álló intézkedések csaknem minden üzemrészt érintenek. A bányászati vonatkozásokat röviden már érintettük. A nyersanyaggyártásnál a megfelelő keverési arányok betartása, illetve javítása, a gépsorozatba esetleg szükséges további közbenső, kiegészítő őrlő- vagy adagológépek beiktatása sokhelyütt elkerülhetetlen. A levágás automatizálása is hozzájárul a minőségjavításhoz, ugyanígy a belső szállítás mechanizálása. A szárítás területén a nyersgyártmány épségének és minőségének megóvása legyen elsősorban a feladatterv célja. A megfelelő megdolgozás érdekében az aprító- és őrlógépek TMK keretében végzendő alapos nagyjavítása előfeltétele a megfelelő minőségnek. Gondosan meg kell vizsgálnunk, hogy a téglá minősége az égetés eddigi rendszerének megváltoztatásával nem javítható-e (pl. magasabb hőfokon történő égetéssel a II. o. téglá I. osztályúvá javítható).

Az új kormányprogramnak megfelelően összetételében megváltozott építési program nagy mértékben fokozza az üregek téglagyártmányok és a cserép iránti szükségletet. Ahol az agyag erre alkalmas, megfelelő műszaki intézkedéseket kell tennünk arra, hogy ezek gyártását a vállalatok fokozzák és téglagyártmányaik választékát bővítsék.

A minőség kérdéséhez kapcsolódik — mint a legtöbb vállalatnál feltétlenül szükséges intézkedés — a minőségi ellenőrzés és a készgyártmányok válogatásának kérdése. A MEO vállalataink mindegyikénél alacsony fokon áll. Ennek megjavítása szervezés — és megfelelő káderek — kérdése. Ugyancsak szervezésen múlik, hogy végre mindegyik megvalósítsák vállalataink a kihordott téglá és cserép minőségi osztályok szerinti válogatását. Mindezek a kérdések a műszaki-szervezési intézkedési tervek körébe tartoznak.

c) Selejt

A nyers és égetett selejt — ideértve az időjárás behatásai nyomán előálló elemi kárt is — jelentősen csökkenti a termelés mennyiségét és értékét. A selejt csökkentésére irányuló intézkedések nem hiányozhatnak a műszinttervből. Amint a selejt okozója is igen sokféle lehet a téglagyárakban, éppúgy az ezek elleni intézkedések is különbözőek; ezek közül ki kell emelnünk a bányászati jellegű intézkedéseket, főként az agyagban előforduló mészkövek, mészrögök eltávolítását, a megfelelő keverésről, soványítóanyagról való gondoskodást.

d) Tervszerű megelőző karbantartás

A téglaiiparban a TMK még gyermekcipőkben jár. Szervezése itt-ott megindult, azonban a karbantartásnak tervszerű elvégzése, a TMK fegyelme még nem alakult ki vállalatainknál. Ennek alapos megszervezése pedig elengedhetetlenül szükséges ahhoz, hogy a téglá- és cserépprések, kotrógépek és meghajtógépek igen jelentős állásidejét számottevően és fokozatosan csökkenthessük.

e) Anyagtakarékosság

A téglaiipari vállalatok hajlamosak arra, hogy az anyagtakarékosság kérdését elhanyagolják, abból kiindulva, hogy a téglá és cserép nyersanyagát maguk termelik ki, vásárolt nyersanyaggal tehát nem dolgoznak. Ez a felfogás helytelen, mert az anyagtakarékosság nem korlátozható az alapanyagokra. Mindenekelőtt a szénfelhasználás terén mutatkozik iparunkban sok teendő. Igen sok helyen használunk ma is meg nem felelő szénkeverékeket; a legtöbbször az eddigi helyzetben állapotban még a téglaiiparnak juttatott szén általában gyenge minősége mellett is lehet segíteni. További lépést jelentene az automatikus (Ruetz) tüzelőberendezések szélesebbkörű alkalmazása. Ennek a berendezésnek hazai gyártása megoldott kérdés, viszonylag csekély beruházási összegből a kemence automatikus szénellátása — ezzel a tüzelés sokkal jobb szabályozása — elérhető. Igen sok a teendő a széntárolás terén.

Helyes tárolási módszerekkel, megfelelő óvintézkedések bevezetésével a téglagyárakban az év nagy részében megtalálható szénhalmok öngyulladása minimumra csökkenthető. Az országos áramellátás érdekében is fontos különösen a nagyobb üzemek áramfogyasztási csúcsainak olyan beállítása — megfelelő szervezéssel — hogy az áramfogyasztás ingadozásait kikapcsoljuk és vételezünk az országos érdekeknek leginkább megfelelően alakíthatassuk.

f) *Termelékenység fokozása*

A téglaiipar sokezer munkáskezet foglalkoztat. Gépesítése más iparágakhoz viszonyítva aránylag elmaradott. Ezért tág tere nyílik a termelékenység fokozásának. Ezt nemcsak beruházásokkal érhetjük el, hanem kiegészítéssel, munkaszervezéssel, technológiai módszerekkel is. Már az előbb felsorolt szempontok túlnyomó része is a termelékenység fokozását szolgálja; ezeken túlmenően azonban foglalkoznunk kell a termelékenység emelését közvetlenül befolyásoló létszámmegállapítás kérdésével, a munkaidőkihasználással, a teljesítmények emelését lehetővé tevő észszerűsítésekkel stb. A termelékenység emelése különösen a téglaiiparban döntő kérdés, mely téren fokozott feladataink vannak. Ennek a szempontnak tehát végig kell vonulnia a műszintterv egész készítésén. A dolgozók előtt is — a feladattervben — érthetővé kell tenni a termelékenység emelésének elsőrendű fontosságát és oda kell hatni, hogy a széleskörű kezdeményezés az e téren elérhető rejtett tartalékokat feltárja.

g) *Szállítás*

Iparunk nagytömegű terméket szállít el gyáraiból különböző felhasználóknak. A szállítás helyesebb megszervezésével is a termelékenység fokozását szolgáljuk, mert hiszen a szállítási-rakodási munka ma még csaknem mindenütt kézi erővel történik. A rakodás fejlettebb, gépesített módszerei hazánkban általában még nem használatosak. Próbálkozások történtek ugyan a vagon- és hajórakodásnál szállítószalagok alkalmazására, továbbá kezdetleges kísérletek a konténerben való szállításra, de egyik módszer sem terjedt el. Ezen a téren megfelelő szervezéssel nagy eredményeket érhetünk el.

h) *Munkavédelem*

A balesetelhárítás és munkavédelem terén minden üzemben további műszaki és szervezési intézkedések szükségesek. Ezek felsorolása nem is lehetséges, annyira eltérőek a körülmények, de tennivaló mindenütt igen sok van. Ide tartozik még a munkakörülmények megjavítását célzó intézkedések egész sora, mint pl. a porelszívó berendezések felszerelése, hűtőventilátorok alkalmazása stb.

i) *Önköltségcsökkentés*

A termelékenység fokozásán, a többtermelésen, a minőség javításán és a selejt csökkentésén, az anyagtakarékoságon keresztül is önköltség-

csökkentést érünk el. Közvetlen intézkedések is elképzelhetők azonban az önköltség csökkentése érdekében. Például: a rakodóbrigádok olyan átszervezése, amely a felmerült fekbérek kiküszöbölésére alkalmas stb.

k) *Forgóeszköz-csökkentés*

A forgási sebesség növelését olyan intézkedésekkel érhetjük el, amelyek alapján véve műszaki jellegűek. Az anyagraktárak felülvizsgálata, elfekvő anyagok felajánlása, a vállalaton belüli anyagkezelés észszerűsítése, a gyártási átfutási idő rövidítése, a készgyártmányok tárolási idejének megrovidítése mind olyan természetűek, amelyek műszaki és szervezési intézkedéseket igényelnek.

*

Mindezekkel csak röviden kívántunk utalni egyes olyan szempontokra, amelyek igen sok vállalatunknál megoldandó kérdésként jelentkeznek és megoldásuk a műszintterv feladatai közé tartozik.

A műszaki-szervezési intézkedések hatékonysága

A műszinttervvel szemben támasztott követelmények (Kontorovics nyomán):

1. tartalmát azok az intézkedések képezik, amelyek a vállalat egyéb részletterveiben szereplő mennyiségi és minőségi mutatók elérését biztosítják;
2. világos intézkedéseket tartalmazzon, amelyek alapján konkrét utasítások adhatók;
3. az intézkedések hatékonyságát, a belőlük származó megtakarítást fel kell tüntetni (és ezeken az egyéb tervekben is tükröződniük kell);
4. biztosítani kell a műszinttervben és az egyéb tervekben is alkalmazandó haladó műszaki és gazdasági normák összhangját.

Mindezekből következik, hogy a műszinttervnek tartalmaznia kell a tervezett intézkedések hatékonyságának számszerű adatait. Részben épp ezeken keresztül kapcsolódik a műszintterv a vállalat egyéb részletterveire.

A hatékonyság meghatározása, kifejezése sok esetben problémát jelent műszaki és tervező kérdéseinknek. Megkíséreljük, hogy ezen a téren néhány jellemző esetre útmutatást adjunk.

Többtermelésre irányuló intézkedéseink hatékonyságát legegyszerűbben az intézkedés révén elért többtermelés mennyiségével és értékével jellemezhetjük. A többtermelés ezenfelül az önköltséget csökkenti és a termelékenységet fokozza, mert hiszen az állandó jellegű költségek összege és az időbéresek létszáma általában nem emelkedik a termeléssel párhuzamosan. Mivel azonban az így elérhető eredmények kimunkálása meglehetősen körülményes és nehézkes, meg szoktunk elégedni a többtermelés értékének kiszámításával.

Ha azonban a részletesebb számításra mégis szükség volna, ezt a következő módszerrel végezzük:

a) Ismert előttünk az előállított gyártmány (pl. téglá) önköltsége az intézkedés bevezetése előtt.

b) Előkalkulációt kell végeznünk, hogy meghatározzuk, miként fog alakulni a gyártmány önköltsége az intézkedés bevezetése után. Ennél az intézkedésnél azonban az egyéb körülmények (pl. anyagtakarékosság) folytán elérendő, tervezett önköltségváltozást figyelmen kívül hagyjuk, mert csak ennek az intézkedésnek hatékonyságát kívánjuk meghatározni. Lényegében tehát az állandó (általános) költségek nagyobb termékmennyiségre való eloszlásából ered a megtakarítás. (Ézzel a kérdéssel külön is foglalkozunk.)

c) Az így meghatározott előkalkulált önköltség ismeretében a következő képlet szerint számíthatjuk ki a többtermelés révén elérendő költségcsökkenést:

$$M_{kap} = (\bar{O} - \bar{O}_1) \cdot P \cdot \bar{O}$$

ahol

M_{kap} = atermelőeszközök kapacitásának jobb kihasználása révén elért önköltségsökkentés (megtakarítás),

\bar{O} = gyártmányönköltség az intézkedés bevezetése előtt,

\bar{O}_1 = gyártmányönköltség az intézkedés bevezetése után,

P = a berendezés óránkénti termelése darab-számban,

\bar{O} = a berendezés tervidőszakra tervezett munkaóráinak száma.

Például: Valamely téglagyár a bázisidőszakban 220,— Ft-ért állította elő a kisméretű tömör falazótéglát. A következő évben az állásidők csökkentése révén 5%-kal emeli termelését. Termelés óránként 5000 db. A tervidőben 2100 órán keresztül lesz a prés üzemben. Az elérendő megtakarítás az állandó költségeknél 3,— Ft.

Számításunk a fenti képlet szerint:

$$M_{kap} = \frac{(220 - 217)}{1000} \cdot 5000 \cdot 2100 = 31\,500 \text{ Ft.}$$

Az általános (állandó) üzemi költségekben mutatkozó megtakarítás kétféle lehet: közvetlenül e költségek csökkentéséből származhat, vagy a termelés növekedése folytán áll elő. Utóbbi esetben a megtakarítás számítása:

$$M_a = \left(\frac{\bar{A}k}{Q_b} - \frac{\bar{A}k}{Q_t} \right) \cdot Q_t,$$

ahol

M_a = állandó költségekben mutatkozó megtakarítás,

$\bar{A}k$ = állandó költségek összege,

Q_b = termelés mennyisége bázisidőszakban,

Q_t = termelés mennyisége tervidőszakban.

Ha pl. egy téglagyár termelése 20 millió db-ról 22 millió db-ra emelkedik, az állandó költség mindkét évben 440 000 Ft, a számítás a következő:

$$M_a = \left(\frac{440\,000}{20\,000} - \frac{440\,000}{22\,000} \right) \cdot 22\,000 = 44\,000 \text{ Ft}$$

Az anyagmegtakarításból eredő hatékonyság (megtakarítás) számításának több esete lehet. Mindenekelőtt lássuk azt az esetet, amikor — a minőség megóvása mellett — kevesebb anyagból

állítjuk elő ugyanazt a gyártmányt. (Lényegileg a felhasználási norma csökken.) Számításunk:

$$M_n = (A - A_1) \cdot Q \cdot F$$

ahol

M_n = megtakarítás anyagnormacsökkenés folytán,

A = anyagfelhasználás fajlagos mennyisége intézkedés előtt,

A_1 = anyagfelhasználás fajlagos mennyisége intézkedés után,

Q = a gyártmány tervezett termelése mennyiségben,

F = az anyag egységára forintban.

Nem tekintjük ide tartozónak az anyagárcsökkenésének esetét, mert ez nem műszaki jellegű intézkedés nyomán áll elő. Ellenben gyakran előfordul, hogy valamely anyag helyett más, szintén megfelelő, de olcsóbb anyag használatát vezetjük be (pl. importanyag helyett hazai származású anyag). Ennek a műszaki intézkedésnek a devizamegtakarítás mellett, ami nem a vállalatnál jelentkezik, önköltségsökkentési eredménye is van. A megtakarítás számítása:

$$M_{av} = (N \cdot F - N_1 \cdot F_1) \cdot Q$$

ahol

M_{av} = anyagváltozásból eredő megtakarítás,

N = régi anyag normája mennyiségben,

F = régi anyag egységára,

N_1 = új anyag normája mennyiségben,

F_1 = új anyag egységára,

Q = termelés mennyisége.

Ha pl. egy vállalat színes mettlachi lap gyártásánál külföldi eredetű festékanyag helyett belföldi festékanyag használatára tér át, a számítás a következőképp alakul:

A régi festékből kellett 1 m²-hez 10 dg, egységára 50,— Ft/kg, az új anyagból szükséges 15 dg, egységára 20,— Ft/kg, termelés 50 000 m² mettlachi padlólap.

$$M_{av} = (0,1 \cdot 50 - 0,15 \cdot 20) \cdot 50\,000 = 100\,000 \text{ Ft.}$$

A selejtsökkentésből származó megtakarítás számítása is hasonló egyszerű képlettel érhető el.

$$M_s = \left(\frac{S - S_1}{100} \cdot Q \right) \cdot (F - F_s),$$

ahol

M_s = selejtsökkentésből eredő megtakarítás,

S = intézkedés bevezetése előtti selejtszázalék (a termelés %-ában),

S_1 = intézkedés bevezetése utáni selejtszázalék,

Q = a termelés mennyisége,

F = a gyártmány egységének ára forintban,

F_s = a selejtes gyártmány egységének ára forintban (törmelékérték).

Ha például valamely téglagyár szélesebbkörű műszaki intézkedésekkel a bázisidőszakbeli 4% selejtet 2,5%-ra tervezi leszállítani, akkor 20 millió darabos tervezett termelés mellett a várható megtakarítás a következőképp alakul (a téglá ára 256,— Ft, a selejtes törmeléké 56,— Ft)

$$M_s = \left(\frac{4 - 2,5}{100} \cdot 20\,000 \right) \cdot (256 - 56) = 60\,000 \text{ Ft.}$$

Végezetül vizsgáljuk meg a munkaidő-, illetve munkabérmegtakarítás kiszámításának módszerét. Ha csak a gyártmány előállításához szükséges munkaidő csökken a tervezett intézkedés nyomán, akkor a számítás:

$$M_i = \left[(T - T_1) \cdot \frac{B}{60} \right] \cdot Q,$$

ahol

M_i = munkaidő ráfordítás csökkenéséből előálló megtakarítás,

T = a gyártmány előállításához szükséges időnorma percekben, az intézkedés bevezetése előtt,

T_1 = ugyanaz, az intézkedés bevezetése után,

B = órabér forintban,

Q = tervezett termelés darabszáma.

Ha tehát intézkedésünk nyomán 1000 db téglá előállításához szükséges normaórák száma 17,5 órától 16 órára csökken, akkor 20 millió db előállítása esetén 4,20 Ft átlagos órabér mellett:

$$M_i = (1050 - 960) \cdot \frac{4,20}{60} \cdot 20\,000 = 126\,000 \text{ Ft.}$$

Némileg módosul a számítás akkor, ha a műszaki intézkedés nyomán nemcsak a gyártmány előállításához szükséges munkaidő változik meg, hanem az elvégzendő munka más bérkategóriába tartozik (pl. egyszerű kézimunka helyett gépkezelők munkája lesz szükséges). Ilyen esetben

$$M_{ib} = \left(T \cdot \frac{B}{60} - T_1 \cdot \frac{B_1}{60} \right) \cdot Q,$$

ahol

M_{ib} = munkaidő ráfordítás és bérkategória változából eredő megtakarítás,

T = a gyártmány előállításához szükséges időnorma percekben, az intézkedés bevezetése előtt,

T_1 = ugyanaz, az intézkedés után,

B = az intézkedés előtti órabér forintban,

B_1 = az intézkedés utáni órabér forintban.

Q = tervezett termelés darabszáma.

Ha valamely kézzel végzett munkát, melynek normája 70 perc volt, órábéré 3,30 Ft, ezentúl géppel végeztetnek el, ahol a gépkezelők átlagos órabéré 4,20, a szükséges normaidő 50 perc, a művelet tervezett száma 30 000, a számítás fenti képlet szerint a következő:

$$M_{ib} = \left(70 \cdot \frac{3,30}{60} - 50 \cdot \frac{4,20}{60} \right) \cdot 30\,000 = 10\,500 \text{ Ft.}$$

Hasorló módszerekkel kiszámítható minden, itt nem részletezett műszaki-szervezési intézkedés hatékonysága is.

*

A hatékonysági számításban feltüntetett eredménynek vissza kell tükröződnie a vállalat egyéb részletterveiben.

A műszintterv teljesítését éppúgy ellenőrizük, mint az egyéb tervek végrehajtását. Nemcsak a konkrét módon megtervezett határidőkön, hanem a hatékonyság előre megtervezett értékének utólagos ellenőrzésén keresztül is ellenőrizzük a műszintterv eredményeit. Erre a statisztika és a könyvvitel (utókalkuláció) nyújt lehetőséget.

*

Ahhoz, hogy a téglaiiparban a műszintterv révén elérhető eredményeket biztosíthassuk, fenti értelemben kell szervező munkánkat a jövőévi feladatok ismeretében megkezdenuk. A fenti, nagy vonalakban leírt módszereket továbbfejlesztve, a műszintterv-akciót következetesen kell végigvinnünk üzeminkben. Ezzel nagy mértékben hozzájárulhatunk iparágunk műszaki színvonalának emeléséhez.

Feszültségek az üvegben

APÁTI ATTILA

A belső feszültségek kialakulásánál az üveg fizikai tulajdonságai közül a viszkozitás, a hőtágulás, a hővezetés és a nyúlás fontos szerepet játszanak.

Ha az üveg hőmérsékletét emeljük, fokozatosan — kezdetben alig észrevehetően — lágyulni kezd, majd egyre lágyabb, végül is folyékony állapotot ér el. Az üveg viszkozitása a hőmérséklet függvénye és azzal rohamosan változik. Így attól a hőfoktól kezdve, amikor a viszkozitás már kezd mérhető értékűvé válni, egészen az olvasztási hőfokig, a viszkozitás kb. 10^{14} poise-tól 10^2 poise értékig csökken. Mivel az üvegnek nincs határozott olvadáspontja, a különböző fajta üvegek jellem-

zésére egyes, a gyakorlati élet szempontjából célszerű, egyébként azonban önkényesen választott viszkozitás értékekhez adjuk meg a hozzátartozó hőfokot. Így 10^{13} poise az a viszkozitásérték, melynél külső erők, vagy belső feszültségek hatására az üveg részecskéinek egymáshoz viszonyított lassú elmozdulása lehetővé kezd válni. Ezen viszkozitásértékhez tartozó hőfok az úgynevezett „transzformációs pont”. A különböző fajta lágy üvegeknél a transzformációs pont $400\text{—}450\text{ }^\circ\text{C}$, míg kemény üvegeknél általában $500\text{—}550\text{ }^\circ\text{C}$ közé vagy még feljebb esik.

A transzformációs pont helyett néha két másik jellemző pontot szoktak megadni. Az egyik

az alsó hűtési pont, ez az a hőmérséklet, ahol a viszkozitás: $\eta = 4 \cdot 10^{14}$ poise. A másik a felső hűtési pont, melynél: $\eta = 2,5 \cdot 10^{13}$ poise.

Ha az üveget lángban munkáljuk meg, a viszkozitás értéke $10^5 - 10^8$ poise.

A belső feszültségek kialakulásánál nagy szerepet játszik az üveg hőtágulása. A fizikából jól ismert összefüggés szerint valamely rúdnál a hőmérsékletnövekedés által okozott nyúlás:

$$\Delta l = l_1 - l_0 = \alpha \cdot l_0 \cdot (t_1 - t_0) \quad (1)$$

ahol $(t_1 - t_0)$ a hőfoknövekedés, l_0 a rúdnak t_0 hőfokon mért, l_1 pedig a t_1 hőfokon mért hosszúsága. α a hőtágulási együttható, amely az egységnyi hosszúságú rúd megnyúlását adja, egységnyi hőmérsékletváltozás mellett. Értéke az egyes üvegfajtáknál erősen különböző, a következő határok között:

- Kvarc-üveg $\alpha = 6 - 7 \cdot 10^{-7}$
- Kemény üvegek $\alpha = 30 - 50 \cdot 10^{-7}$
- Lágy üvegek $\alpha = 80 - 120 \cdot 10^{-7}$

A hőtágulás meghatározására dilatométer szolgál. Ezzel nyerjük a hőtágulási görbét, vagyis a hőtágulást a hőmérséklet függvényében.

Ilyen, az üvegekre jellemző dilatometrikus görbét mutat az 1. ábra, mely belső feszültségektől mentes üvegrúdra vonatkozik. (A feszültséges üveg hőtágulási görbéje ugyanis ettől kissé eltérő.) A görbe kezdetben csaknem vagy egészen egyenes, s csak a magasabb hőmérsékleteken, a transzformációs pont közelében kezd erősebben felfelé hajlani. Az α értékét bármely hőmérsékletnél a kérdéses pontban a görbéhez húzott érintő iránytangense adja. Bármely két, tetszőlegesen kiválasztott hőfok között az átlagos hőtágulási együtthatót a görbét metsző egyenes hajlásszögének tangense adja meg. Így pl. az ábrában a T_0 szobahőfok és T_t transzformációs pont közötti átlagos hőtágulási együtthatót a φ szög tangense adja.

Az üveg hűlésénél a hővezetésnek van jelentős szerepe. Az üveg rossz hővezető, a hővezetési együttható értéke $0,0016 - 0,003$ [cal/cm sec Grad] értékek között változik szobahőmérsékleten (vasnál - 0,174, réznél: 0,92). A hőmérséklet növekedésével a hővezetési együttható értéke is nő.

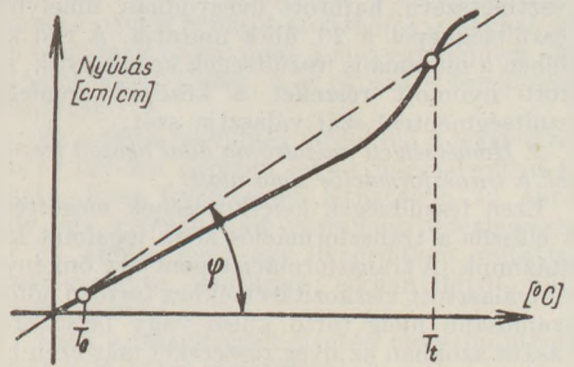
A nyúlás és a feszültség közötti összefüggést megadó Hooke-törvényben:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E \quad (2)$$

egyenletben szereplő, E -vel jelölt rugalmassági (Young-) modulus értéke a különböző üvegeknél $0,5 - 1,0 \cdot 10^6$ [kg/cm²] értékek között van; átlagosan $0,6 - 0,65 \cdot 10^6$ -nak vehető. A Young-modulus a hőmérséklet növekedésével általában csökken. A csökkenés csak kis mértékű és nem jelentős és csupán a transzformációs pont közelében kezd rohamossá válni.

Ha egy egységnyi élhosszúságú kockát húzásnak vetünk alá, s a húzás következtében az megnyúlik ε -nal, akkor a húzásra merőleges irányban összehúzódás (kontrakció) tapasztalható, melynek értéke: $\nu \cdot \varepsilon$. A ν tényező (Poisson-féle viszonyszám) üvegnél 0,3-nek vehető.

Az üveg szakítószilárdsága kb. $400 - 800$ [kg/cm²] közé esik. Értékét igen nagy mértékben



1. ábra.

befolyásolja a külső felület állapota: apró, szabad szemmel esetleg észre sem vehető karcolások, sérülések jelenléte. Jól ismert az a jelenség, hogy egy üvegrúd eltöréséhez szükséges erő a töredékre csökken, ha a rudat előzetesen megkarcoljuk. Az üveg nyomásra kb. 15-ször akkora igénybevételt bír el, mint húzásra, nyomószilárdsága: $6,000 - 12,000$ [kg/cm²]. Ezért általában a húzófeszültségek jelenléte a veszélyes, a gyakorlatban legtöbbször ezek okozzák a törést. Ritka az az eset, amikor az igen nagy értékű nyomófeszültségek mellett nulla, vagy csak jelentéktelen értékű húzófeszültségek lépnek fel, s emiatt a törést a nyomóigénybevételnek tulajdoníthatjuk.

Üvegfeszültségek

Az üvegben észlelhető feszültségeket keletkezésük oka és módja szerint a következőképpen csoportosíthatjuk:

I. Ideiglenes feszültségek

Ezek a feszültségek — mint az elnevezésük is mutatja — ideiglenesen, csak addig léteznek, amíg az azokat előidéző ok fennáll. Jelentőségüket nem szabad lebecsülnünk, mert még rövid idő alatt is okozhatnak törést, ha értékük a szilárdsági határt meghaladja. Csökkentésük, illetve megszüntetésük az azokat előidéző ok csökkentésével, illetve kiküszöbölésével lehetséges.

Ebbe a csoportba a következő kétféle feszültség tartozik:

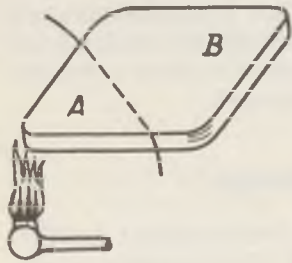
1. Külső mechanikai terhelés által okozott feszültségek.

Ezeket a feszültségeket külső erők okozzák. Törés bekövetkezése nemcsak nagyságuktól, hanem a terhelés időtartamától is függ. Az üveg ugyanis magasabb terheléseket bír el rövid idő alatt, mint hosszú idő alatt, s gyakran megtörténik, hogy egy bizonyos, állandó terhelés alatt az üveg csak napok, vagy esetleg hetek múlva törik el. Ebben a csoportba tartozó feszültségekre példák: külső terheléssel (esetleg ütéssel) igénybevett üvegtábla, belső túnyomás alatt álló palackok, préselt üvegtárcsájú rádiócsövek, melyek érintkező lábaira a foglalat feszítő hatást gyakorol stb. Ilyen feszültségek lépnek fel abban a négyszög-

keresztmetszetű, hajlított üvegrúdban, amelynek a feszültségképét a 20. ábra mutatja. A rúd két szélében a maximális feszültségek keletkeznek, s a húzott nyomott részeket a középső semleges (feszültségmentes) szál választja szét.

2. *Hőmérsékleti anizotrópia által okozott feszültségek a transzformációs zóna alatt.*

Ezen feszültségek keletkezésének megértéséhez először a transzformációs zóna fogalmát kell tisztáznunk. A transzformációs pont egy önkényesen kiválasztott viszkozitásértékhez tartozó hőfok. Huzamosabb ideig tartó külső vagy belső erők hatására azonban az üveg részecskéi már ezen hőfoknál alacsonyabb hőmérsékleteken is egymáshoz képest kissé el tudnak mozdulni; viszont hirtelen, rövid ideig tartó erők hatására az üveg még a transzformációs pont felett (nem sokkal magasabban) fekvő hőmérsékleteken is szilárd testként viselkedik. A transzformációs zóna a transzformációs pontot is magában foglaló, hőfokhatárok közé eső szakasz. E zóna alatt az üveg, mint szilárd test viselkedik, a ráható feszültségek benne elasztikus deformációt keltenek; felette viszont a ráható erőknek viszkozusan enged. Magában a transzformációs szakaszban az üveg viszkozoplasztikus tulajdonságokat mutat, azaz a hatóerők nagyságától és a terhelés időtartamától függően egyszer viszkozus, másszor szilárd testként viselkedik.



2. ábra.

Ezek ismeretében képzeljük most el, hogy egy üveglap egyik részét úgy melegítjük (lásd 2. ábra), hogy a melegítés tartama alatt hőmérséklete nem éri el a transzformációs zónát, tehát az mindenütt tökéletesen szilárd testként viselkedik. A melegített „A” rész igyekszik kitágulni, azonban a rossz hővezetés miatt viszonylag hidegen maradó „B” rész gátolja ebben. Emiatt a melegített „A” részben nyomó, a hidegen maradt „B” részben húzó feszültségek keletkeznek. Ezek a feszültségek azonban csak addig észlelhetők, amíg a hőmérsékleti egyenlőtlenségek fennállnak. Mihelyt az egész üveglap azonos hőmérsékletű lesz (egyenletesen felmelegszik vagy lehül), azok teljesen megszűnnek.

Az ebbe a csoportba tartozó feszültségek lépnek fel az árammal terhelt, üvegbe vezető elektródák mentén (pl. izzólámpáknál, rádiócsöveknél), ha a terhelés miatt a bevezető felmelegszik; vagy a rádiócsövek szerelésénél, amikor a szerelvény felhegesztése alkalmával a bevezető elektróda erősen felmelegszik.

II. Maradandó feszültségek

Ebbe a csoportba tartoznak azok a feszültségek, amelyek keletkezésük után tartósan, állandóan az üvegben maradnak. Ezen feszültségek két részre oszthatók.

A) *Maradandó feszültségek, melyek utólagos hőkezeléssel (hűtéssel) megszüntethetők.*

E csoportba a következő feszültségek sorozhatók:

1. *A transzformációs zóna feletti hőmérsékleti anizotrópia által okozott feszültségek.*

Vegyük szemügyre ismét a 2. ábrát. A melegített „A” rész hőmérséklete legyen nagyobb, mint a transzformációs zónaé. Ekkor a viszkozusan viselkedő „A” részben szabadon érvényesülhet a hőtágulás, a hideg (vagy legalább is jóval a transzformációs zóna alatti hőmérséklettel bíró) „B” rész nem gátolja ebben, mivel a viszkozus „A” részben feszültségek nem keletkezhetnek. Így az „A” rész a hőmérsékletemelkedésnek megfelelően szabadon tágulhat, s elfoglalhatja a magasabb hőmérsékletnek megfelelő nagyobb térfogatot. Ha a melegítés megszűnik, az „A” rész hőmérséklete is csökkenni kezd. Midőn a hőfok eléri a transzformációs zónát, az addig viszkozus „A” rész is kezd fokozatosan megszilárdulni. A már szilárdnak tekinthető „A” résznél a transzformációs zónától szobahőmérsékletig sokkal nagyobb a hőmérséklet esése, mint a vele szomszédos, viszonylag hidegebb „B” résznél. A nagyobb hőfokesés! egyidejűleg az „A” rész többet is kíván lehűlésnél összehúzódni, s emiatt a „B” részben nyomófeszültségeket idéz elő. Az utóbbi viszont a nagyobb mértékű összehúzódást gátolni igyekszik, s ennek következtében az „A” részben húzófeszültségek keletkeznek.

A 21. ábrában látható egy üvegcsík feszültségállapota, ahol az üvegcsík vége a transzformációs zóna feletti hőmérsékletre melegedett. A melegített vég szomszédságától messzebb eső részek feszültségmentesek.

Ezek a feszültségek tartósan megmaradnak akkor is, amikor az üveg már egyenletes hőmérsékletre hűlt le. Ha értékük az üveg szilárdsági határát megközelíti, a törés esetleg napok vagy hetek múlva is bekövetkezhet.

Ezek a feszültségek teljesen megszüntethetők utólagos hőkezelés (hűtés) útján. A transzformációs zónáig felmelegített üveg ugyanis viszkozoplasztikus tulajdonságai folytán a belső feszültségeknek utána tud engedni, s így azok kiegyenlítődhetnek. A hűtés oly módon történik, hogy a feszültségmentesítendő üvegtárgyat kemencébe (pl. elektromos fűtésű kályhába) helyezük, s a hőmérsékletet emeljük. A hőfokemelkedés sebességét a tárgy vastagsága határozza meg; vastag tárgynál ugyanis gyors melegedésnél a rossz hővezetés következtében a belső részek jóval lassabban melegsznek. Ez az egyenlőtlen hőfokeloszlás azután — még a transzformációs zóna alatt — az előbbi pont szerint ideiglenes feszültségeket idéz elő, melyek a felmelegedés folyamán esetleg törést okozhatnak.

A melegítést addig folytatjuk, míg az üveg megfelelő hőfokot el nem ért, s ezen a hőmérsékleten tartjuk megfelelő ideig. A „megfelelő hőfok” és „megfelelő idő” egymással szorosan összefügg. Így például az előzőekben említett alsó hűtési pont az a hőmérséklet, amelyen tartva az üveget, a belső

feszültségek gyakorlatilag 15 óra alatt szűnnek meg. A felső hűtési pontnál a feszültségek 15 perc alatt tűnnek el. Mindkét pontnál a feszültségmentes állapotot csak „gyakorlatilag” érjük el, mivel állandó hőmérséklet mellett a feszültség az idő függvényében aszimptotikusan közelíti meg a zérus feszültséget jelentő tengelyt, vagyis az abszolút feszültségmentes állapot eléréséhez elméletileg végtelen hosszú idő szükséges.

Kisméretű üvegtárgyakat gazdaságosabb magasabb hőmérsékleten, rövidebb ideig állandó hőfokon tartani. Vékonyfalú komplikált alakú tárgyaknál viszont a deformáció veszélyének elkerülése céljából inkább alacsonyabb hőfokon állunk meg, hosszabb ideig. Mindkét esetben azonban az időnek elegendőnek kell lenni ahhoz, hogy a test egész tömegében azonos hőmérsékletet érjessen el.

Miután ily módon az üvegben lévő feszültségek kiegyenlítődték, a következő feladat az üvegnek ezt a feszültségmentes állapotát rögzíteni. Ez lassú hűtéssel történik. A hűtés sebességét a tárgy vastagsága határozza meg, s csak annyira gyorsítható, hogy a tárgy belseje és külseje egyszerre, egyformán hűljön, nehogy a hőmérsékleti anizotropia miatt a transzformációs zónán áthaladás közben az üvegben ismét maradandó feszültségek keletkezzenek. Vastagfalú tárgyaknál emiatt 1—2 [C°/perc], vagy még lassúbb hűtés szükséges; míg vékony fal esetén 10—20 C°-t is elérhet a percenkénti hőfokcsökés. Adott esetben a tárgy vastagságának és az üveg hőtágulási együtthatójának ismeretében diagrammokból kereshetjük ki a megengedhető maximális hűtési sebességet.

Ezzel a sebességgel kell hűtenünk a transzformációs zónában. Biztonság okáért azonban ilyen lassú hűtést alkalmazunk a transzformációs zóna alatt kb. 100 C°-kal (a transzformációs pont alatt kb. 150 C°-kal) fekvő hőmérsékletig. Innen kezdve a már tökéletesen szilárd testként viselkedő üveg gyorsan lehűlhet. A hűlés sebességét csak az korlátozza, hogy a külső és belső részek között fennálló hőmérsékleti egyenlőtlenységek következtében előálló ideiglenes feszültségek ne okozzanak törést a hűlés folyamán. Kis méretű, vékonyfalú tárgyak a transzformációs zóna alatt 100—150 C°-kal alacsonyabban fekvő hőfokról közvetlenül is kivehetők a hűtőkemencéből.

Helyesen végrehajtott hűtéssel az üvegben lévő feszültségek gyakorlatilag teljesen megszüntethetők.

2. Gyors hűlés által okozott feszültségek.

Ezek a feszültségek akkor keletkeznek, ha egy, a transzformációs zóna feletti hőmérséklettel bíró üvegtárgy a transzformációs zónán keresztül hirtelen lehűl. E feszültségek keletkezésének megértéséhez képzeljünk el egy tetszőleges vastagfalú üvegtárgyat, legegyszerűbb esetben pl. egy üvegolyót. A test legyen kívül-belül egyenlő hőmérsékletű, a transzformációs zóna felett. Ha most a golyó hirtelen lehűl, először a külső kéreg dermed meg, hűl le a transzformációs zóna alá. A rossz hővezetés következtében a belső részek még viszkózus állapotban vannak, s így az egyenlőtlen hőfokeloszlás ellenére sincs még feszültség. Midőn azon-

ban a belső részek is teljesen megszilárdulnak, a transzformációs zónától szobahőfokig sokkal jobban húzódnak össze, mint a már egyidejűleg jóval hidegebb külső részek, s ez okozza a feszültségek létrejöttét.

Ez a fajta feszültség fordul elő a leggyakrabban és minden gyorsan lehűt üvegtárgyban fel-lelhető. Ilyen feszültségek láthatók a 22. ábrán, mely egy gyorsan hűlt vastagabb üveglemezben s a 23. ábrán, mely egy üvegrúdban mutatja a (hossztengelyre merőleges síkban lévő) hűlési feszültségeket.

Ezek a feszültségek szintén megszüntethetők a már leírt hűtés segítségével.

3. Feszültségek hirtelen keresztmetszetváltozásnál.

Képzeljünk el egy üvegtárgyat, mely vékonyabb és vastagabb keresztmetszetű részekből áll, a kettő között hirtelen átmenettel. Ha ezt a tárgyat a transzformációs zóna feletti hőmérsékletről viszonylag gyorsan hűtjük, először a vékonyabb részek hűlnek le. Hűlés közben összehúzódnak, de feszültségeket nem tudnak kelteni a szomszédos vastagabb, még viszkózusan viselkedő részekben. Mikor a vastagabb részek hőmérséklete is a transzformációs zóna alá süllyed, addigra a vékonyabb rész lehűlése már jelentősen előresietett. Így a nagyobb hűlésbeli különbségek miatt a már tökéletesen megszilárdult vastagabb részek jobban összehúzódnak, s a vékonyabb részben nyomófeszültségeket idéznek elő. A vékony rész ezt a nagyobb mértékű összehúzódást gátolni igyekszik, ami a vastagabb részben húzófeszültséget eredményez.

Ezek a feszültségek egyedül, más feszültségektől mentesen nem figyelhetők meg. Ahhoz ugyanis, hogy a vékony rész hűlése előresietessen, olyan hűlési sebesség szükséges, amely mellett a vastagabb részben az előbbi pontban leírt hűlési feszültségek is fellépnek. Ez utóbbiakhoz járulnak hozzá a most leírt feszültségek, a vékony és vastag részek találkozásánál. Ez egyúttal magyarázatot ad arra vonatkozólag is, hogy a gyakorlatban a törés rendszerint miért a hirtelen keresztmetszetváltozási helyeken következik be.

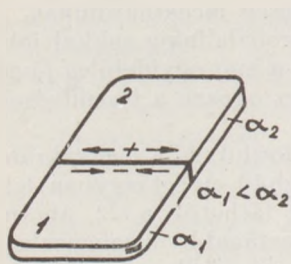
Idetartozó példák: feszültségek palacküvegeknél a vékonyfalú nyak és a palack felső, megvastagított szájrész hirtelen átmenete mentén; rádiócsöveknél, ahol a vékony ballon fokozatos keresztmetszetváltozás nélkül megy át a vastagabb tárcsába stb.

B) Utólagos hőkezeléssel (hűtéssel) meg nem szüntethető maradandó feszültségek.

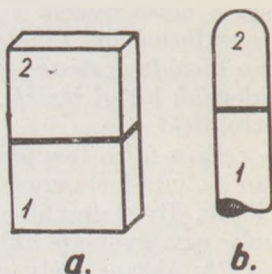
Az ebbe a csoportba tartozó feszültségek maradandóak és hűtéssel meg nem szüntethetők, mivel ezeket nem gyors, vagy egyenlőtlen hűlés, hanem hőtágulásbeli (nyúlási) különbségek okozzák. Két fajtáját különböztetjük meg, aszerint hogy üveggel, vagy fémmel kötiünk össze.

1. Feszültségek különböző üvegek összeforrasztásánál.

A különböző üvegeknek nemcsak az összetételük más és más, hanem fizikai tulajdonságaikban is eltérnek egymástól. Így többek között a hő-



3. ábra,



4. ábra.

tágulás is különböző, aminek következtében a két különböző üveg összeforrasztása mentén feszültségek keletkeznek. Legyen pl. a kötendő két üveg átlagos tágulási együtthatója a transzformációs zóna és szobahőmérséklet között: α_1 , illetve α_2 . Legyen azonkívül $\alpha_1 < \alpha_2$. Kötés után a hűlés sebessége legyen olyan, hogy egyik üvegben se lépjen fel maradandó hülési feszültség a gyors vagy egyenlőtlen hűlés miatt. Míg a hőmérséklet a transzformációs zóna felett van, feszültségek nem tudnak képződni. A transzformációs zóna alatt azonban a már szilárd testként viselkedő két üveg között a különböző mértékű összehúzódások miatt feszültségek keletkeznek. A 2. üveg ugyanolyan hőfokhatárok között jobban húzódik össze, mint az 1. üveg, s emiatt az 1. üvegben az összeforrasztás mentén nyomófeszültségek maradnak. Az 1. üveg a nagyobb mértékű összehúzódást gátolni igyekszik, s emiatt a 2. üvegben húzás lép fel. Ebből fordítva is következtethetünk: amelyik üvegben az összeforrasztással párhuzamos irányban húzófeszültségek figyelhetők meg, az a nagyobb átlagos hőtágulású (lásd 3. ábrát).

Ilyen kötésekre például szolgálnak az ú. n. „átfogott” üvegek, vagy rádiócsöveknél a különböző fajtájú üvegből készült ballonok és tárcsák kötése.

A fellépő feszültségek nagyságát és eloszlását nemcsak a két üveg átlagos hőtágulása közti különbség határozza meg, hanem lényeges szerepe van a kötött tárgyak geometriai méreteinek és alakjának is. Mivel a gyakorlatban a geometriai formáknak számtalan változata jöhet számításba, annak eldöntése, hogy két üveg köthető-e a gyártás által megkövetelt biztonsággal, azaz a fel-

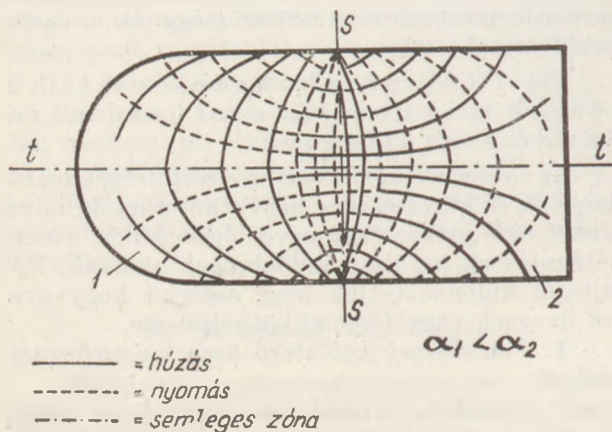
lépő feszültségek még a megengedhető határ alatt vannak-e vagy sem, legcélszerűbben oly módon történik, hogy a két üvegből egy egyszerű geometriai alakú szabványos próbatestet készítünk, s ebben vizsgáljuk a feszültségeket. A próbadarabban megfigyelhető feszültségekből azután gyakorlati megfigyelések és tapasztalat alapján dönthető el, hogy a tényleges kötésben, adott geometriai forma mellett fellépő feszültségek megengedhetők lesznek-e, vagy pedig töréstől kell tartanunk.

Ilyen üveg-kötési próbadarabokat mutat a 4. ábra. A legfontosabb követelmény, hogy a két üveg kötése tökéletes sík mentén történjék. A 4/a ábra a külföldön leginkább használatos hasábalakú próbadarabot, míg a 4/b ábra a szerző munkahelyén végzett vizsgálatoknál használt hengeres összeforrasztást mutatja. Ez utóbbi előnye, hogy a vizsgálandó üvegekből rudak sokkal könnyebben készíthetők, mint adott méretű hasá-bok. Ezenkívül hengeres rudak tompa kötésénél kis gyakorlattal könnyen biztosítható annak sík volta, míg hasábalakú minták kötésénél ennek biztosítása külön segédberendezést (egymással szemben szinkronforgó, s egymáshoz közelíthető pofákkal) igényel!

Feszültségoptikai úton meghatározható az ilyen próbadarabokban fellépő feszültségeloszlás. Hengeres próbadarab esetén az 5. ábra mutatja a feszültségek eloszlását egy átmérősíkbán. A teljes vonalak a húzó, a szaggatott a nyomófeszültségek (főfeszültségek) irányát adják meg. Az eredményvonal a semleges (feszültségmentes) zónát jelzi. A próbatestben a feszültségek eloszlása térbeli, amiről úgy nyerhetünk szemléltető képet, ha az 5. ábrát a „t-t” hossz tengely körül körbeforgatjuk. A „t-t” tengelynek az „s-s” sikkal való metszéspontja szomszédságában mindkét üvegben csak a kötési sikkal párhuzamos főfeszültség létezik; a másik főfeszültség értéke nulla. A próbadarabban a feszültség mérése az o közép-pont közvetlen szomszédságában, a kötés síkjával párhuzamosan haladó fénysugár mentén történik. A mérés eredményét az átmérőnek a gyakorlatban szokásos 3-6 mm-es értéke mellett a vastagság nem befolyásolja. Ilyen hengeres próbatest feszültségképét mutatja a 25. ábra.

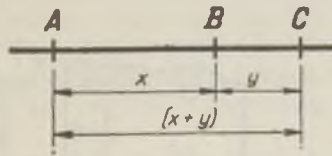
Ha a próbatest egyik fele ismert „standard” üveg, akkor ily módon egy kérdéses fajtájú üveget azonosíthatunk, vagy például egy kemencében az üvegolvadékot állandóan ellenőrizhetjük. Hasonlóan használható különféle üvegek köthetőségének vizsgálatára is, ha a próbadarabban mérhető feszültségértékek kívül a ténylegesen kivitelezendő kötés geometriai alakjának, valamint az esetlegesen várható mechanikai és hőigénybevételeknek a hatását is figyelembe vesszük.

Készítsünk egy A és egy B üvegből próbadarabot, melyben mérjünk x [kg/cm²] feszültséget. A B üveget kössük egy C üveggel s legyen a próbadarabban mérhető feszültség: y [kg/cm²]. Ha most az A üveget kötjük a C üveggel, akkor azt tapasztaljuk, hogy a kettő között $x + y$ [kg/cm²] feszültséget mérhetünk. Ily módon fel-



5. ábra.

rajzolhatjuk a rendelkezésünkre álló üvegek ú. n. „feszültségi sorát“ (lásd 6. ábrát). Egy ismeretlen Z üveget elegendő csupán az egyik, pl. az A üveggel kötni, s a próbadarabban a feszültséget megmérni. Ennek alapján a Z üveg a feszültségi sorba beilleszthető, s ily módon jó tájékozódást nyerhetünk arra vonatkozólag, hogy a Z üveg körülbelül milyen feszültséget ad a B, C stb. üveggel. Ez a lineáris összefüggés azonban csak azonos „keménységű“ üvegek között áll fenn, azaz csak akkor, ha a feszültségi sorban szereplő üvegek transzformációs zónája körülbelül azonos hőfokhatárok közé esik. Hogy az üvegek „keménysége“ miért és mennyiben befolyásol, arról még a későbbiekben szó lesz.



6. ábra.

Üveg-üvegekötéseknél nemcsak a szobahőfokon mért feszültség lényeges, hanem fontos magasabb hőmérsékleteken fellépő feszültségek ismerete is. Ha a próbadarabot kis elektromos fűtésű kályhába tesszük, s a hőmérsékletet addig emeljük, míg a transzformációs zónába nem érünk, a feszültségek eltűnnek a próbatestben. Ha most a hőmérsékletet lassan csökkentjük, egy bizonyos hőfoknál feszültségek fellépését figyelhetjük meg. A további hűlés folyamán feljegyezhetjük a különböző hőmérsékleteknél mérhető feszültségértékeket. Ilyen feszültség hőfokgörbét mutat a 7. ábra IV. görbéje. A hűlés csak lassan történhet, hogy járulékos hűlési feszültségek ne léphessenek fel. Vizsgálatainknál szokásos és jól bevált a 2 [C°/perc] hűlési sebesség.

A feszültség-hőfok görbék minőségileg lezármaztathatók az üvegek dilatációs görbéiből is. Legyen a 7. ábra szerint az I. és II. görbe a két kötött üveg dilatométerrel felvett tágulási görbéje. A II. üveg a keményebb, mivel transzformációs zónája magasabb hőmérsékleten fekszik. T_{II} és T_{I} jelöli azokat a hőfokokat, ahol az I., illetve II. üveg viszkozitása már oly magas értékű, hogy az üvegben feszültségek tudnak képződni. Ez a két hőfok a két üveg „feszültségképződési pont“-ja. Értéke nemcsak attól függ, hogy a kérdéses üveg milyen kemény, hanem

befolyásolja a hűlési sebesség is. Gyorsabb hűlés mellett ez a pont magasabban fekszik. A próbadarabban a lágyabb üveg feszültségképződési pontja feletti hőmérsékleteken feszültségek még nem lépnek fel, mivel ekkor még az elég viszkozus ahhoz, hogy a tágulásbeli különbségeknek utána engedjen. T_{II} hőfok alatt azonban a próbadarabban már megindul a feszültségképződés. Ha az egyik (a 7. ábrán pl. az I.) üveg dilatometrikus görbéjét oly módon toljuk el függőlegesen, hogy a két görbe a lágyabb üveg T_{II} feszültségképződési pontjánál messe egymást és az így nyert elto't (III.) görbe, s a változatlanul hagyott (II.) görbe közti x metszékeket a vízszintes tengelytől megfelelő érte'emben felmérjük, nyerjük a IV. görbét, mely lefutására nézve körülbelül megfelel a mérések alapján nyerhető feszültség-hőfok görbének. Az e'téréseket a transzformációs zónában fellépő ú. n. „relaxációs“ (feszültségenyhülési) jelenség okozza. Ha ugyanis kevéssel a T_{II} hőfok alatt (még a transzformációs zónában) a hűlést megállítjuk, s hosszabb ideig állandó hőmérsékleten tartjuk az üveget, a már képződött feszültségek csökkenni kezdenek, s bizonyos idő elmúltával teljesen meg is szűnhetnek (pl. az alsó hűlési pontnál 15 óra alatt). Állandó és lassú hűlés mellett bizonyos idő eltelik, míg a transzformációs zóna alá jutunk. Ezen idő alatt a hőtágulásbeli különbségekből adódó feszültségek értékét a fenti feszültségenyhülési jelenség csökkenti. A csökkenés mértékét a pillanatnyi hőmérséklet és a már jelenlévő feszültség nagysága is befolyásolja. Minél távolabb kerülünk a T_{II} hőmérséklettől, annál kisebb mértékű a feszültségenyhülés, s a transzformációs zóna alatt gyakorlatilag teljesen megszűnik.

A két kötött üveg dilatometrikus görbéinek egymáshoz viszonyított helyzetétől függően különböző feszültség-hőfok görbéket kapunk. Jellegzetes típusokat mutat a 8. ábra (a jelölések azonosak, mint a 7. ábrán).

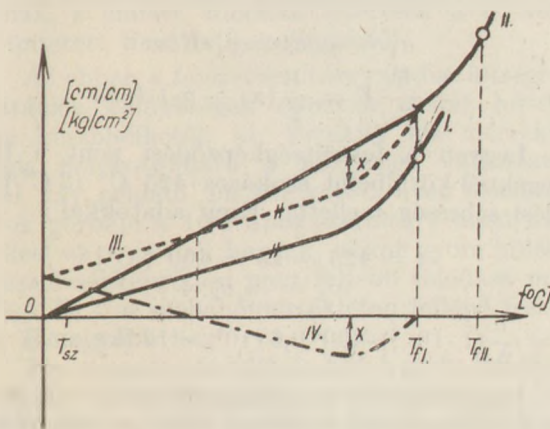
Az A) esetben a feszültségek hűlés közben folyton nőnek, szobahőmérsékleten maximálisak. A B) esetben a feszültség a transzformációs zóna alatt állandó értékű marad. A C), D) és E) esetekben a feszültség először egy maximumot ér el, majd csökkenni kezd, s szobahőmérsékleten kisebb értékű, nulla, vagy éppen ellenkező előjelű lesz. A gyakorlatban előforduló feszültség-hőfok görbék ezen öt típus valamelyikébe mindig besorolhatók.

A transzformációs zóna alatt pontosabb mennyiségi összefüggések is megállapíthatók a feszültség-hőfok és a dilatációs görbék között.

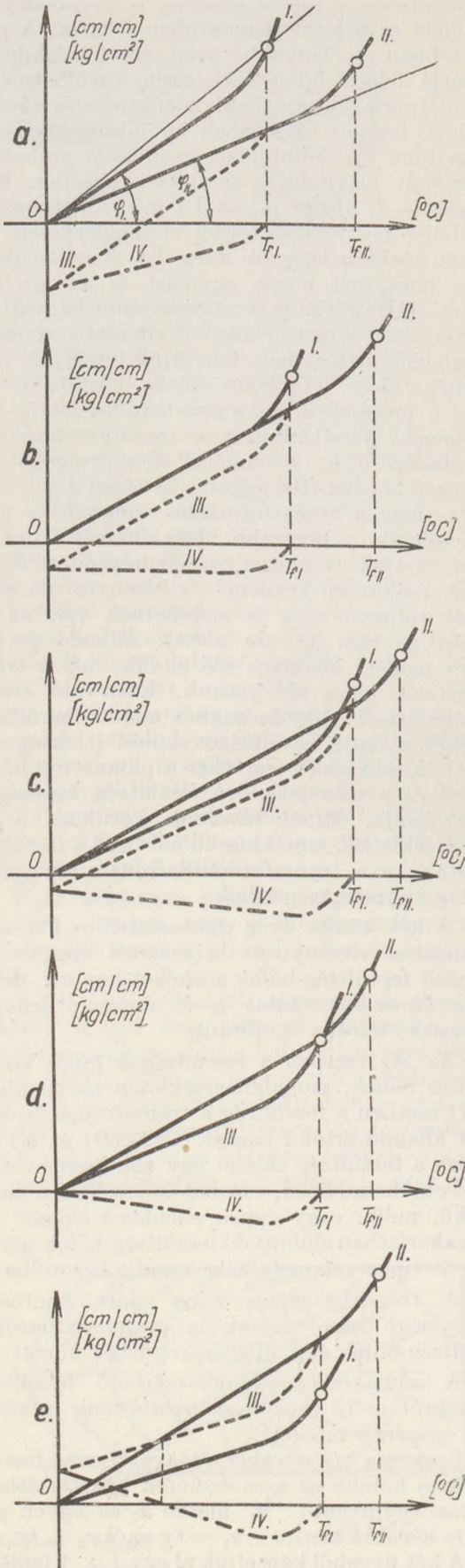
A szobahőmérsékleten mérhető feszültségértékekről jó tájékozódást nyerhetünk a következő egyszerű módon:

Legyen a két üvegnél a lágyabb üveg feszültségképző hőfoka és a szobahőfok közötti átlagos tágulási együttható: α_1 , illetve α_2 és legyen $\alpha_1 > \alpha_2$ (a 8/a ábra szerint: $\alpha_1 = \text{tg } \varphi_1$ és $\alpha_2 = \text{tg } \varphi_2$).

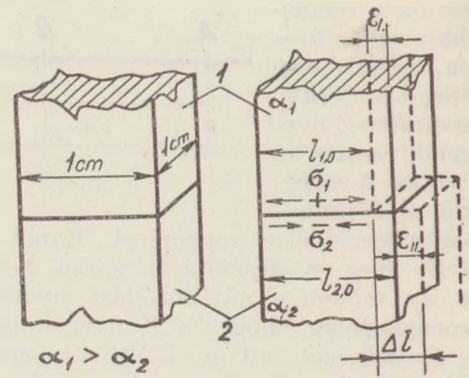
A két üvegből képzeljük el egy 1×1 [cm²]-es négyzet keresztmetszetű mintát (lásd 9/a ábrát). Ha a két üveg szabadon hűlhetne le, szobahőfokon a 9/b ábra szerinti szaggatott vonallal



7. ábra.



8. ábra.



9. ábra.

jelölt helyzetet foglalják el ($l_{1,0}$ és $l_{2,0}$ élhosszakkal). A kötés miatt azonban a teljes vonallal kihúzott állapot fog bekövetkezni.

A feszültségek képződés megindulásakor legyenek az élhosszak: $l_{1,t}$ illetve $l_{2,t}$ és legyen: $l_{1,t} = l_{2,t} = 1$ cm. Ha szobahőfok és a feszültségek képződés megindulása közti hőfokkülönbség: t [°C], akkor felírható:

$$\begin{aligned} l_{2,0} &= l_{2,t} \cdot (1 - \alpha_2 \cdot t) \\ l_{1,0} &= l_{1,t} \cdot (1 - \alpha_1 \cdot t) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Delta l &= l_{2,0} - l_{1,0} = l_{2,t} \cdot (1 - \alpha_2 \cdot t) - l_{1,t} \cdot (1 - \alpha_1 \cdot t), \\ \Delta l &= 1 \cdot (1 - \alpha_2 \cdot t) - 1 \cdot (1 - \alpha_1 \cdot t) = (\alpha_1 - \alpha_2) \cdot t. \end{aligned} \quad (3)$$

Vizsgáljuk meg, mekkora feszültség lép fel két üveg kötésénél, ha: $\alpha_1 - \alpha_2 = 1 \cdot 10^{-7}$.

Üvegeknél: $E_1 \sim E_2 = E \sim 0,6 \cdot 10^6$ [kg/cm²]

A kötés mentén fellépő feszültség:

$$\sigma_1 = \varepsilon_1 \cdot E, \text{ illetve } \sigma_2 = \varepsilon_2 \cdot E. \quad (4)$$

Mivel a keresztmetszetek egyenlők, az egyensúly feltételének kielégítése miatt szükséges, hogy

$$\delta_1 = -\sigma_2,$$

amiből a (4) egyenlet szerint következik, hogy

$$\varepsilon_1 = -\varepsilon_2,$$

másrészt

$$\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = \Delta l}{2 = \Delta l},$$

$$\varepsilon_1 = -\varepsilon_2 = \frac{\Delta l}{2}, \quad (5)$$

a (3), (4) és (5) egyenletek összevetésével:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= -\sigma_2 = \varepsilon_1 \cdot E = \\ &= \frac{\Delta l}{2} \cdot E = \frac{1}{2} (\alpha_1 - \alpha_2) \cdot t \cdot E. \end{aligned} \quad (6)$$

Legyen a feszültségek képződési pont a lágy üvegeknél körülbelül szokásos 425 °C (2 °C/perc hűlési sebesség mellett). Ezen adatokkal:

$$t = 425 - 25 = 400 \text{ [°C]},$$

$$\sigma_1 = -\sigma_2 =$$

$$= \frac{1}{2} (1 \cdot 10^{-7}) \cdot 400 \cdot 0,6 \cdot 10^6 = 12 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \quad (7)$$

Egyszerűsített számításunkban az üveget a feszültségek képződési hőfoktól kezdve tökéletesen szilárd testnek vettük. A transzformációs zónában

fellépő feszültségenyhülés miatt azonban a valóságban a számítottnál kisebb feszültség fog fellépni. A mérések szerint lágy üvegek kötése esetén $2 [C^\circ/\text{perc}]$ hűlési sebesség mellett $1 \cdot 10^{-7}$ hőtágulási különbségnek kb. $10 [kg/cm^2]$ feszültség felel meg.

Pl. két lágy ólomüvegnél a feszültségképződési pont és szobahőfok között az átlagos tágulási együtthatók a felvett dilatometrikus görbe alapján: $107,2 \cdot 10^{-7}$, illetve $98 \cdot 10^{-7}$ értékűnek adódtak. Különbségük: $9,2 \cdot 10^{-7}$, míg a próbadarabban ugyanakkor $95 [kg/cm^2]$ feszültség volt mérhető.

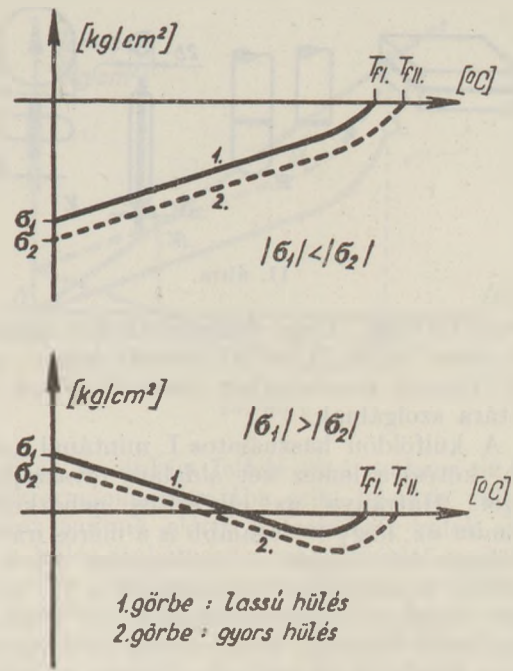
Kemény üvegeknél a feszültségképződési pont magasabban ($500-550 C^\circ$ -nál, vagy még feljebb) fekszik. Így a (6) egyenletben a t hőmérsékleti intervallum értéke nagyobb lesz, s ily módon a számítás az átlagos hőtágulási együtthatók különbségének $1 \cdot 10^{-7}$ értékéhez kb. $14 \sim 17 [kg/cm^2]$ feszültséget szolgáltat. A valóságban itt is kisebb érték mérhető a fellépő feszültségenyhülés miatt. Egy példaképpeni esetben két kemény üvegnél az átlagos hőtágulási együtthatók: $57,6 \cdot 10^{-7}$, illetve $40,5 \cdot 10^{-7}$ értékűek voltak (feszültségképződés $2 C^\circ/\text{perc}$ hűlési sebesség mellett: $500 C^\circ$ -nál). A próbadarabban $232 [kg/cm^2]$ feszültség volt mérhető, tehát a tágulási együtthatók különbségének $1 \cdot 10^{-7}$ értékére $13,6 [kg/cm^2]$ feszültség esett.

Ily módon a dilatometrikus görbe, valamint a feszültségképződési hőfok ismeretében tájékozódhatunk a várható feszültségekről és fordítva: a próbadarabban mért feszültség és az egyik üveg hőtágulása alapján, a másik üveg átlagos hőtágulását közelítőleg megbecsülhetjük.

Ezek után érthetővé válik az a fentebb említett jelenség is, hogy a feszültségi sor felrakásánál ellentmondások adódhatnak, ha a vizsgált üvegek keménysége között számottevő különbségek vannak. A feszültségképződés fellépését a két kötött üveg közül a lágyabbik üveg határozza meg. Ha tehát B üveg keményebb A-nál és C üveg keményebb, mint A és B, akkor A és B üveg kötésénél az A, A és C üveg kötésénél szintén az A üveg, míg B—C kötésénél a B üveg határozza meg a feszültségképződési pontot. Így a fentiek alapján az átlagos hőtágulási együtthatók különbségének $1 \cdot 10^{-7}$ értékéhez különböző feszültségértékek tartoznak, s emiatt adódnak eltérések a 6. ábrán feltüntetett lineáris összefüggéstől.

Az ebben a fejezetben tárgyalt feszültségeket dilatációs különbségek okozzák, tehát hűtéssel nem küszöbölhetők ki. Értékük kis mértékben mégis befolyásolható a hőkezelés változtatása által. Így például, ha két kötött üveg feszültség-hőfok görbéje a 10/a ábra szerinti, s lassú hűtés mellett az 1. görbét kapjuk, akkor gyors hűlésnél a feszültségképződési pont feljebb tolódása miatt $|T_{II} > T_{II}|$ a szobahőmérsékleten fellépő feszültség is nagyobb lesz: $|\delta_1| < |\delta_2|$.

Ha viszont a feszültség-hőfok görbe lefutása a 10/b ábra szerinti és az 1. görbe érvényes lassú hűtés esetén, akkor gyors hűlésnél a feszültségképződési pont ismét feljebb tolódik $|T_{II} > T_{II}|$,



10. ábra.

viszont ennek következményeképpen szobahőmérsékleten kisebb feszültség fog keletkezni: $|\sigma_1| > |\sigma_2|$.

A feszültségeknek ily módon elérhető megváltoztatása rendszerint nem nagy mértékű. Így egy példaképpeni esetben — amikor is a feszültség-hőfok görbe a 10/c ábra szerinti volt — gyors hűlés ($20-25 C^\circ/\text{perc}$) mellett szobahőmérsékleten $44 [kg/cm^2]$ volt mérhető, majd ugyanezen próbadarabot lassan hűtve ($2 C^\circ/\text{perc}$), a feszültség $50 [kg/cm^2]$ értékre növekedett.

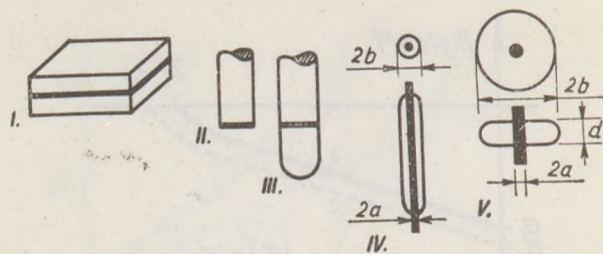
2. Feszültségek üveg-fém kötésnél.

Az üveg-fém kötéseknel fellépő feszültségek főleg az izzólámpák és elektroncsövek szempontjából bírnak igen nagy jelentőséggel, ahol a jól szigetelő üvegállványba vagy tárcsába oltvasztjuk be a bevezető elektródákat.

Ezeket a feszültségeket is az üveg és fém különböző hőtágulása okozza, tehát ezek sem távolíthatók el hűtéssel.

A feszültségek nagyságát és eloszlását ebben az esetben is nagy mértékben befolyásolják a geometriai viszonyok. A fém kötése történhet huzal, cső, szalag vagy lemezből sajtolt különböző alakos formában (tárcsák, sapkák). A kötés kivitele szerint a következő csoportok különböztethetők meg: a) az üveg körülveszi a fémet (huzalt, szalagot); b) a fém (cső) veszi körül az üveget; c) a fémen (csövön) kívül és belül is üveg van; d) a fém (tárcsa, sapka) oly módon van az üveghez kötve, hogy síkja a kötés mentén szöget (leginkább derékszöget) zár be az üveggel (érintő) síkjával.

Annak megállapítása, hogy egy adott üveg és fém köthető-e egymással a tömeggyártás megkövetelte biztonsággal, szintén meghatározott, egyszerű geometriai formájú próbadarabok segít-



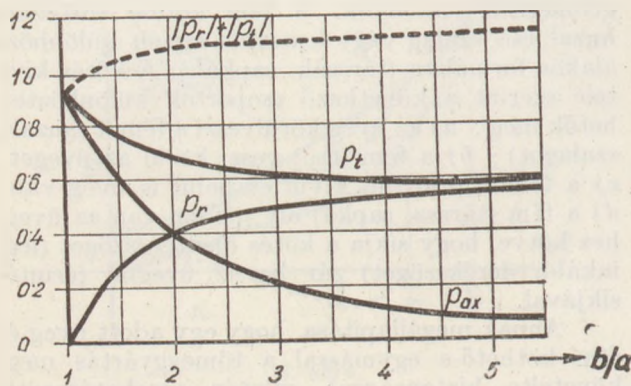
11. ábra.

ségével történik. Ilyen próbadarabokat mutat be a 11. ábra. Az I., II. és III. formák lemez-, a IV. és V. formák huzalalakban használt fémek vizsgálatára szolgálnak.

A külföldön használatos I. mintánál („sandwich“-kötés) a lemez két oldalára olvasztjuk az üveget. Hátránya az elkészítés nehézsége, valamint az, hogy — legalább is a mérés irányára merőleges két lapját — utólagosan síkra kell csiszolni. Könnyebben elkészíthető a II. és III. minta, amelyet a szerző dolgozott ki. Ezeknél a vizsgálandó lemezből lyukasztóval az üvegrúddal azonos átmérőjű ($d = 5$ mm) tárcsát vágunk ki, s ezt tompán az üvegrúd végére kötjük, (II. minta), illetve két üvegrúd közé kötjük (III. minta). Ha a fém a nagyobb hőtágulású, az üvegben nyomó —, ha kisebb, az üvegben húzó feszültségek keletkeznek.

A IV. ábra szerinti próbatestet (hengeres beforrasztás) külföldön használják, huzalalakú fém esetén. Rendszeres vizsgálatainknál az V. minta szerinti próbadarabot (tárcsás kötés) használjuk, mivel ez a fellépő feszültségek mérésénél több előnnyel bír. Ennek megértéséhez röviden a következőket kell tudnunk:

Ha a fémhuzal a nagyobb tágulású, lehűlés közben többet kíván összehúzódní, mint az azt körülvevő üveg, s emiatt szobahőfokon az üvegben sugárirányú (radiális) húzó —, érintőleges (tangenciális) nyomó — és hosszirányú (axiális) nyomófeszültségek lépnek fel. Ha a fémhuzal tágulása a kisebb, radiálisan nyomós, tangenciálisan és axiálisan húzás keletkezik. Mivel az üveg húzószilárdsága sokkal kisebb, mint a nyomószilárdsága, nagy hőtágulásbeli különbségeknél az első esetben a fém elválí az üvegtől (ez a kellemetlenebb, mert szemmel esetleg nem is látható, s az ilyen hibájú rádiócsőről



12. ábra.

néha csak napok, vagy hetek múlva derül ki, hogy „levegős“); a második esetben viszont az V. mintánál sugárirányú repedések keletkeznek míg a IV. minta inkább keskeny gyűrűkre hasadozik, vagy nem ritkán a repedés csavarvonal mentén halad végig. A tangenciális és axiális feszültségek tehát, az I. II. és III. mintában megfigyelhető feszültségekkel mindig azonos előjelűek, s azonos értelműek.

A hengeres és tárcsaalakú próbadaraboknál a maximális feszültségek közvetlenül a fém felszíne mentén keletkeznek; a radiális és tangenciális feszültségek eloszlása centrálisan szimmetrikus. Értéküket nem csak a fém és üveg hőtágulása, valamint Young-modulusa szabja meg, hanem befolyással bírnak a próbadarab geometriai méretei, nevezetesen az üveg és a fém sugarának viszonya is (b/a , a 11. ábra jelölései szerint).

A 12. ábra Hull és Burger számításai alapján nyert eredményeket tünteti fel. A görbék az egyes főfeszültségeknek a fém felszíne mellett fellépő, egymáshoz viszonyított maximális értékeket mutatják, az üveg és fémhuzal sugara viszonyának ($= b/a$) függvényében.

A vizsgálatainknál használt V. minta szerinti próbadarab előnye, hogy a huzallal párhuzamos fénysugár segítségével a radiális és tangenciális feszültséget együttesen vizsgálhatjuk. A fellépő feszültségoptikai hatás (retardáció) ezen két feszültség abszolút értékének összegével arányos, mely — mint a 12. ábra szaggatott görbéje alapján is látható — nagyobb, és még kis hőtágulásbeli különbségek esetén is jól mérhető értéket szolgáltat (bármily b/a viszony mellett). Azonkívül a próbadarabot a mérés irányára merőlegesen két síklap határolja, tehát a vizsgálatot nem szükséges immerzióban végezni, s így a próbadarab alkalmas meleg vizsgálatok (hőfokfeszültség görbék felvételének) elvégzésére is. E próbadaraboknál tehát a feszültségmérés a radiális és tangenciális feszültségek abszolút értékének összegét szolgáltatja. Ezt az értéket a 12. ábra alapján pontosan fel tudjuk osztani, ha a b/a viszony ismert. Tájékozódás céljára, közelítő pontossággal az is megfelel, ha a mért értéket fele-fele arányban osztjuk el a radiális és tangenciális feszültség között, amennyiben a b/a viszony 5, vagy annál nagyobb. A vizsgálatainkra készített próbadaraboknál a b/a viszony mindig nagyobb 5-nél (kb. 6 ~ 10 szokott lenni).

A radiális és tangenciális feszültségek értéke a fém felszínétől távolodva rohamosan csökken. Ilyen próbadarab feszültségképe a 26. ábrán látható.

A külföldön szokásos, IV. minta szerinti próbadarabban a fémhuzalra merőleges irányban vizsgálják a feszültséget. Mint számítás útján kimutatható, ez esetben tisztán az axiális feszültséget mérik és a radiális és tangenciális feszültségek a mérés eredményét nem befolyásolják. Hátránya ennek a módszernek az, hogy a fellépő feszültségoptikai hatás kicsi, kis hőtágulásbeli különbségek esetén közel nulla. Ha ugya-

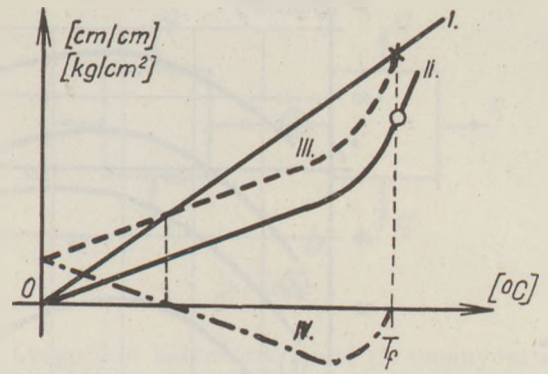
nis a fémhuzalra vékony üvegcsövet forrasztunk ($b/a \approx 1,5 - 2$), a 12. ábra alapján az axiális feszültség ugyan nagy lesz, de kicsi a feszültséges üvegben megtett fény-úthossz. Ha a fémet vastagon borítjuk üveggel, a fény-úthossz nagyobbodik, viszont ekkor b/a növekedése miatt az axiális feszültség értéke igen nagy mértékben csökken. A feszültségoptikai hatás (retardáció) pedig — mint az utolsó fejezetben még látni fogjuk — a fellépő feszültségek és a fény-úthossz szorzatától függ. Másik hátránya ennek a próbadarabnak, hogy mérésnél hengerlencseként töri a fényt, s így csak immerzióban vizsgálható. Emiatt az ilyen minta nem alkalmas meleg feszültségvizsgálatokra (feszültség-hőfok görbék felvételéhez).

Fém-üveg kötéseknél különös jelentősége van a feszültség-hőfok görbéknek. Gyakori ugyanis az a helyzet, hogy szobahőfokon csak kis értékű feszültségeket észlelünk, míg magasabb hőfokoknál lényegesen magasabb értékű feszültségek lépnek fel. Néhány fémre vonatkozólag a feszültség-hőfok görbék sematikus formáját lapunkban már ismertették (4.)

A kötésre szolgáló fémekeket három csoportra oszthatjuk. Az első csoportba tartoznak a tiszta fémek: a régi időkben lágy üvegekhez használt platina, s a kemény üvegekhez jelenleg is használt wolfram és molybdén. A tiszta fémeke hőtágulási görbéje igen jó közelítéssel egyenes, mint azt a 13. ábra I. görbéje mutatja. Ugyanezen ábra II. görbéje egy üveg dilatometrikus görbéjét jelenti. Ha — visszaemlékezve a 7. ábrára — itt is eltoljuk az üveg tágulási görbéjét önmagával párhuzamosan, míg az a T_f feszültségeképződési hőfoknál az I. görbét metszi, akkor a III. görbét nyerjük. Az I. és III. görbe közötti metszéspontot a vízszintes tengelytől megfelelő értelemben felrakva, a IV. görbét nyerjük, mely alakra hasonló a mérésekkel felvehető feszültség-hőfok görbéhez, azonban azzal még sem egyezik meg pontosan, a transzformációs zónában fellépő feszültségenyhülési jelenség hatása miatt. A transzformációs zóna alatt fekvő hőmérsékleteknél a dilatációs és feszültség-hőfok görbék között számzerű összefüggések is megállapíthatók.

Abban az esetben, ha a feszültség-hőfok görbe a 13. ábra IV. görbéje szerinti — azaz ha szobahőmérsékleten ellenkező előjelű feszültségek keletkeznek, mint a transzformációs zónában — gyors hűlés esetén a feszültségeképződési pont feljebb tolódik, s szobahőmérsékleten kisebb értékű feszültséget kapunk; teljesen hasonló módon, mint a 10/b ábra esetén. A feszültségcsökkenés mértéke azonban ebben az esetben sem számottevő.

A kötőfémeke második csoportjába tartoznak a különféle ötvözetek. Leghasználatosabbak a Ni — Fe, Cr — Fe, Fe — Ni — Cr, Fe — Ni — Co ötvözetek. A legutóbbi — melyet fernico vagy kovar néven ismernek — hőtágulás és feszültségek szempontjából igen érdekes és tanulságos viselkedést mutat. Hőtágulási görbéje sematikusán a 14. ábrán látható: egy S alakú görbe, mely kb. 400 C°-nál felfelé igen erősen megtörik.

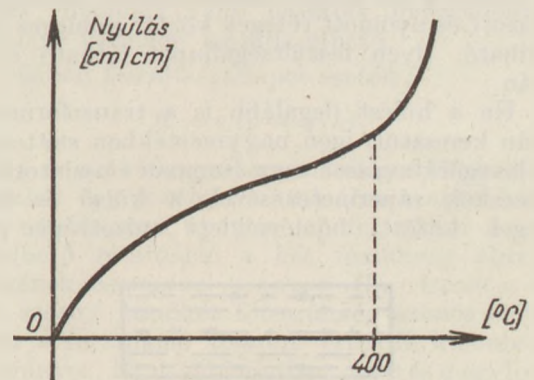


13. ábra.

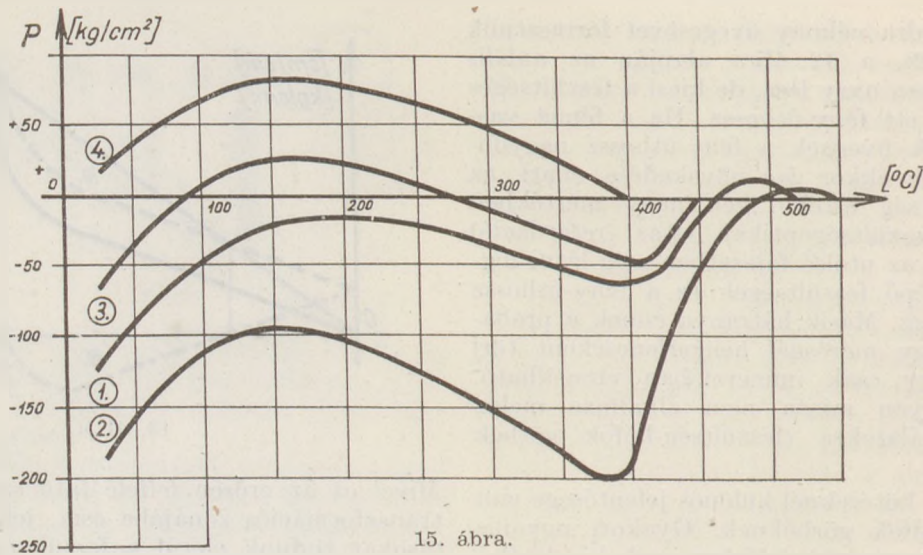
Mivel ez az erősen felfelé futó szakasz az üveg transzformációs zónájába esik, jelentős változtatásokat tudunk elérni a feszültség-hőfok görbében a hűlés szabályozásával. Jó példát mutat erre a 15. ábra, mely egy fernico feszültség-hőfok görbéit tünteti fel. Az összes görbét egy és ugyanazon próbadarabon vettük fel, különböző hűtési programm mellett. A függőleges tengely irányában a próbadarabban mérhető radiális és tangenciális feszültségek abszolút értékének összege van felvive. A — előjelű feszültségek azt jelentik, hogy a próbadarabban tangenciális nyomó- (és radiális húzó-) feszültségek keletkeztek, tehát a fém a nagyobb tágulású.

Az 1. görbét szokásos módon, 2 C°/perc hűtési sebesség mellett vettük fel. A 2. görbénél a hűtési sebessége kb. 30 C°/perc (a feszültségeképződési pont kb. 20 C°-kal tolódik feljebb). A 3. görbe felvétele alkalmával hűlés közben 450 C°-nál megálltunk, s ezen a hőfokon tartottuk a próbadarabot mindaddig (kb. 20 percig), míg a feszültségenyhülési jelenség következtében az összes feszültségek el nem tűntek. Ezután a hűtést tovább folytattuk 2 C°/perc hűlési sebességgel. Ily módon értük el azt, hogy a feszültségeképződési pontot 450 C°-ig sikerült lehozni. A 4. görbe felvételénél hűlés közben 400 C°-nál álltunk meg. Itt már kb. 3 óra hosszáig kellett várni, míg a feszültségek eltűntek. Ezután ismét 2 C°/perc sebességgel folytattuk a hűtést.

A görbék közül jól látható, hogy fernico-ötvozet esetén úgy a szobahőmérsékleten, mint a magasabb



14. ábra.



15. ábra.

hőfokoknál fellépő feszültségek értéke igen széles határok között változtatható, a hűlés lefolyásának megváltoztatásával.

A beforrasztó fémek harmadik csoportját a köpenyfémhuzalok alkotják. Legjellegzetesebb képviselője a lágy üvegekhez használt rézköpenyhuzal (dumet). Ez egy vas-nikkel ötvözetű mag, rézköpennyel borítva. A magban kb. 40 — 42% a Ni (a többi vas), míg a réz (az egész keresztmetszetre vonatkoztatva) kb. 25 — 30%. A pontos összetételtől nagyobb eltérések nem engedhetők meg, mivel úgy a Ni, mint a Cu% változása a hőtágulást, s ezzel együtt az üvegben fellépő feszültségeket is nagy mértékben befolyásolja.

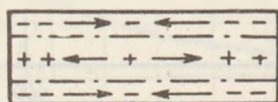
Az üveg edzése

Az eddigiekben a feszültségeknek csak a káros hatásáról volt szó, amelyeket általában csökkenteni törekszünk, nehogy repedéseket, töréseket okozzanak az üvegtárgyban. A feszültségeket azonban felhasználhatjuk az üveg ellenállóképességének növelésére is. Példa erre az ú. n. „biztonsági üveg“, amelyből autók szélvédő ablaka készül. Képzelnék el először egy üveglap hűlési folyamatát. A két oldal hűlése előre siet, míg az üveglap belseje csak lassabban hűl le. Így szobahőmérsékleten a 16. ábra szerinti feszültségek alakulnak ki, azaz a két külső rétegben nyomás, középen húzás ébred. A nyomófeszültség értéke a két szélső oldalfelületben maximális, a húzott és nyomott rétegek között semleges zóna található. Ilyen feszültségállapot látható a 27. ábrán.

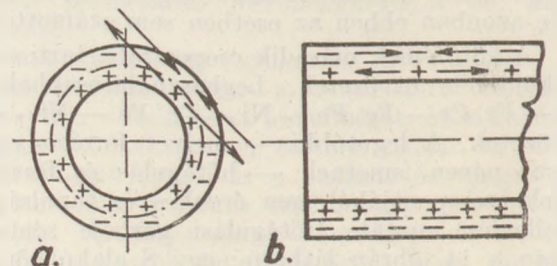
Ha a hűlést (legalább is a transzformációs zónán keresztül) igen nagymértékben siettetjük, pl. levegőráfúvással vagy finoman eloszlatott vízrészecskék rápermetezésével, a külső és belső rétegek közötti hőmérsékleti anizotrópia igen

nagyfokú lesz. Ez azután a 16. ábrához hasonló feszültségeloszlást eredményez, azonban igen nagy értékű feszültségekkel. A középső zóna szélesebb s így az egyensúly feltételének kielégítése következtében benne már lényegesen enyhébb (bár még mindig igen erős) húzófeszültségek vannak. Például egy ilyen edzett üvegben a külső felületnél — 2900 [kg/cm²] nyomó —, az üveglap közepén + 750 [kg/cm²] húzófeszültséget mértünk. Láttuk, hogy az üveg nyomószilárdsága igen nagy, de jelentős értékű húzófeszültséget is kibír, ha az a belső rétegekben van, s nem a karcolásoknak, sérüléseknek kitett külső felületen. Ha az ilyen erősen feszültségcsökkentett, ú. n. „edzett“ üveget ütés vagy nyomás éri, hajlítást szenved. A hajlítás következtében az egyik oldalon nyomás keletkezik, mely az ott már jelenlevő nyomófeszültségekhez adódik. Ezt az üveg jól bírja. A másik oldalon a hajlításból húzófeszültségek származnak. Ezeknek azonban előbb kell érni az ott már jelenlevő nyomófeszültségek értékét, s csak azután keletkezik bennük húzás. Így az üveg a szilárdságát veszélyeztető húzófeszültségek hatásával szemben mintegy elő van feszítve. Az ilyen üveg igen nagy igénybevételt bír ki, s ha valamilyen nagy mértékű túlterhelés (ütés) következtében mégis tönkremegy, az egész tábla nem sérüléseket okozó szilánkokká, hanem apró morzsákká hull szét.

Ha egy üvegcső feszültségállapotát vizsgáljuk, abból kell kiindulnunk, hogy a cső mindig kívül hűl le először (természetes hűlési folyamatnál). Emiatt a 17. ábra szerint úgy tangenciális, mint axiális irányban kívül nyomó —, belül húzó-



16. ábra.



17. ábra.

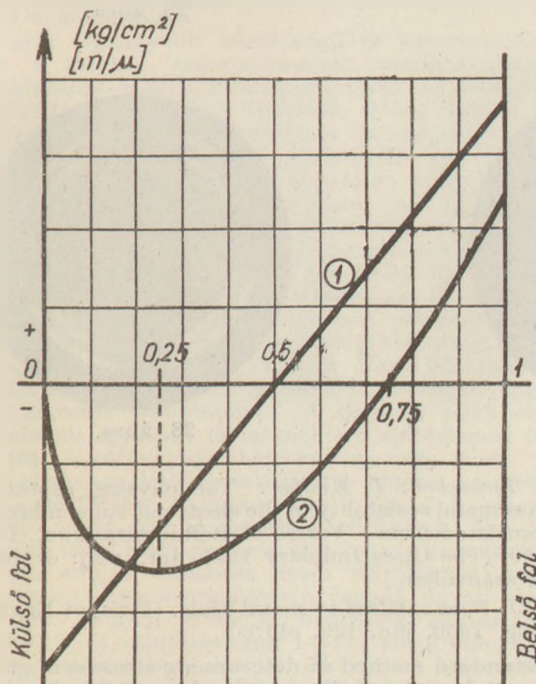
feszültségek keletkeznek (ha a cső vékonyfalú, a radiális feszültségek elhanyagolhatók). Ilyen feszültséges üvegcső látható a 28. ábrán.

Ha az axiális feszültségeloszlás lineáris, s a maximális feszültségek a külső és belső felületen keletkeznek, a feszültségváltozást a falvastagság függvényében a 18. ábra 1. görbéje tünteti fel. A feszültségvizsgáló berendezéseken azonban a feszültségoptikai hatás más törvényszerűség szerint oszlik el. Kimutatható, hogy vékonyfalú cső esetén a megfigyelhető retardáció eloszlása a 18. ábra 2. görbéjének felel meg. Ennek segítségével a cső külső egyenyedében mérhető maximális retardációból az axiális feszültségeknek a külső és belső fal mentén fellépett maximális értéke meghatározható.

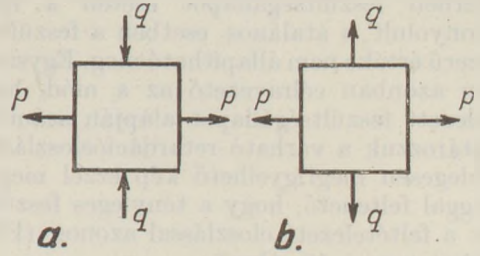
Ha egy csövet vagy hasonló üvegtárgyat (pl. poharat) külső és belső oldalán egyszerre hűtünk, a cső falában az axiális feszültségek a 16. ábrához hasonlóan fognak eloszlani. Igen érélyes hűtéssel ily módon a szóbanforgó üvegtárgy „edzhető”. Így készülnek pl. az ú. n. „törhetetlen poharak”, melyek valóban sokkal nagyobb igénybevételt bírnak ki, mint az ilyen hőkezelésnek alá nem vetett tárgyak. Ebben az esetben a fellépő axiális feszültségeloszlás és a megfigyelhető feszültségoptikai hatás (retardáció) között szintén megállapítható összefüggés (hasonlóan a 18. ábrához).

Az üvegfeszültségek vizsgálata és mérése

A feszültségek vizsgálatára szolgáló berendezés legegyszerűbb alakjában egy fényforrásból áll, amely előtt két nikol-prizma, vagy polár-szűrő lemez van elhelyezve, kereszttezett állásban. A fényforráshoz közelebb eső nikol a polarizátor, a szemünknel lévő az analizátor. Ezek kereszttezett állásban a fényt kioltják. Ha a két nikol közé



18. ábra.



19. ábra.

egy üvegcsíkot helyezünk, s ezt pl. megnyomjuk, azt vesszük észre, hogy az üveg feszültséges helyein a látómező felvilágosodik. Ennek oka az, hogy feszültségek hatására az üveg kettőtörővé válik. Egyirányú feszültségállapot esetén (tisztá húzás, vagy nyomás) a fellépő feszültségoptikai hatás (fényfáziskésleltetés vagy retardáció):

$$R = c \cdot \sigma \cdot d, \tag{8}$$

ahol R a retardáció [$m \mu$]-ban; c a feszültség-optikai konstans (Brewster-koefficiens), mely minden üvegnél más és más értékű; σ a feszültség [kg/cm^2]-ben és d a fénynek a feszültséges üvegben megtett úthossza [cm]-ben. A maximális retardáció az analizátor és polarizátor rezgés-síkjaival 45° -ot bezáró feszültségek esetén lép fel. A két nikol rezgés-síkjaival párhuzamos irányú feszültségek esetén — lineárisan poláros fényvel vizsgálva — retardáció nem észlelhető („érzetlen irány”). Ez a magyarázata annak, hogy a 23. ábrán egy sötét tengelykereszt látható. Hogy ilyen esetben a feszültségeloszlás centrálisan szimmetrikus, s a vízszintes és függőleges irányokban is keletkezik feszültség, kitűnik a 24. ábrából, ahol ugyanaz a tárgy látható, de cirkulárisan poláros fényvel vizsgálva, mely esetben a retardáció nagyságát a feszültségek iránya nem befolyásolja.

Szokás a polarizátor és analizátor közé még egy olyan vastagságú kettőtörő lemezt (pl. csillámot) helyezni, mely $550 [m \mu]$ retardációt okoz. Ekkor — fehérszínű fényforrás esetén — a látómező saját-ságos, ibolyás árnyalatú borvörös színt mutat. Ekkor a feszültségek (előjelüktől és irányuktól függően) kék, illetve sárga színben jelentkeznek. Hogy melyik színnek, melyik irányban milyen feszültség felel meg, egyszerű kísérleti úton — húzott, nyomott vagy hajlított üvegrúddal — bármikor könnyen megállapítható.

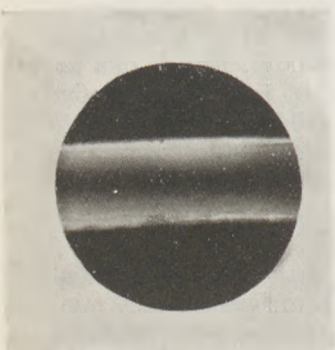
Síkbeli feszültségállapot esetén:

$$R = c \cdot (p - q) \cdot d \tag{9}$$

ahol p és q a két egymásra merőleges főfeszültség. Ha tehát egy pontban a 19/a ábra szerint húzás, s rá merőlegesen nyomás lép fel, akkor a megfigyelhető retardáció a két feszültség abszolút értékének összegével arányos. Ha viszont a 19/b ábra szerint mindkét főfeszültség azonos előjelű, akkor a retardáció abszolút értékük különbségével arányos. Ez utóbbi esetben, ha p és q egyforma nagy, különbségük nullát ad, s retardáció egyáltalában nem állapítható meg („izotropikus pont”).

Térbeli feszültségállapot esetén a helyzet igen bonyolult, s általános esetben a feszültségek számszerű értéke nem állapítható meg. Egyszerűbb esetben azonban célravezető az a mód, hogy a feltételezett feszültségállapot alapján számítással meghatározzuk a várható retardációeloszlást. Ha a ténylegesen megfigyelhető kép ezzel megegyezik, joggal feltehető, hogy a tényleges feszültségállapot a feltételezett eloszlással azonos. (Például szolgálhat erre a 18. ábra).

Az üvegben keletkezett feszültségek tehát — legalább is egyszerűbb esetekben — számszerűen is meghatározhatók, ha ismerjük d , c , és R értékét. A d érték megállapítása egyszerű vastagságméréssel történik, c értékének meghatározására alkalmas módszer leírása már megjelent ezen folyóirat hasábjain (4). Ugyanezen a helyen az R értékének megállapítására szolgáló kompenzátor leírása is megtalálható.



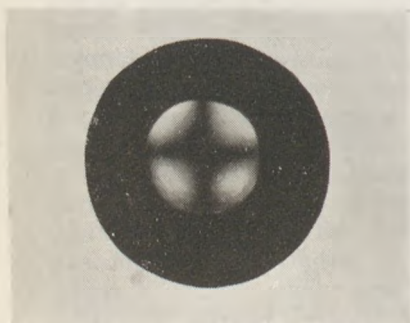
20. ábra.



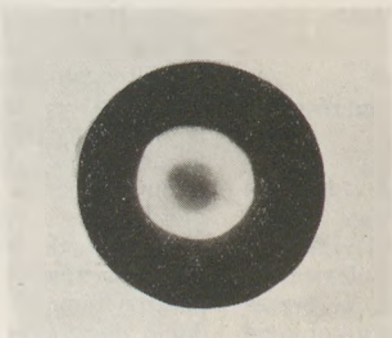
21. ábra.



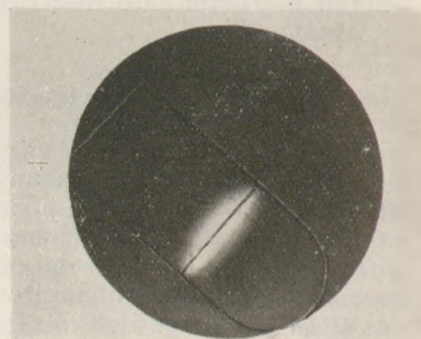
22. ábra.



23. ábra.



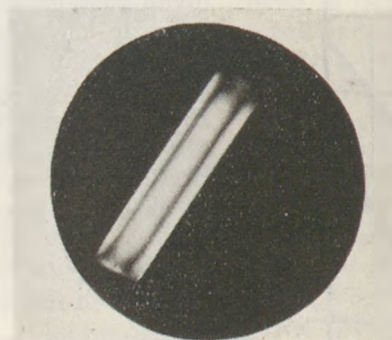
24. ábra.



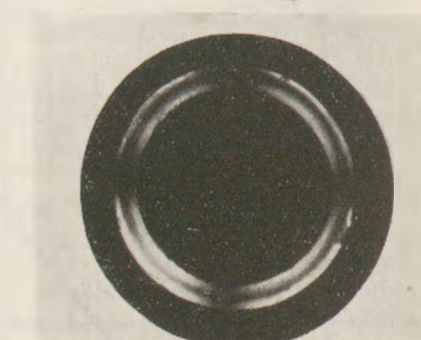
25. ábra.



26. ábra.



27. ábra.



28. ábra.

Irodalom

1. *J. E. Fejna* : Szpai sztyekla sz metallom. (Szovjet-szkoje Radio, Moszkva, 1951.)
2. *Dr. O. Knapp* : Praktische Anleitung zur Kühlung von Hohlgläser. (Sprechsaal, 1928. 3—5. szám.)
3. *Dr. Szalkay Ferenc* : Az üveg fizikai tulajdonságai. (Mérnöki Továbbképző Intézet, H. 11. 1952.)
4. *Porubszky Jenő* : Az üvegfeszültség mérésének új módszere. (Építőanyag, 4. évf. 1—2. szám, 19. old. 1952.)
5. *G. Trebuchon, J. Kieffer* : The physical aspect of glass-metal sealability in the electronic tube industry. Translated from: Verres et Refractaires Jun., Dec. 1950. (The Glass Industry 1951. ápr., máj. és júniusi számaiban.)
6. *A. J. Pask* : Glass to metal seals. (Product Engineering, 1950. jan. 129. old.)
7. A standard method of determining stresses in glass-to-metal seals of the sandwich and bead types. (Journ. Soc. Glass Technology. 1949. febr. 77. old.)

Új építőanyagok laboratóriumi kutatásának eredményei

ROSIVALL FERENC

Építőiparunk hatalmas fejlődése és népgazdaságunk érdekei egyaránt megkövetelik az építőanyagokkal való helyes takarékoskodást, illetőleg olyan építőanyagok előállítását, amelyek ipari melléktermékek felhasználásával, kisebb energiaszükséglettel készülnek. Törekednünk kell továbbá a külföldről behozott anyagoknak hazai nyersanyagokkal való pótlására.

Ezen a téren számos újító dolgozott és ez a feladat a kutató intézeteknek is egyik fontos kutatási iránya.

Előjáróban meg kell említeni, hogy igen sok jó és kevésbé jó ötlet merült fel már az új építőanyagok előállításával és bevezetésével kapcsolatban, de igen kevés került tényleges megvalósításra. Ennek kettős oka van. Egyrészt az újítók csak igen vázlatosan vetik fel ötleteiket, inkább arra vonatkozóan, hogy mit kellene előállítani, de ritkán mondják meg hogyan. Másrészt az építőiparnak nem áll rendelkezésére olyan intézmény, amelynek kizárólagosan az újítók, valamint a kutató intézetek által kidolgozott új eljárások és anyagok ipari méretű kísérleteinek kivitele volna a feladata és ennek kapcsán a végleges bevezetést lehetővé tenné. A kutató intézetek a szigorúan vett kutató munkán felül az ipari kísérleteket és az iparba való tényleges bevezetést nem tudják végrehajtani, mert ez nem feladatuk és ehhez nem rendelkeznek megfelelő létszámmal.

A következőkben tekintsük át a kutató intézetek eredményeit. Az Építéstudományi Intézet új építőanyagok kutatása terén végzett munkájának eredményei a következők.

Egyik legnagyobb jelentőségű és legkiterjedtebb kérdés a salakok hasznosításának tanulmányozása. Tudvalévően a magyarországi erőművek az országban bányászott barnaszénnel tüzelnek. Ezek salakjának minősége eltérő a Szovjetunióban bányászott és felhasznált kőszén salakjának minőségétől és ez a körülmény a szovjet tapasztalatok közvetlen átvételét nem tette lehetővé, hanem alapos hazai tanulmányozást kívánt. A szénnek ipari elégetése kétféle rendszerű kazánban történik. A régebbi típusú láncosrostélyos kazánoknál darabos szenet használnak, amelynek égéstermék darabos salak. Újabban szénfésélegeink jobb hatásfokkal való elégethetősége érdekében porszéntüzelésű kazánokat építettek és építenek, amelyekben őrölt szenet égetnek nagymennyiségű levegő hozzájuttatásával. E kazánok salakja finom szemcséjű, porszemű anyag az úgynevezett porszénhamu. A darabos salak és a porszénhamu egyaránt felhasználható építőelemek előállítására. A kötőanyag lehet cement, vagy mész.

A cementes kötésű salakbeton régóta ismeretes. Ennek előállítása azonban hazai szeneink gyenge minősége miatt nagy nehézségekbe ütközik. Darabos salakjainak nagy része ugyanis igen magas kén- és széntartalmú, ami a cementes kötés stabilitását erősen veszélyezteti. Igen szórványosan vannak ugyan olyan salakjaink, például Komlón, amelynek kén- és széntartalma csak 2—3% és széntartalmuk 1—2% körül van. Ezek minden esetben több éve a hányón tároló, megvörösödött, úgynevezett érett salakok. Ezek a cementkötésben alkalmazhatók.

A meszes kötés igen nagy előnye, hogy a magasabb kén- és széntartalmú salakok stabil kötését is lehetővé teszi. Különösen nagy jelentőségű az, hogy a jóminőségű vörössalakok finom őrleménye mesz jelenlétében maga is kötőképes, a gyengébb minőségű salakok pedig adalékanyagként alkalmazhatók.

A porszénhamuk olyan finom eloszlásban keletkeznek, hogy ezek további őrleése felesleges és mesz jelenlétében kötőanyagként közvetlenül felhasználhatók. A meszes kötés minden esetben gőzöléssel kapcsolódik. Ennek hátrányos volta a cementkötéssel szemben azonban csak látszólagos, mert a gyors szilárdulás és szállíthatóság érdekében a cementes kötésű salakbeton elemek is gőzölésre kerülnek.

A laboratóriumi eredmények az alábbiakban foglalhatók össze:

Hazánkban megkülönböztethetők aktív, aktiválható és gipszes típusú hamuk illetve salakok.

Aktívnak nevezzük azokat a szilikáttartalmú anyagokat, amelyek mésszel önmagukban is kielégítő szilárdsággal kötnek (pl. tatai hamu).

Aktiválhatók azok a szilikátok, amelyek mésszel önmagukban gyengén, de aktivátorok hatására kielégítően szilárdulnak (pl. délnógrádi szenek hamuja).

Gipszes típusúak azok az anyagok, amelyek mésszel duzzadó, széteső anyagokat szolgáltatnak. Bár önállóan is gyengén megkötnek, kötésük nagyrészt nem szilikát-kötés, hanem a bennük lévő gipsz és timföld hatására jön létre (pl. ajkai hamu).

Aktivátorok azok a mésztartalmú szilikátok, amelyek hidratálódásuk folyamán olyan kristályosodási göcöket hoznak létre, amelyek a kevéssé aktív szilikátok kötését is megindítják (pl. cement, kohósalak, ajkai hamu, gipszkő).

Aktív porszénhamuval, valamint hasonlóan finomra őrölt vörössalakkal vibrálva 60—100 kg/cm², sajtoltva 100—150 kg/cm² törőszilárdság érhető el 1100—1500 kg/m³ térfogatsúllyal. Aktiváló anyagok — ajkai porszénhamu, kohósalak, gipszkő — adagolásával a mésszükséglet 100 kg/m³-ről 25 kg/m³-re szorítható le, sőt ajkai hamu és granulált kohósalak együttes alkalmazásával teljesen ki is küszöbölhető; egyúttal ilyen módon a szilárdság 200 kg/cm²-ig fokozható.

Meszes kötés esetén a széntartalom megengedhető határa kötőanyagoknál 4%, töltőanyagoknál 20%, a kén- (szulfát-) tartalomé 4%, illetve 7%.

Durva szemcséjű salak (1—3 mm) adagolása a 40—60% mennyiségben töltőanyagként előnyös a formázhatóság és víz-, valamint térfogatállandóság szempontjából. Töltőanyagként a nem kötőképes salakok is alkalmazhatók.

Az ilyen típusú salakbetonok, mészkötésű salakok, valamint mészporszénhamuk felhasználhatók építőblokkok, födémбетtestek, födémbélestestek előállítására, esetleg betonaljzatok pótlására.

A mészporszénhamu enyvből és gyantaszappanból álló habosító anyag segítségével hőszigetelő elemek céljaira is felhasználható. Ebben az esetben a térfogatsúly 600—800 kg/m³-re állítható be, ugyanakkor azonban a nyomószilárdság 10—25 kg/cm²-re csökken.

Az ajkai — gipszes típusú — hamu előnyösen alkalmazható az építőiparban a gipsz részleges pótlására.

Az aktív hamuk mészhabareszhez való adagolása a habarészilárdaságot nagy mértékben növeli. Az erre vonatkozó kísérletek jelenleg folyamatban vannak.

Másik érdekes kérdéscsoport a finom kvarcörlemény alkalmazása az építőanyagok előállítására terén. E kvarcörlemény lehet mesterséges előállítású, de nagy mennyiségben rendelkezésre álló természetes előfordulású kvarcliszt is (pl. Monostorapátiban).

Örölt kvarclisztből, természetes kvarclisztből, örölt égetett mészből és kevés karbidmészből sikerült autoklaválás útján olyan alumíniumporral habosított építőanyagot teljesen cementmentesen előállítani, amelynek szilárdsága 50 kg/cm^2 körül van és térfogatsúlya $600\text{--}700 \text{ kg/m}^3$. Ez az autoklavolt habszilikát mint hőszigetelő lap és kitöltő elem alkalmazható.

Természetes előfordulású monostorapáti kvarcliszt adagolása és autoklavós szilárdítás révén sikerült a cementtartalék, a finom és a homokoskavics arányától függően 48 óras korban $250\text{--}1000 \text{ kg/cm}^2$ szilárdságú betont előállítani. A kutatási kísérletek azt tanúsítják, hogy az ilyen módon előállított beton viszonylagosan érzéketlen a vízementényező változásával szemben, vízzárósága igen nagymértékben meghaladja a természetesen szilárduló, kvarcliszt-adagolás nélküli beton vízzáróságát, gyakorlatilag zsugorodásmentes és a szulfátartalmú vizek agresszív hatásának sokkal nagyobb mértékben ellenáll.

300 kg/m^3 -es 280 -as selypi cementadagolásnál, a cementre számított 30 súlyszázalék monostorapáti homokkal, 15 mm legnagyobb szemnagyságú, különben rostátlan dunai homokoskavicsal készült autoklavolt beton szilárdsága 48 óras korban 250 kg/cm^2 . Ugyancsak 300 kg/m^3 , de 400 -as belépátfalvai cementtel a szilárdság 500 kg/cm^2 .

580 kg/m^3 500 -as, S. 54-es cement adagolással, a cementre számított 50 súlyszázalék kvarcörleménnyel, $1\text{--}7 \text{ mm}$ -ig terjedő szemnagyságú dunai homokoskavicsal autoklaválva 1023 kg/cm^2 nyomószilárdság volt elérhető 48 óras korban.

A melegpadlók előállítása igen nehéz feladat, a faanyag-hiány miatt. A magnézit-cementtel készülő magnézit-padló alkalmazása részben megoldja a problémát, azonban az ennek előállításához szükséges cementmennyiséget jelenleg teljes mértékben inportáljuk. A laboratóriumi kísérletek kimutatták, hogy dolomitból, amely tudvalevően a kalcium és magnézium szénsavas sója, olyan cement állítható elő, melynek kötőképessége melegpadló céljaira megfelelő. E dolomit-cement kötőanyaga szintén a kausztikus magnézia (MgO). Égetése olyan hőfokon történik kb. 750 C° -nál, amelynél a magnézit már kiég, de a mészkő még nem. E parciális égetésnél a mészkő, mint töltőanyag marad vissza.

A padló-kérdés megoldását célozza a kisméretű hulladék parkett-lécekből $30 \times 30 \text{ cm}$ -es lapok formájában préselt parketta is. A kisméretű parkett-lapokat szurkos műanyagmasszába préselik. A műanyagmassza barnaszénzurokból, örölt agyagból és növényi rostanyagokból (tözeg, fűrészpor, kenderpozdorja) áll. A préselés $140\text{--}150 \text{ C}^\circ$ -on kb. 30 kg/cm^2 nyomással történik.

Laboratóriumi kísérleti eredmények állnak rendelkezésre a magorlemez alapanyagának pótlására vonatkozóan is. A fagorcás pótlására szóba jöhet a nád és a különböző szalmafeleségek. A nád előkészítése kétféle úton történhet. Vagy száraz állapotban felhasogatják és azután vegyszeres oldatban puhítják, vagy sulykolóval megtörik, ezután puhítják és nedves állapotban feltérik.

A szalmát nem kell puhítani és felbontani, viszont simasága miatt kisebb tapadást biztosít a cementhez, mint a nád. Préselés előtt $5\text{--}6$ órát vegyszeres oldatban kell áztatni.

Igen értékesek és a népgazdaság számára igen nagy jelentőségűek azok a kutatások, amelyek kimutatták, hogy az új 1953. évi cementek közül szulfátállóság

szempontjából az alacsonyabb minőségű cementek viselkednek kedvezőbben. Különösképpen a kohósalak-cement rendelkezik e kedvező tulajdonságokkal. E megállapítások azt eredményezik, hogy a szilárdsági szempontból amúgyis kisebb követelményű alapok az e célra készített kisszilárdságú cementekből készülhetnek és e mellett a megfelelő szulfátállóság biztosítható. Így nem fordulnak elő olyan ellentmondások, hogy alapokba, ahol B 50, vagy B 70-es betonok kielégítik a szilárdsági előírásokat, szulfátos talajvizek miatt olyan magas cementadagolást kell alkalmazni, hogy a beton minősége B 140 vagy B 200 lesz.

Biztató eredmények voltak elérhetőek a faanyagok vízálló ragasztása terén (főleg a Faipari Kutató Intézet eredményei) a saválló tartányburkolatok, illetőleg házagaló-kitték, valamint a saválló felületi bevonatok és a tözeges bitumen bevonatok, valamint tetőfedés terén. Ezek nem tartoznak szorosan az építőanyagok körébe, ezért e kérdésekre nem kívánok részletesebben kitérni.

Az ismertetett kutatási eredményeket az Építéstudományi Intézet Kutató Laboratóriumának dolgozói érték el Gáspár Géza és Schütz Mihály vezetésével.

A következőkben a Téglá- és Cserépipari Központ Laboratóriumában Dr. Albert János vezetésével kikísérletezett két értékes anyagról kívánok beszámolni.

Az egyik az agyagkavics, amelyet nagy plasztikus indexű, kővér agyagból 1200 C° körüli hőmérsékleten forgó kemencében állítanak elő. Az égetés hatására az anyag expandál. Az expandált szemek sejtyszerűek és falai megüvegesedtek, nagy az önszilárdságuk, de emellett könnyűek, vízbe téve a felszínén úsznak, vagyis vízzárfalúak. Különböző térfogatsúlyal és önszilárdsággal állítható elő. A felhasználásával készített vasbeton térfogatsúlya 1700 kg/m^3 és nyomószilárdsága 250 kg/cm^2 . Az agyagkavicsal előállított könnyű beton $450\text{--}600 \text{ kg/m}^3$ térfogatsúlyú, $10\text{--}45 \text{ kg/cm}^2$ szilárdságú és készítéséhez $150\text{--}200 \text{ kg/m}^3$ cementadagolás szükséges.

A másik a tözeges hőszigetelő-lemez, amely mosott és foszlatott hánási tözegtől préseléssel készül. A rostszálakat préselés előtt $2\text{--}3\%$ krezol-gyantával itatják át, ami a rostokat összeragasztja és víztaszítóvá teszi. A víztaszítóképeség fokozására $1,5\%$ vízben oldhatatlan gyantaszappant is kevernek az alapanyaghoz. Préselés után $60\text{--}80 \text{ C}^\circ$ -on szárítják és $120\text{--}140 \text{ C}^\circ$ -on keményítik. A lemezek térfogatsúlya $164\text{--}200 \text{ kg/m}^3$, hajlítási szilárdsága $2,5\text{--}3 \text{ kg/cm}^2$, hővezetési tényezője $\lambda = 0,040\text{--}0,050 \text{ kcal/m} \text{ óra } \text{C}^\circ$.

Hőszigetelő, vagy keménylemez céljait szolgálja — a préselés mértékétől függően a Dornel Béla által javasolt nádvatta-lemez. A nádhulladékot szécskavagón felaprítják, majd 6 atm. gőzzel feltárlják. Kötő és impregnáló anyagként vagy műgyantát, vagy a nád feltárlásakor kinyert vízdíszható anyagokat használnak.

A szegedi Farostlemez Kísérleti Üzem a Dornel-féle nádvatta lemezek gyártásához hasonló eljárással rostlemezeket gyárt, melynek alapanyaga a gyufagyári vagy bútorgyári vékony fahulladék. Műgyanta adagolása $2\text{--}6\%$ között van a szilárdsági követelményeknek megfelelően. A préselés kb. 30 kg/cm^2 nyomással történik. A 6% műgyantával készült lemezek térfogatsúlya: 1050 kg/m^3 , hajlítási szilárdsága: $240\text{--}290 \text{ kg/cm}^2$. Alkalmazása főleg rétegelt lemez helyett, ajtólapok, falburkolatok céljára történhet. A lemezek vastagsága $4, 5, 6, 7 \text{ mm}$.

A Faipari Kutató Intézetben Perényi György és Jovanovics József állított elő faipari hulladékokból (forgács és fűrészpor) papírlémezeket. Az osztályozott hulladékanagot $6\text{--}8$ súlyszázalék xylenol műgyantával keverik és $30\text{--}34 \text{ kg/cm}^2$ nyomással kb. 140 C° -on sajtólják. A lemezek vastagsága $1,4 \text{ cm}$, térfogatsúlya 800 kg/m^3 , hajlítási szilárdsága 240 kg/cm^2 . Az eljárás még kísérleti állapotban van.

Az elmondott eredmények feljogosítanak arra a reményre, hogy az ipari bevezetés során mutatkozó nehézségek elhárítása után sikerül az építőipart megfelelő anyagtakarékos anyagokkal ellátnunk.

A dolomit tűzállóipari alkalmazása

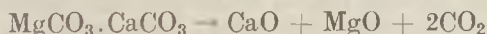
CSER ARISZTID

(Folytatás)

V. Az égetett dolomit gyártása

1. A dolomit égetése.

Az égetett dolomit gyártása tulajdonképpen nem áll másból, mint a dolomit termikus disszociációjának az alábbi egyenlet szerinti keresztviteléből:



A dolomit disszociációja 730—900 C° között megy végbe, azonban ha a reakciót leállítjuk, a szénsav eltávolítása után az így nyert égetett dolomitnak a porozitása túl nagy, és a termék túl aktív ahhoz, hogy az acélgyártásnál felhasználható legyen. A kalcinációt sokkal magasabb hőfokon, 1400—1800 C°-on fejezik be.

6. táblázat

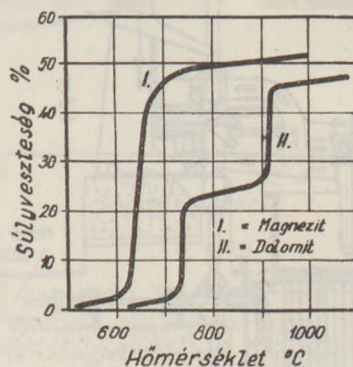
A CO₂ felszabadításához szükséges melegmennyiség

| Folyamat kmol | Reakcióhő 20 C°-ra vonatkoztatva | Fajlagos reakcióhő 20 C°-ra vonatkoztatva | | |
|---|--|--|--------------|-----------------|
| | | kal kg karbonát | kal kg CO | kal kg bázis |
| CaCO ₃ → CaO + CO ₂ | 42 500 | — 425 | — 970 | — 760 |
| MgCO ₃ → MgO + CO ₂ | 26 100 | — 310 | — 600 | — 650 |
| CaCO ₃ · MgCO ₃ → CaO + MgO + 2CO ₂ | 68 600 | — 370 | — 780 | — 710 |

A dolomitban lévő MgCO₃ 710°-on bomlik szét teljesen, míg a CaCO₃ 900 C°-on esik szét.

A gyengén égetett dolomit porozitása 50—70% között ingadozik, míg a megfelelő hőmérsékleten zsugorított 20% körül mozog. A zsugorított dolomit különösebb óvintézkedés nélkül is hetekig tárolható. A legjobb minőségű égetett dolomit térfogatsúlya 2,5 körül mozog.

A jelenlegi gyakorlat szerint a dolomitot akna- vagy forgókemencében égetik. A kemencéket döngölt kátrányos dolomittal vagy magnezit-téglával bélelik. Az égetéshez szükséges hőenergiát aknakemencében darabos koks adagolása útján biztosítják. A koks nemcsak a kalcináláshoz szükséges hőt szolgáltatja, hanem a kokszhamban lévő szennyezések adják a zsugorításhoz szükséges olvasztóanyagokat is. A forgókemencékben az



25. ábra. A dolomit disszociációja

égetés szénporral vagy olajjal történik. Olajtűzelés esetén rendszerint vasoxidot adagolnak mesterségesen a dolomithoz a zsugorítás gyorsítására és az égetett dolomit „stabilitásának“ fokozására. Az adagolt vasoxid mennyisége 5—10% között mozog. Ilyen vasoxiddal dúsított dolomitokban a vasoxid dikalciumferrit vagy brownmillerit formájában van jelen. Nagyobb mennyiségben természetesen a salakellenállóságot csökkenti.

Égetés után a dolomitot kézi osztályozással válogatják, ami akár futószalagon, akár szállítás előtt történhet. A gyengén égetett dolomitdarabok kiválogatása aránylag könnyű, színük és fajsúlyuk alapján. A gyengén égetetteket sem kell azonban eldobni, mert pl. a bázikus Bessemerkonvertereknél az aránylag gyengén égetett dolomit előnyösen lehet felhasználni. A jól kiégetett dolomit sötétszürke kemény anyag. A kúpoló, illetve aknakemencék kezelése komoly szakértelmet kíván, ha jól kiégetett egyenletes terméket akarunk nyerni, mivel könnyen előfordul, hogy az anyag elakad, illetve hirtelen megcsúszik, vagy csatorna képződik, ami gyengén égetett termékre vezet. Ezért a kiégetett anyagot egyenletesen kell eltávolítani, ami nagy ügyességet kíván.

2. Az égetett dolomit tulajdonságai

Az égetett dolomit vizsgálatát csak az utóbbi évek folyamán kezdték meg, és ezek nagy része még nem került nyilvánosságra. Az égetett dolomit eltérő térfogatsúlya, illetve kiégetésének mértéke nagyon egyenetlen és nagy ingadozásokat mutat. Az egyes darabok térfogatsúlya 1,8—3,0 gr/cm³ között mozog. A jó minőségű térfogatsúlya 2,6—2,8 gr/cm³.

A legnagyobb eltérések az izzítási veszteség-nél mutatkoznak; a gyengébben égetett dolomité, mely a tárolásánál gyorsabban hidratizálódik, magasabb. A hidratizációt befolyásoló tényezőkkel sok kutató foglalkozott. Elsősorban a kalciumoxid hidratizációja a mérvadó — a megállapítások szerint — ebből a szempontból. Az erre vonatkozó adatokról a tiszta kalciumoxidból készült gyártmányokkal kapcsolatban lesz részletesen szó. Nyilvánvaló, hogy a szemcsenagyság, a levegő

nedvességtartalma, a porózitás és ezzel kapcsolatban az égetési hőfok csakúgy, mint az időtartam határozott befolyással vannak a hidratizáció mértékére. Hosszabb idő után az égetett dolomitban a magnéziumoxid is hidratizálódik, de tulajdonképpen ok mégis a kalciumoxid-komponensben bekövetkező hidratizáció. A finom szemcsézetű anyagot az őrlés után gyakran hidratizált anyagnak tekintik. A döngölőanyagok gyártásánál használt finom őrleménynek az őrlés velejárájaként nagy a portartalma. Ilyen célra való felhasználásánál a finom rész úgyszintén szükséges, és a döngölőanyagok is kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkeznek, mint az egyenmű szemcsézetű anyag.

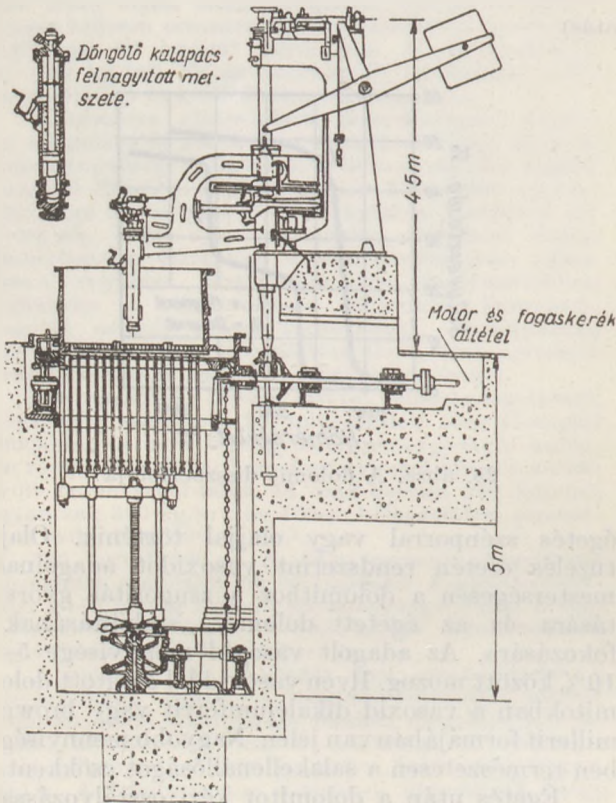
VI. A félstabil dolomittégla gyártása

1. Kátrányos dolomittégla

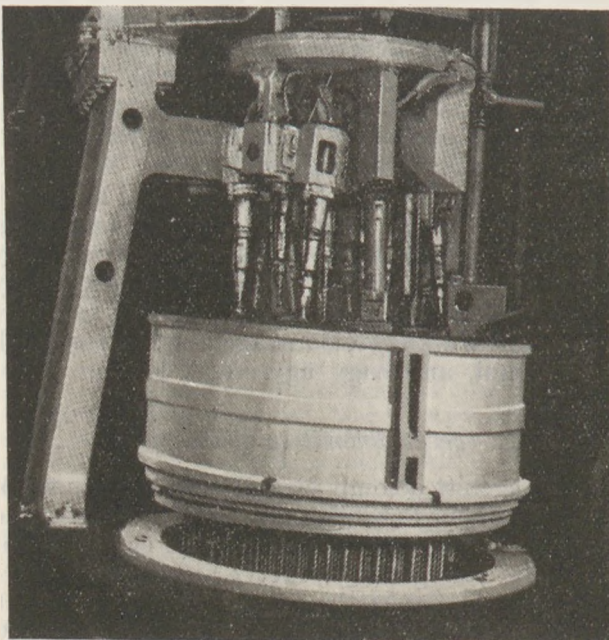
A kátránnyal készült „félstabil“ dolomittéglát elterjedten használják a Bessemer-konverterekben és S. M. kemencék oldal- és hátsó falazásánál, már első időktől fogva. Régebben úgy készültek, hogy a kalcinált dolomitot kátránnyal együtt megőrölték, és a masszát nagy formákba döngölték. Fokozottabb felhasználásánál a gyártást modernbb alapokra helyezték. A kalcinált dolomitot kúpos vagy más törőn maximum 10 mm szemnagyságra aprítják, majd kb. 75 °C-ra melegítik. A meleg őrlött dolomitot keverő görgőjáraton 70—80 °C-ra melegített, vízmentes kátránnyal keverik össze. A kátrány mennyisége a felhasználástól függően 6—15%-ig változik. A görgőjáratot rendszerint gőzzel melegítik. A görgőjáratban ugyan utólagos aprítás játszódik le, de ez már nincs nagy befolyással a szemcsézetre és ezzel egyidejűleg a gyártmány végső tömörségére. A kész keveréket hidraulikusan sajtolják vagy pneumatikusan döngölik, formába. Nagyobb kátránytartalom esetén fatormákba öntik. Ha a kátrányos téglákat azonnal használatba veszik, a hidratáció nem hat zavarólag, ellenkező esetben, bár a hidratáció lassú, szétesésre vezet a hosszú tárolási idő alatt.

A bázikus Bessemer-konverterek fenékköveit ettől az eljárástól eltérő módon készítik. A kátránytartalom aránylag magas, 12—13% körül mozog. A formázás különleges döngölőgépen történik, melynél alulról a formázás után kilyukasztják a fűvónyílások helyét. A döngölés után fémformába kerül, majd gyengén kiizzítják. Az izzítási hőfok 500—750 °C között van. Előszertetlennel használnak csatornakemencét erre a célra. Mivel a kátránygőzök a téglát szétrepeszthetnék, a felmelegítésnek lassúnak kell lenni. Ezért az áthaladási ideje egy formának rendszeren egy hét. A hevítésnél a kátrány elkocszosodik és ebben a formában marad meg. A kemence atmoszférája végig redukáló. A közönséges kátrányos dolomittégla általában egy-két napig tárolható, míg az utóizzított Bessemer-konverter fenékkő a fémformában hónapokig tárolható különösebb veszély nélkül.

A kátrányos dolomittégla beépítésénél fontos, hogy ha előzőleg nem volt kiizzítva, a falazat felmelegítése lassú legyen, mert a kátránygőzök a téglákat gyors felmelegítés esetén szétrepeszthetik.



26. ábra.



26/a ábra.

2. Adalékos félstabil dolomittégla

A kátrányosnál stabilabb dolomittéglát nyerünk, ha az égetett dolomithoz folyósító anyagot adunk. E célból általában timföldet, alumínium-szilikátot, bauxitot, vasoxidot, kalciumfluoridot, alkáli-sókat használnak. Ezek egy része a dolomit-szemcsék felületét üvegszerű bevonattal látja el, ami a hidratációt jelentősen csökkenti. Ezek az adalékanyagok azonban mind alacsony olvadáspontú olvadékokat képeznek, és a lágyuláspontot jelentősen leszállítják. A téglákat 6–15%-os vízmentes kátránnyal melegen keverve sajtoljuk és a magnezitnél szokásos módon kiégetjük. A téglákat az égetés után kátrányban kifőzve, tovább fokozhatjuk a tartósságukat. A téglák kiégetése nehéz, mert már alacsony hőmérsékleten is hajlamosak egyenetlen térfogatváltozásra, amely részben a kátránygőzök repesztő hatása, részben az aknakemencében való égetéskor a tökéletlen nyersanyagkeverésre vezethető vissza. A selejtmentes gyártása ezért a félstabil dolomittéglának rendkívül nehéz, és a felesőt okokból kifolyólag a selejtszáza'ék meg'ehetősen magas, ami ezeknek a téglának a gazdaságos gyártását kétségsé, illetve nehezé teszi.

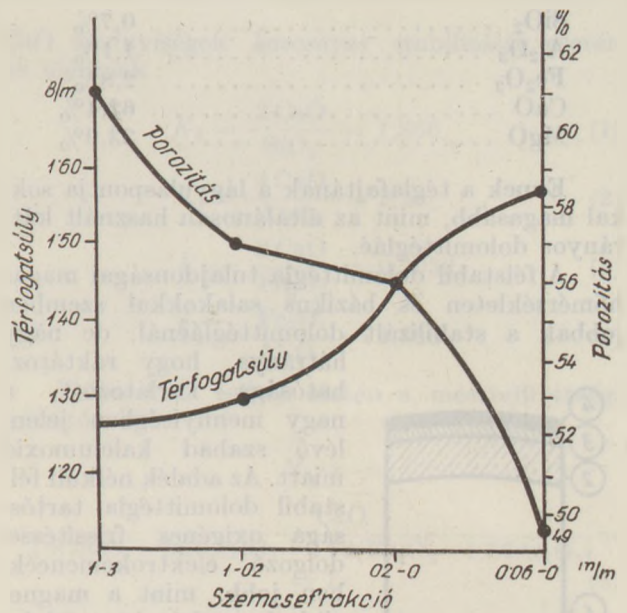
3. Adaléknélküli félstabil dolomittégla

Az eddig leírt félstabil dolomittéglák részben rossz tárolhatóságuk, részben nehézkes gyártásuk miatt nem tudtak elterjedni. A használatban különösen az újabban bevezetett oxigénes olvasztásnál nagyfokú elhasználódást mutattak. Ezért merült fel nagyobb ellenállóképességű dolomittégla gyártásának a szükségessége. A legutóbbi időben bevezetett adaléknélküli dolomittéglák az oxigénes frissítésnél jól beváltak. Gyártását a Dolomitwerke, Halden vezette be.

Már a zsugorított dolomit gyártásánál eltér az eddig tárgyalt félstabil dolomittégla gyártásától. A zsugorított dolomitot 1800 °C körül égetik olajtüze'ésű forgókemencében. Adalékanyagként valamilyen illékony Ca- vagy Mg-vegyületet használnak, vagy konyhasót. Ezeknek ugyanis a kristálméretek növe'ése szempontjából van nagy jelentőségük. Ebből a szempontból a NaCl-adagolás különösen kedvező, mert nemcsak a periklas-kristályok méreteit növeli, hanem a CaO-ét is. Különösen erélyes a NaCl hatása, ha gőzformában van jelen. Ez a jelzett magas hőmérsékleten minden esetben fennáll. A periklas-kristály növekedésére T. Noda és M. Oka japán kutatók végeztek kísérleteket, és 1200 °C-on égetve 3–4 μ nagyságúnak találták NaCl gőz jelenlétében a periklas-kristályokat, míg szilárd formában adagolva 1400 °C-on égetve csak 1–2 μ nagyság adódott. Feltehető, hogy a CaO-ra hasonló módon hat.

Nagy jelentőségű a klinker minősége szempontjából a nyersanyag előkészítése is. Fontos, hogy a nyersdolomit finomra legyen őrölve, és iszap formájában kerüljön a kemencébe.

Az őrlési finomságra vonatkozóan egy vizsgálat megállapította, hogy milyen hatással van a



27. ábra.

klinkerre az őrlési finomság. Az eredményt a 27. ábra szerinti görbék szemléltetik.

A kellő magas hőfokon kiégetett dolomit faj-súlya magas és hidratációval szemben való ellenállása is kitűnő. A kiégetett dolomitot megőrlik és szemcsefrakciókat külön silókban tárolják. A legtömörebb térfogatkitöltésnek megfelelően állítják össze a téglá szemcsézetét. A gyártás módosított „Vitreaux“-eljárással történik. Sajtolását igen magas nyomáson hidraulikus préseken végzik. A téglákat magas hőmérsékleten újraégetik, és a kiégetés után még meleg állapotban védőanyaggal vonják be — pl. paraffinnal — a felületet. A téglák ezzel az eljárással gyártva szilárdságukat 15–20 napig megtartják, és fizikai tulajdonságaik sem változnak. További tárolás már a téglá minőségének romlására vezet. A tárolhatóság télen jobb, mint nyáron, ami a kalciumoxid hidratizálódási sebességével van összefüggésben.

4. A félstabil dolomittéglák tulajdonságai

Egy általánosan használt égetett kátrányos félstabil dolomittégla vegyi összetétele a következő:

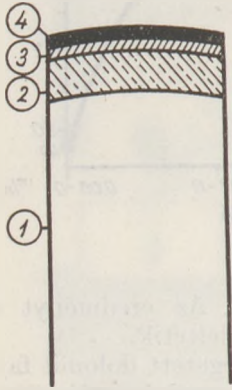
| | |
|--------------------------------------|--------|
| SiO ₂ | 4,27% |
| Al ₂ O ₃ | 2,16% |
| Fe ₂ O ₃ | 2,53% |
| CaO | 51,66% |
| MgO | 38,21% |
| Izz. vesz. | 1,07% |

Az analízis adataiból látható, hogy az anyag összetétel tekintetében nem sokban különbözik az S. M. kemencék bélelésére használt égetett dolomittól. Szokásos adalékanyaggal készített téglák 8–10% SiO₂-dal és 4–6% Fe₂O₃-dal készülnek, ezek azonban az előbb leírt tégláknál gyengébb lágyulásponttal és salakállósággal rendelkeznek. Az adalék nélküli készített égetett félstabil dolomittégla kémiai összetétele a következő:

| | |
|--------------------------------------|-------|
| SiO ₂ | 0,7% |
| Al ₂ O ₃ | 1,1% |
| Fe ₂ O ₃ | 2,8% |
| CaO | 62,4% |
| MgO | 33,0% |

Ennek a téglafajtának a lágyuláspontja sokkal magasabb, mint az általánosan használt kátrányos dolomittégláé.

A félstabil dolomittégla tulajdonságai magas hőmérsékleten és bázikus salakokkal szemben jobbak a stabilizált dolomittégláénál, de nagy hátránya, hogy raktározhatósága korlátozott, a nagy mennyiségben jelenlévő szabad kalciumoxid miatt. Az adalék nélküli félstabil dolomittégla tartósága oxigénes frissítéssel dolgozó elektrokemencékben jobb, mint a magnetit és a kátrányos dolomité. Salakállósága és a hőmérsékletingadozással szemben tanúsított ellenállóképessége kitűnő. A téglát elsősorban a salakban lévő dikalciumferrit támadja meg. Ez a téglafelületét



28. ábra.

5 mm-es rétegben borítja. A beivódás a téglába 10—15 mm-t tesz ki. A beivódott dikalciumferrit a téglafelületét csökkenti és utózsugorodást is okoz. Ezért a porózitás csökkentésének nagy szerepe van a dolomittéglák tartóságában. Egy elektrokemencében kipróbált félstabil dolomittégla különböző mélységben vett mintái a következő összetételűek:

7. táblázat

| S z á m | 1 Ép | 2 zóna | 3 zóna | 4 kívül |
|-------------------------------------|---------|-----------|-----------|------------|
| SiO ₂ | 0,76 | 6,43 | 14,09 | 13,23 |
| R ₂ O ₃ | 3,90 | 6,20 | 14,20 | 16,83 |
| CaO | 63,52 | 59,70 | 52,89 | 52,78 |
| MgO | 30,93 | 27,38 | 18,69 | 16,24 |
| Izz. vesz. | 2,06 | 0,81 | 0,08 | 0,04 |

VII. Stabilizált dolomittégla gyártása

1. Stabilizálási lehetőségek

Stabilizálás alatt mindig a dolomitban lévő CaO lekötését értjük olyan vegyület formájában, mely a CaO-tól eltérőleg hidratációval szemben érzéketlen. „Stabilizálás alatt értik még általában a keletkező vegyület valamelyik kristályformájának állandósítását is, illetve a megakadályozását egy olyan kristályátalakulási folyamatnak, mely a késztermék tulajdonságait károsan befolyásolja.” Ilyen például a már említett β -C₂S átalakulása γ -C₂S-sé vagy a C₃S átalakulása CaO és C₂S-sé. Stabilizálásnak csak az előbb említett kémiai folyamat tekinthető.

A stabilizálásra felhasználható anyagok sokasága közül csak a kvarc (homok) magnéziumhidroszilikátok (talkum, szerpentin, azbeszt) és a krómérc jöhet számításba nagyipari szempontból. A többi anyag, pl. vasoxid, alumíniumoxid, titánoxid, alumíniumszilikátok, bauxit stb., mint az állapotábrákból látható, nem jöhetnek számításba, mert a keletkező vegyületek túl alacsony olvadáspontúak és a magas hőmérsékleten nagymennyiségű olvadék keletkezik. Azonban a használatos stabilizáló anyagokkal sem lehet tetszészerinti stabilizálást végezni, mert a gyártásnál csak a szilárd fázisban lejátszódó kémiai reakciók jöhetnek technológiai szempontból számításba és ez a szempont szabja meg, hogy milyen vegyületek állíthatók elő.

Kvarcittal és homokkal végzett stabilizálás

Kvarcittal és homokkal ipari körülmények között csak dikalciumszilikát formájában lehet lekötöni a dolomitban lévő CaO-t. Ennek oka az, hogy 1450 C°-on a trikálciumszilikát keletkezésének reakciósebessége igen csekély. Az így készült téglák szilárdsága, salakállósága aránylag alacsony.

Magnéziumhidroszilikáttal végzett stabilizálás

A kalciumszilikát formájában végzett stabilizálással a legkedvezőbb tulajdonságokkal rendelkező dolomittégla a magnéziumhidroszilikátokkal gyártható. Ugyanis C₃S-kötés érhető el technikailag kivihető módszerekkel kismennyiségű mineralizátor jelenlétében. Egyúttal a téglafelületét javító MgO mennyiségét is növeljük. A magnéziumhidroszilikátok és a CaO között szilárd fázisban megfelelő magas hőfokon báziscserélődés játszódik le, amennyiben a magnéziumoxidot a kalciumoxid helyettesíti a kristályrácsban. A trikálciumszilikát, mint azt a kutatók megállapították, azonos kristályfelépítésű a norbergittal [Mg(OH, F)₂Mg₂SiO₄]. A norbergitben ugyanis egy réteg Mg(OH, F)₂, egy réteg Mg₂SiO₄-gyel változik, a trikálciumszilikátban pedig a CaO réteg a Ca₂SiO₄ réteggel váltakozik. Így a reakció könnyen játszódik le a magnéziumhidroszilikátok és a CaO között. Az így előállított dolomittégla rendelkezik a három stabilizálási módszer szerint előállítottak közül a legmagasabb lágyuláshőmérséklettel.

Krómoziddal (krómércel) végzett stabilizálás

A kalciumkromátokról kevés adattal rendelkezünk. A dolomit stabilizálásánál a krómoxidnak ércét, a krómércet használjuk fel. Ezek szerpentin és egyéb szennyezéseket tartalmaznak, amelyek alacsony olvadáspontú eutektikumokat alkotnak. Mivel a krómércben a krómoxid mint FeO·Cr₂O₃ fordul elő, a krómérc sok FeO-t tartalmaz (12—18%), ezért a téglák aránylag alacsony lágyuláspontúak. Ez a gyártási mód technológiai szempontból egyszerű és könnyen kivitelezhető.

Fontos körülmény, hogy a krómmagnezittéglák gyártásánál hulladékként keletkező finom szemcsézetű krómérc erre a célra felhasználható.

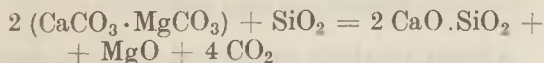
2. Stabilizált dolomitklinker gyártása

A dolomitklinkert az első időkben úgy készítették, hogy a nyers dolomitot megfelelő mennyiségű „stabilizátorral” összekeverték, golyósmalomban nedvesen vagy szárazon megőrölték, csigasajtón vagy hidraulikus présen formázták, majd kiegészítették a rendes tűzálló téglagyári kemencékben 1450—1550 C°-on. A további feldolgozás a magnezittégla gyártáshoz hasonlóan történt. A téglák egyenetlen minőségűek voltak, és gyakran előfordult, hogy tárolás közben elmállottak, vagy használat közben elporlottak. A vizsgálatok kimutatták, hogy vagy nagyobb mennyiségű szabad kalciumoxidot tartalmaztak, vagy a S. M. kemencékben elporlódott téglák tekintélyes mennyiségű dikalciumszilikátot tartalmaztak. Ezért a trikálciumszilikát formájában való kötést alkalmazzák leginkább a stabilizálásra az összes kalciumoxid kötésére. A trikálciumszilikát átalakulását mineralizátorokkal, „stabilizátorok”-kal akadályozták meg. Első időkben egy sudanit nevű ásványt (magnezit + talkum) használták 75% dolomit, 25% sudanit összetételben a stabilizált dolomitégla gyártására, de a kutatások feltárták a stabilizálás lehetőségeit, amelynek eredményeül elsősorban szerpentint, talkumot, kvarcitot, homokot vagy krómércet használnak fel a gyártásánál. A klinker gyártása nagyüzemben ma már a cementgyártáshoz hasonló eljárással, forgókemencében történik.

3. A nyersmassza összeállítása

Kvarcittal vagy homokkal való stabilizálás

A kémiai reakció, mely a számítások alapjául szolgál, a következő:



A természetes nyersanyagok nem tartalmazzák tiszta állapotban ezeket a vegyületeket, ezért tekintettel kell lennünk a szennyezésekből keletkező vegyületekben lekötésre kerülő CaO-ra is. A számításokat a cementgyártásnál használatos módon a nyersanyagok kémiai összetételéből kiindulólá végezzük. A számítás elvégzése végett szükség van a keletkező vegyületek ismeretére. A CaO-MgO-Al₂O₃-Fe₂O₃-SiO₂ ötalkotós rendszerrel kapcsolatban megállapították, hogy az alumíniumoxid mint brownmillerit van jelen, a vasoxid egy része pedig mint dikalciumferrit. A magnézia mint periklas kiválik és így a számításoknál nem jön tekintetbe. A keletkező vegyületek ismeretében kiszámíthatjuk a mésztelítettségi fokot. Elérendő a CaO teljes telítettsége, lekötése a hidratizálódás megakadályozására. Az egységnyi mennyiségű SiO₂, Al₂O₃ és Fe₂O₃ által lekötésre kerülő

CaO mennyiségek kovasavas stabilizálás esetén az alábbiak:

$$K_k = \frac{2\text{CaO}}{\text{SiO}_2} = 1,866, \quad (1)$$

$$T_l = \frac{4\text{CaO}}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 2,20, \quad (2)$$

$$V_k = \frac{2\text{CaO}}{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 0,7033. \quad (3)$$

$$T_v = \frac{\text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 1,566. \quad (4)$$

Teljes CaO telítés esetén a mésztelítettségi mutató:

$$M_{t_1} = \frac{\text{CaO}}{1,87\text{SiO}_2 + 2,20\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,70(\text{Fe}_2\text{O}_3 - 1,57\text{Al}_2\text{O}_3)} = 1. \quad (5)$$

Ennek a képletnek az átalakítása útján kiszámítható adott összetétel mellett a CaO százalékos lekötöttsége:

$$T_{\text{CaO}} = \frac{[1,87\text{SiO}_2 + 2,20\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,70(\text{Fe}_2\text{O}_3 - 1,57\text{Al}_2\text{O}_3)] \cdot 100}{\text{CaO}} \quad (6)$$

Ha a M_{t_1} értéke 1, vagy 1-nél kisebb, a telítés teljes volt, ha 1-nél nagyobb, a telítés nem volt teljes és szabad CaO marad fenn.

A fenti képlet segítségével és a CaO telítésből, a nyersanyagok kémiai analízisének segítségével kiszámítható a dolomit és kvarcit aránya. A számítás menete:

| Nyersanyag | Alkatrészek | | | |
|-------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO |
| Kvarcit | <i>S_k</i> | <i>A_k</i> | <i>F_k</i> | <i>C_k</i> |
| Dolomit | <i>S_d</i> | <i>S_d</i> | <i>F_d</i> | <i>C_d</i> |

A kvarcit CaO fogyasztásának számítása:

SiO₂ fogyaszt 1,87 · *S_k* = szükséges CaO
 Al₂O₃ fogyaszt 2,20 · *A_k* = szükséges CaO
 Fe₂O₃ fogyaszt 0,70(*F_k* - 1,57 · *A_k*) = szükséges CaO +
 Összes

$$\text{CaO-igény} = 1,87 \cdot S_k + 2,20 \cdot A_k + 0,70(F_k - 1,57A_k)$$

A CaO szükséglete a kvarcitnak = összes szükséges CaO—kvarcit CaO tartalma (7).

A dolomit szabad CaO tartalmának számítása:

SiO₂ tartalma fogyaszt 1,87 · *S_d* = CaO
 Al₂O₃ tartalma fogyaszt 2,20 · *A_d* = CaO
 Fe₂O₃ tartalma fogyaszt 0,70(*F_d* - 1,57 · *A_d*) = CaO +
 A szennyezések

$$\text{CaO-igénye} = 1,87 \cdot S_d + 2,20A_d + 0,70(F_d - 1,57A_d)$$

A dolomit szabad CaO tartalma (%) = összes CaO tartalom — a szennyezések CaO fogyasztása (8)

1 : dolomit szabad CaO tartalma = x_1 : a kvarcit CaO szükséglete (9)

$$x_1 = \frac{\text{a kvarcit CaO szükséglete}}{\text{dolomit szabad CaO-tartalma}} \quad (10)$$

Behelyettesítve a (9) számú képletbe, kapjuk az alábbi egyenletet :

$$\frac{[1,87S_k + 2,20A_k + 0,70(F_k - 1,57 \cdot A_k)] - C_k}{C_d - [1,87 \cdot S_d + 2,20 \cdot A_d + 0,70(F_d - 1,57 \cdot A_d)]} = x_1 \quad (11)$$

Az x_1 megadja, egy súlyrész kvarcithoz hány súlyrész dolomitot kell adni a dolomit teljes CaO tartalmának lekötéséhez.

Talkummal és szerpentinrel való stabilizálás

A kémiai reakció, amely a számítások alapjául szolgál, a következő: $6(\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3) + 3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 2(3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) + 9\text{MgO} + 2\text{H}_2\text{O} + 12\text{CO}_2$

Mint a stabilizálási lehetőségeknél már tárgyaltuk, a kémiai reakció trialkalciumszilikát keletkezésére vezet, ami némileg növelésé az előzőben megadott számítás menetét. A szennyezések, amelyek a természetes nyersanyagokban jelen vannak, az alumíniumoxid és vasoxid, szintén brownmillerit és dikalciumferrit formájában jönnek számításba. A magnézia ebben az esetben is periklas formájában válik ki és a számításoknál nem kell tekintetbe venni.

Az SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 -nak a CaO fogyasztóaránya a következő:

$$K_t = \frac{3\text{CaO}}{\text{SiO}_2} = 2,801, \quad (12)$$

$$T_t = \frac{4\text{CaO}}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 2,20, \quad (2)$$

$$V_t = \frac{2\text{CaO}}{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 0,7033, \quad (3)$$

$$T_v = \frac{\text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 1,566. \quad (4)$$

A teljes CaO telítés esetén a mésztelítés:

$$M_{t_2} = \frac{\text{CaO}}{2,80 \cdot \text{SiO}_2 + 2,20 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,70(\text{Fe}_2\text{O}_3 - 1,57 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3)}$$

$$= 1. \quad (13)$$

A CaO lekötés %-os aránya kiszámítható az alábbi képletből:

$$\frac{T_{\text{CaO}}}{\text{CaO}} = \frac{2,80 \cdot \text{SiO}_2 + 2,20 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,70(\text{Fe}_2\text{O}_3 - 1,57 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3) \cdot 100}{\text{CaO}} \quad (14)$$

A fenti képletből a CaO telítésből és a nyersanyagok kémiai összetételéből kiszámítható a dolomit-talkum keverési aránya. A számítás menete hasonló az előzőkhöz:

| Nyersanyag | Alkatrészek | | | |
|-------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|
| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO |
| Talkum | S_t | A_t | F_t | C_t |
| Dolomit | S_d | A_d | F_d | C_d |

A talkum CaO fogyasztásának számítása:

$$\begin{aligned} \text{SiO}_2 \text{ fogyaszt} & 2,80 \cdot S_t \dots\dots\dots = \text{szükséges CaO} \\ \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ fogyaszt} & 2,20 \cdot A_t \dots\dots\dots = \text{szükséges CaO} \\ \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ fogyaszt} & 0,70(F_t - 1,57 \cdot A_t) = \text{szükséges CaO} + \\ \text{Összes CaO-igény} & = 2,80S_t - 2,20A_t + 0,70(F_t - 1,57 \cdot A_t) \end{aligned}$$

A CaO szükséglete a talkumnak = összes szükséges CaO-talkum CaO tart. (15)

A dolomit szabad CaO-tartalmának számítása:

$$\begin{aligned} \text{SiO}_2 \text{ tartalma fogyaszt} & 2,80 \cdot S_d \dots\dots\dots = \text{CaO} \\ \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ tartalma fogyaszt} & 2,20 \cdot A_d \dots\dots\dots = \text{CaO} \\ \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ tartalma fogyaszt} & 0,70(F_d - 1,57 \cdot A_d) = \text{CaO} + \\ \text{A szennyezések} & \\ \text{CaO-igénye} & = 2,80S_d + 2,20A_d + 0,70(F_d - 1,57 \cdot A_d) \end{aligned}$$

A dolomit szabad CaO tartalma (%) = összes CaO tartalom — a szennyezések CaO fogyasztása (7)

1 : dolomit szabad CaO tartalma = x_2 : a talkum CaO szükséglete.

$$x_2 = \frac{\text{a talkum CaO szükséglete}}{\text{dolomit szabad CaO tartalma}} \quad (16)$$

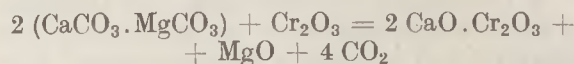
Behelyettesítve a (15) számú képletbe, kapjuk az alábbi egyenletet:

$$\frac{[2,80 \cdot S_t + 2,20 \cdot A_t + 0,70(F_t - 1,57 \cdot A_t)] - C_t}{C_d - [2,80 \cdot S_d + 2,20 \cdot A_d + 0,70(F_d - 1,57 \cdot A_d)]} = x_2. \quad (17)$$

Az x_2 értéke megadja, hogy egy súlyrész talkumhoz hány súlyrész dolomitot kell adni a dolomit teljes CaO tartalmának lekötéséhez.

Krómmércel való stabilizálás

A kémiai reakció, amely a számítások alapjául szolgál, a következő:



A természetben a krómoxid a krómércben króm-spinell ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$) vegyület formájában szerpentin szennyezéssel fordul elő és tekintélyes mennyiségű alumíniumoxidot is tartalmaz. A krómoxid kivételével az összes anyagot szennyezésnek tekintjük a dolomit stabilizálásánál. A keletkező vegyületek a krómoxidnál a dikalciumkromát, alumíniumoxidnál a brownmillerit. A klinkerégetésnél az FeO oxidáció folytán átalakul Fe_2O_3 -má és ezért a számításoknál dikalciumferrit alakjában szerepel. A kovásv, mivel főképp a szerpentinből származik, trialkalciumszilikát alakjában jön számításba. A magnéziumoxid ismét periklas formájában válik ki és ezért itt sem veszünk számításba.

Ezek szerint a keletkező vegyületek ismeretében az SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 -nak a CaO fogyasztási aránya a következő:

$$K_c = \frac{3 \text{ CaO}}{\text{SiO}_2} = 2,801, \quad (11)$$

$$T_c = \frac{4 \text{ CaO}}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 2,20, \quad (2)$$

$$V_c = \frac{2 \text{ CaO}}{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 0,7033, \quad (3)$$

$$T_v = \frac{\text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 1,566, \quad (4)$$

$$K_c = \frac{2 \text{ CaO}}{\text{Cr}_2\text{O}_3} = 0,7371. \quad (18)$$

A teljes CaO telítés esetén a mésztelítés:

$$M_t = \frac{\text{CaO}}{0,74 \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 + 2,80 \cdot \text{SiO}_2 + 2,20 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,70(\text{Fe}_2\text{O}_3 - 1,57 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3)} = 1 \quad (19)$$

A CaO lekötés százalékos aránya kiszámítható az alábbi képletből:

$$\frac{T_{\text{CaO}} = 100}{0,74 \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 + 2,80 \cdot \text{SiO}_2 + 2,20 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,70(\text{Fe}_2\text{O}_3 - 1,57 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3)} = 100 \quad (20)$$

Az előbbi képletekből a CaO telítésből és a nyersanyagok kémiai összetételéből kiszámítható a dolomit-krómérc keverési aránya az alábbiak szerint:

| Nyersanyag | Cr_2O_3 | SiO_2 | Al_2O_3 | Fe_2O_3 | CaO |
|---------------|-------------------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------|
| Krómérc | K_c | S_c | A_c | F_c | C_c |
| Dolomit | — | S_d | A_d | F_d | C_d |

A krómérc CaO fogyasztásának számítása:

$$\begin{aligned} \text{SiO}_2 \text{ fogyaszt} & 2,80 \cdot S_c \dots\dots\dots = \text{szükséges CaO} \\ \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ fogyaszt} & 2,20 \cdot A_c \dots\dots\dots = \text{szükséges CaO} \\ \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ fogyaszt} & 0,70(F_c - 1,57 \cdot A_c) = \text{szükséges CaO} \\ \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ fogyaszt} & 0,74 \cdot K_c \dots\dots\dots = \text{szükséges CaO} + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Összes CaO - igény} & = \\ & = 2,80 \cdot S_c + 2,20 \cdot A_c - 0,74 \cdot K_c + 0,70(F_c - 1,57 \cdot A_c) \end{aligned}$$

(Folytatjuk)

A CaO szükséglete a krómércnél = összes szükséges CaO-krómérc CaO tartalma

A dolomit szabad CaO tartalmának számítása:

$$\begin{aligned} \text{SiO}_2 \text{ tartalma fogy.} & 2,80 \cdot S_d \dots\dots = \text{CaO} = \\ \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ tartalma fogy.} & 2,20 \cdot A_d \dots\dots = \text{CaO} = \\ \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ tartalma fogy.} & 0,70(F_d - 1,57 \cdot A_d) = \text{CaO} + = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{A szennyezések CaO-igénye} & = \\ & 2,80 \cdot S_d + 2,20 \cdot A_d + 0,70(F_d - 1,57 \cdot A_d) \end{aligned}$$

A dolomit szabad CaO tartalma (%) = összes CaO tartalom — a szennyezések CaO fogyasztása (7)

1 : dolomit szabad CaO tartalma = x_3 : a krómérc CaO szükséglete:

$$x_3 = \frac{\text{a krómérc CaO szükséglete}}{\text{a dolomit szabad CaO tartalma}} \quad (21)$$

Behelyettesítve a (21) számú képletbe, az alábbi egyenletet kapjuk:

$$\begin{aligned} [0,74 \cdot K_c + 2,80 \cdot S_c + 2,20 \cdot A_c + 0,70(F_c - 1,57 \cdot A_c)] - C_c \\ C_d - [2,80 \cdot S_d + 1,65 \cdot A_d + 0,70(F_d - 1,57 \cdot A_d)] \\ = x_3. \end{aligned} \quad (22)$$

Az x_3 értéke $T_{\text{CaO}} = 100$ esetén (22) számú képlet megadja, hogy egy súlyrész krómérchez hány súlyrész dolomitot kell adni.

A nyersmassza összeállításának grafikus megoldása

Az üzemi gyakorlat számára a számítások elvégzése fárasztó és gyakran nincs idő az elvégzésére. Ezért célszerű a nyersanyagok kémiai összetételbeli ingadozásainak a figyelembevételével megszerkeszteni a nomogramot, amelynek alapján a nyersanyagok összemérése megtörténhet. Bár az ilyen összetett nomogramok kezelése nem túlságosan egyszerű, mégis kis gyakorlattal könnyen elsajátítható és egyszerű eszközökkel, vonalzó és ceruza segítségével végrehajtható. Hátaránya, hogy a kapott értékek nem oly pontosak, mint a számításokéi, de megfelelően nagy lépték alkalmazásával a pontosság fokozható.

Szerezzen örömet külföldi ismerőseinek,

fizessen elő számukra magyar lapokat, folyóiratokat, küldessen könyveket!

A KULTÚRA

Könyv- és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat

pontosan teljesíti megbízásait.

Felvilágosítás:

„KULTÚRA“ KÖNYV- ÉS HÍRLAP AJÁNDÉKAKCIÓ VÁLLALAT

Budapest, VI. Sztálin-út 21. — Telefon: 429—766

Az üveg molekuláris szerkezete a legmagasabb szilikátok elmélete alapján

DR. KNAPP OSZKÁR

Az üveges állapotot az jellemzi, hogy az anyag megolvastva és lehűlve folyékony állapotát megtartja és oly magas viszkozitási fokot ér el, hogy minden gyakorlati célra szilárdnak, merevnek tekintendő.

Az üveg atomos szerkezetét röntgenvizsgálatok alapján már ismerjük. A röntgensugár szórásai képei azt bizonyítják, hogy bármely atom közvetlen környezete kristályos szerkezetű, tehát rendezett, de az atomcsoportok elrendeződése rendszertelen, szabálytalan. Kvarcüvegben és szilikátüvegekben a rendezett kristályrácsaelem tetraéderez elrendezésű SiO_4 . A rendszertelenül elhelyezkedett tetraéderek között keletkezett üvegekben a jelenlévő kationok foglalnak helyet.

Míg tehát az üveg atomos szerkezetét sikerült felderíteni, addig annak molekuláris szerkezetéről bizonyítékokkal nem rendelkezünk. Nem tudjuk, hogy a szilikátüvegeknek, e szilárd oldatoknak milyen kémiai alkatrészei, vegyületei vannak. Az analitikai kémia erre a kérdésre nem tud feleletet adni, mert az alkotó vegyületeket a feltárás közben megbontja és eredményeit mint oxidok adja meg. Olyan módszer sem ismeretes, mely az üveg vegyületeit megbontás nélkül tudná egymástól elválasztani és identifikálni. Az bizonyos, hogy az üveget, mint minden oldatot, két-féle alkatrész jellemzi, az oldott sók és az oldószer, és hogy az oldott sók és az oldószer keverési aránya bizonyos, az üveges terület határán belül, folytonosan változtatható. Az is kétségtelen, hogy az üveg nem tekinthető híg oldatnak, mert egyik alkatrésze sincs a többihez viszonyítva túlnyomó részben jelen. Az üvegben, mint tömény oldatban, az oldatalkatrészek ezért egymásban kölcsönösen vannak feloldva.

Jellemző az oldatokra továbbá, hogy azok fizikai és kémiai tulajdonságai az oldatalkatrészek koncentrációjának függvénye, tehát az oldatalkatrészek és a tulajdonságok között konstitucionális összefüggés, törvényszerűség uralkodik. A szilikátüvegek kémiai vegyületei, molekulái tehát csak olyan sók lehetnek, melyek konstitucionális tulajdonságot mutatnak.

Az első elméletek, melyek az üvegek molekuláris szerkezetére vonatkoznak, azt tételezték fel, hogy az üvegek alkatrészei oxidok. E feltevés abból indult ki, hogy a kémiai analízis és szintézis az üveg vegyi összetételét oxidokban fejezi ki, hasonlóképpen az üvegolvasztás nyersanyagai is általában oxidokat adnak izzítás után.

Habár az üvegek vegyi összetételének súly- vagy molszázalékos oxidokban megadott kifejezése gyakorlati szempontból előnyös és célszerű, az oxidok nem tekinthetők az üvegek alkatrészeinek és a molekuláris szerkezetet oxidokban nem fejezhetjük ki. Az oxidok ugyanis, melyek az üveg keletkezésében részt vesznek, részben savas, részben bázikus jellegűek, azok tehát egyidejűleg azonos oldatban nem lehetnek jelen, hanem okvetlen sókká egyesülnek és csak a feleslegben jelenlévő savak vagy bázisok maradhatnak vissza szabadon, le nem kötött állapotban. Ha pedig az oldat alkatrészei disszociálnak, azaz kationokra és anionokra bomlanak, akkor is csak fémionok és savgyök-ionok lehetnek az oldatban jelen, de savak és bázisok egymás mellett nem.

Dumas és Wéber, kik mintegy száz évvel ezelőtt foglalkoztak első ízben az üveg vegyi összetételének megállapításával, vegyi képlettel próbálták meg az üveg molekuláris szerkezetét jellemezni. Tscheuschner, Koerner és vizsgálataim azonban kide-

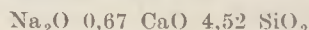
rítették, hogy gyakorlatilag kifogástalan üvegek igen nagy mértékben térnek el a Dumas-féle



normálképlettől. Még napjainkban is oxidképletekben adja meg Philips az üvegek összetételét és egy

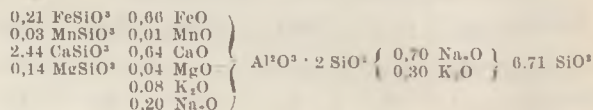
72,9% SiO_2
16,9% Na_2O
10,2% CaO

oxidösszetételű üveget az



képlettel fejez ki.

Hermann abból indult ki, hogy a kristályosodási termékeknek már eredetileg jelen kellett lenniök az üvegoldatban. Ha tehát egy palacküvegből nefelín kristályosodik ki, annak már az üvegben, mint oldatalkatrésznek is ebben a molekuláris összetételben kellett jelen lennie. Hermann üvegeképletében a kikristályosodó vagy kikristályosítható vegyületek képlete szerepel. Képletei igen bonyolultak, így egy palacküveg összetételét a következő képlettel fejezi ki:



Hermann feltevését teljesen kizárja az a körülmény, hogy egyrészt ugyanazon összetételű üvegfolyadékból különböző hőfokon többféle kristály válik ki, egymástól eltérő összetétellel, másrészt az, hogy képlete szerint savak és bázisok vannak egymás mellett jelen szabad állapotban. Hermann feltételezését pedig megcáfolja az, hogy a megadott vegyi alkatrészek és az üveg tulajdonságai között konstitutív összefüggés nem áll fenn.

Az üveg molekuláris szerkezetét tehát képletekkel nem lehet kifejezni, mert az ellenkezik az oldatok elméletével, mely egymással minden arányban oldható alkatrészekkel, nem pedig minden esetben érvényes vegyi képlettel jellemzi az oldatot, tehát az üveget is.

Az üveg vegyi alkatrészeire Morey és Bowen oly módon következtet, hogy feltételezi, hogy az üvegből annak oldatalkatrészeit gyors hűtéssel változtatlanul lehet mint üvegtelenedett kristályos vegyületet kiválasztani. Szerintük a kifagyasztott sók alapján az üvegek szabad kovasav mellett metaszilikátokból és pedig

Na_2SiO_3 , nátriummonometaszilikátból,
 CaSiO_3 , kalciummonometaszilikátból.
 $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$, nátriumdimetaszilikátból.
 $\text{Na}_4\text{CaSi}_3\text{O}_8$, dinátriumkalciumtrisilikátból és
 $\text{Ca}_2\text{Si}_3\text{O}_8$, dikalciumtrimonoszilikátból áll.

A felsorolt kristályos alkatrészek és a fizikai tulajdonságok között azonban törvényszerű összefüggés nem volt kimutatható; sem az optikai tulajdonságok, sem a felületi feszültség értékszámait nem sikerült a Morey-féle szilikátelmélet alapján kiszámítani. A felsorolt sók tehát nem lehetnek az üveg oldatalkatrészei.

Keppeler elmélete szerint az ólomüvegek két alkatrészből tevődnek össze: a mono- és a hexaszili-

kátokból. Már az a tény, hogy bármely monohexaszilikátüveget kevés kovasavval üveggé lehet olvasztani, melyben a kovasav csak szabadon van jelen, megcáfolja ezt az elméletet. Miután az oldat tulajdonságaihoz minden oldatalkatrész koncentrációjának arányában kell, hogy hozzájáruljon, a monohexaszilikátokban kifejezett üvegek oldékonysága és alkálihexaszilikát tartalma között lineáris összefüggés várható. Számítások azonban azt bizonyítják, hogy ily összefüggés nem áll fent. Ugyanez tapasztalható a foltérzékenységre is. A monohexaszilikát elmélet tehát nem elégíti ki a konstitutív követelményt.

Miután az eddig ismeretes hipotéziseket nem lehet az oldatok törvényszerűségeivel összeegyeztetni és az üveg molekuláris szerkezetére nem adnak elfogadható felvilágosítást, felállítottam és kidolgoztam egy oly elméletet, a legmagasabb szilikátok elméletét, mely

1. az üvegben, akár folyós, akár szilárd állapotban, szilikátokat és rendszerint, de nem minden esetben jelenlévő szabad savas vagy bázikus oxidot tételez fel,

2. mely szerint az üveg molekuláris alkatrészei bármilyen koncentrációban lehetnek jelen az üveges terület határain belül és

3. mely szerint az üveg molekuláris összetétele és annak fizikai és kémiai tulajdonságainak számértékei között konstitutív összefüggés uralkodik, tehát a fizikai és kémiai tulajdonságok matematikai képletek segítségével a molekuláris összetételből kiszámíthatók.

A legmagasabb szilikátok elmélete azon a feltevésen alapszik, hogy az üvegben a bázikus oxidok mindegyike annyi kovasavat köt le szilikáttá, amennyi a kovasavmolekulák jelenléte szerint lehetséges. Ha pl. egy üveg oxidösszetétele a következő:

$$\begin{aligned} a & \% \text{ SiO}_2, \\ b & \% \text{ CaO és} \\ c & \% \text{ Na}_2\text{O}, \end{aligned}$$

akkor az üveg oldatalkatrészeit a legmagasabb szilikátok elmélete szerint a következőképp számítjuk ki:

Elsősorban megállapítjuk az üvegben az oxidok molmennyiségét, azaz a százalékos számértékeket az oxidok molekulaszámaival elosztjuk.

$$\begin{aligned} a : 60 &= A \text{ mol SiO}_2 \\ b : 56 &= B \text{ mol CaO} \\ c : 62 &= C \text{ mol Na}_2\text{O} \end{aligned}$$

Ezután megállapítjuk a szilikálás fokát, azaz a számot, mely megmutatja, hogy üveg oldatalkatrészei milyen, mono-, di-, tri- vagy tetraszilikátok. A szilikálás foka

$$n = \frac{A}{B + C}$$

Ha az így nyert törtszám egész része 1, akkor mono-, ha 2, akkor di-, ha 3, akkor triszilikátok alkotják az üveg oldatalkatrészeit.

A szabad kovasav mennyiségét molekulákban megkapjuk, ha az összes jelenlévő kovasavból levonjuk azt a kovasav mennyiségét, melyet a bázikus oxidok lekötöttek:

$$D \text{ mol} = A - (B + C)n$$

Az üveg molekuláris összetétele tehát a következő:

$$\begin{aligned} B \text{ mol Ca}(\text{SiO}_3)_n \\ C \text{ mol Na}_2(\text{SiO}_3)_n \\ D \text{ mol SiO}_2 \end{aligned}$$

Ezeket a mennyiségeket százalékokra számítjuk át.

Ha az oxidösszetétel a következő:

$$\begin{aligned} 75 \% \text{ SiO}_2 \\ 10 \% \text{ Na}_2\text{O} \\ 6 \% \text{ K}_2\text{O} \\ 5 \% \text{ CaO} \\ 3 \% \text{ MgO} \\ 1 \% \text{ Al}_2\text{O}_3, \end{aligned}$$

akkor a molekuláris összetétel a legmagasabb szilikátok elmélete szerint az alábbi:

$$\begin{aligned} 37,70 \% \text{ Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5 \\ 22,94 \% \text{ K}_2\text{Si}_2\text{O}_5 \\ 17,58 \% \text{ MgSi}_2\text{O}_5 \\ 15,00 \% \text{ Ca}_2\text{Si}_2\text{O}_5 \\ 2,34 \% \text{ Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \\ 4,4 \% \text{ SiO}_2 \end{aligned}$$

A legmagasabb szilikátelmélet létjogosultsága és bizonyítéka céljából válasszunk ki azonos, illetve közel azonos nátrontartalmú mészsilikátüvegeket, melyeknek kilúgzási értékei ismeretesek. A következő két üveg nátrontartalma 18%, többi oxidjai és a kilúgzás értékei a következők:

$$\begin{aligned} a \text{ üveg } 76,2 \% \text{ SiO}_2, \quad 4,4 \% \text{ CaO, kilúgzás } 249 \text{ mg} \\ b \text{ üveg } 71,3 \% \text{ SiO}_2, \quad 9,4 \% \text{ CaO, kilúgzás } 100 \text{ mg.} \end{aligned}$$

Miután a nátrontartalom azonos, a kilúgzási értékek különbözősége csak a mésztartalomra vezethető vissza, mert a kovasav oldhatatlannak tekinthető. Ha azonban a kilúgzás csak a mész oldhatóságának következménye, akkor egységnyi mészre számított kilúgzás mindkét üvegnél azonos értéket kell, hogy adjon. Azt találjuk azonban, hogy a *a* üvegnél 1% CaO-ra 57 mg, *b* üvegnél 11 mg kilúgzási érték jut. A mész egységére vonatkozó oldékonyság különböző, tehát nemcsak a mész mennyiségétől függ. Ezt az anomáliát csakis úgy tudjuk megmagyarázni, hogy a két üveg szilikátalkatrészei különbözőek. Ha átszámítjuk a két üveg molekuláris összetételét, a legmagasabb szilikátok elmélete alapján, a következő oldatalkatrészeket kapjuk:

$$\begin{aligned} a \text{ üveg: } 15,5 \text{ CaSi}_3\text{O}_7, \quad 58,5 \text{ Na}_2\text{Si}_3\text{O}_7, \quad 25,8 \text{ SiO}_2 \\ b \text{ üveg: } 23,1 \text{ CaSi}_2\text{O}_5, \quad 39,0 \text{ Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5, \quad 37,9 \text{ SiO}_2 \end{aligned}$$

Látjuk tehát, hogy annak dacára, hogy mindkét üveg 18% Na₂O-t tartalmaz, az *a* üveg 58,5% nátrium-triszilikátot a *b* üveg 39% nátriumszilikátot tartalmaz. Az anomáliát tehát az magyarázza meg, hogy a két üveg oldatalkatrészei, valamint azok oldékonysági értékei különbözőek.

A legmagasabb szilikátelmélet segítségével az üvegek molekuláris összetétele és számos kémiai és fizikai tulajdonsága között sikerült lineáris törvényszerűséget találni. Erre a célra csak oly tulajdonságok jöhetnek tekintetbe, melyek az oxidösszetételek alapján nem adnak linearitást, additivitást. Ily tulajdonságok a vegyi tartósság, mely az oldékonyság mértéke, a foltérzékenység, mely az ólomüvegek tartóssága szerves savakkal szemben, az optikai tulajdonságok, és a hőüvegek kiterjedési együtthatója és moltérfogata.

A vegyi tartósság szempontjából az oldatalkatrészeket, melyeket a legmagasabb szilikátelmélet szerint számítunk ki, három csoportba osztjuk. Az első csoport az alkálishilikátok, melyek a legnagyobb mértékben oldhatók, másodikba a nehezen oldható földalkáli és egyéb szilikátok, a harmadik a kovasav és az ólomszilikátok. Megállapítjuk a vegyi tartóssági tényezőt, a könnyen és nehezen oldódó szilikátok viszonyát:

$$T = \frac{R_2(\text{SiO}_3)_n}{R(\text{SiO}_3)_n}$$

A tartósság mértékét a következő képletekkel számítjuk ki:

A vegyi tartósság, H,

$$\log H = a \cdot T + b \text{ mg}$$

ha a T a tartóssági tényező, *a* és *b* pedig állandók, melyeknek értéke aszerint különbözik, hogy az üveg molekuláris összetétele mono-, di-, vagy triszilikátok.

A foltérzékenység képlete:

$$\log F = c \cdot P_b \text{ SiO}_{3n} + d \text{ mg}$$

A törésmutató, részleges színszórás, a nátron-hőüvegek kiterjedési együtthatója és moltérfogata az alábbi képlet alapján számítható ki:

$$X = A \cdot x_1 + B \cdot x_2 + C \cdot x_3 + \dots$$

mely képletben az X az említett tulajdonságokat, A, B, C ... a százalékos molszilikátokat és $x_1, x_2, x_3 \dots$ az egyes tulajdonságok fajlagos szilikátállandóit jelenti.

Az állandók értékei a szakirodalomból ismeretesek.

A legmagasabb szilikátok elmélete összhangban van az oldatok törvényeivel és konstitutív összefüggéseket ad oly tulajdonságok esetében is, melyekre az eddigi elméletek nem tudtak törvényszerűséget találni.

A műszaki üvegek összetétele tervezésének alapelvei kidolgozásával kapcsolatban Szolomin professzor felhívja a figyelmet arra, hogy a fizikai tulajdonságok

számítási módszerei általában eléggé pontatlanok, és a számítás az üvegek tervezésének csak első stádiuma. Ezt a feladatot kísérleti ellenőrzésnek kell követnie. E megállapítás vonatkozik az üvegek tulajdonságainak konstitutív kiszámítására a legmagasabb szilikátok elmélete alapján is.

Valószínű, sőt bizonyos, hogy a tudomány fejlődésével, a kutatási és mérési módszerek finomításával a jövőben pontosabb bepillantást fogunk nyerni az üvegek molekuláris szerkezetébe, addig azonban a legmagasabb szilikátok elmélete és annak alkalmazása az üveg tulajdonságainak kiszámítására eredményesen felhasználható.

Kérdés — felelet

Kérdések

34. *Hogyan változik a cementpróbatestek szabvány-szilárdsága a tömörítési munka függvényében?*

35. *A homokos anyagok téli előrekeütermelése téglagyártástánál gazdaságos-e?*

Mennyire növekszik meg a regázott agyagból a prések teljesítménye?

36. *Mi az oka, hogy kőedényárúnál főként a tányéroknál és csészéknél a széleken mázlepattogzás mutatkozik: egyéb helyen ez a hiba alig lép fel? Hogyan lehet a hibát megszüntetni?*

Feleletek

26. *kérdés. Hogyan mérhető a cement klinker égető forgókemence lánghossza és milyen hatással van a láng hossza a samott és magnezit bélés határának épségére?*

Felelet. I. A fenti kérdés egyike a legnehezebb és legbonyolultabb cementklinker égetési problémáknak, mert közvetlen méréssel nem boldogulunk, egyszerűen azért, mert nem látjuk a láng végét, még a legtisztább, portmentes égetés esetén sem.

Számítással és közvetett mérési eredmények útján tudunk a láng hosszára vonatkozóan adatokat szerezni; azonban ezek az adatok is csak megközelítőek, annál is inkább, mivel a láng hossza — különösen szénpor tüzelésnél — üzenkőzben igen sok tényezőtől függően folytonosan változik. E tényezők közül megemlítjük a fontosabbakat: a szénbefúvó csőből kiáramló primer levegő sebessége, mennyisége, hőfoka, a szénliszt őrlési finomsága, illógáz tartalma, hamutartalma, a hűtőből áramló szekunder levegő mennyisége, sebessége, hőfoka, a primer és szekunder levegő egymáshoz való viszonya, a kemence méretei, a szénbefúvó cső méretei, a kéményhuzat nagysága stb.

E tényezők — a kemence és a befúvócső méreteitől eltekintve — ha szűk határok között is, de állandóan változnak, s így ebből kifolyóan folytonosan változik a láng hossza is. Jó tüzelésnél hosszváltozásnak szűk határok között kellene maradnia.

II. A láng hosszának indirekt megállapítására jól bevált adatnak bizonyult az a gyakorlati tétel, melyet az irodalom is több helyen felemlít, hogy a láng hossza forgókemencében 100 m kemencehosszig ennek egynegyede, 150 m kemencehosszig ennek egyhatoda legyen.

III. Másik irodalmi adat, amely tisztán számítás alapján következtet a láng hosszára, a kemence zsugorodó-zónájának átmérőjét (D) veszi alapul. Ez a tétel röviden azt fejezi ki, hogy — normális, tehát kb. 300 000 Kal(m³)óra tüztér-terhelés esetén:

$$\text{lánghossz} = 4,9 D$$

E számított adatokat alkalmazva hazai forgókemencéinkre, nagyrészüknél megkapjuk a gondos tüzeléshez szükséges láng hosszát, amely tapasztalati úton is ellenőrizhető.

IV. A hosszabb ideig tartó leállásnál meg kell figyelniünk, hogy található a tűzálló bélése a láng végéből szétfröccsenő hamuból származó gyűrű, amely normális üzemmenet esetén alig fedezhető fel a bélése, némelykor azonban — a cementtechnikusok és égetők örökös réme — olyan nagyra nőhet, hogy súlyos üzembizavaroakat okoz.

Ha a láng vége a magnezit és samottbélés határa alá esik, akkor rendszerint a magnezitbélés eléggé ép marad; azonban a samottbélés igen nagy korrozíót mutat; ennek az a magyarázata, hogy a kalcináló zónából jövő szabad mész rögtön kezdi feltárni a samottbélést, mihelyt megkezdődik (1250—1300° C) az olvadékképződés. (Amint ismeretes, a két olvadékképző klinker ásvány a C₃A és C₄AF fenti hőfokon képződik.)

Világosan látható ilyen esetben, hogy a magnezitbélést pár méterrel meg kell nyújtani és több hónapi üzemmenet után is állandóan figyelni kell a kétféle tűzállóbélés határát, hogy tapasztalható-e a határterületen komolyabb samott-korrozio, bemarkódás, kikopás?

Ha bármilyen okból rövidebb lánggal égetünk, vagy inkább választjuk a rövidebb lánggal való tüzelést, mint a magnezitbélés meghosszabbítását, akkor újra helyreáll az egyensúly, azaz az olvadék képződés — a láng rövidebb voltánál fogva — a magnezitbélés területén kezdődik, s utóbbit az olvadék szabadmész tartalma lényegesen nem támadja meg.

V. Minden hosszabb ideig tartó leállásnál vagy bélésmegbontás előtt alaposan figyeljük meg, s lehetőleg megközelítően mérjük ki, hogy hol fekszik a láng-csőva vége, milyen a kétféle tűzállóbélés határának épsége, a szén minőségét tekintve megfelelő-e a láng hossza az általános tapasztalati és irodalmi adatoknak. (Lásd előbb.) Ebből származik az a kérdés, hogyan helyezkednek el a forgókemencénk övezetei?

Az övezeteknek helyzetét, hosszát nagyban befolyásolja a tüzelésen kívül a nyersanyag minősége és mennyiségi adagolása, melynek teljes összhangban kell lennie a tüztérterheléssel, azonkívül az egyes övezetek hőmérsékletével.

A nyersanyag adagolásának erőltetése folytán előállhat az az eset, hogy a kalcináló-zóna igen erősen megnyúlik a szénbefúvás irányába és megrövidül a zsugorodó-zóna. E helyen lesz az erős CO₂ fejlődés, ami azután teljesen megzavarja a tüzelést, illetőleg a tökéletes égést, és a kemence hőmérséklete csökken, a klinker kiégetlenül kerül ki a kemencéből.

Bővebbet találhatunk e kérdésre vonatkozólag *Hodorov*: „Cementipari kemencék“ I. kötetének 150—190. oldalain.

Most jelent meg!

Hinsenkamp—Sasvári—Sövegjártó :

Durvakerámiai kézikönyv

268 oldal

73 ábra

Ára kötve 40,— Ft

A könyv a tégl- és cserépipar, valamint a tűzállóanyagipar dolgozói számára készült. Első része a matematika, kémia és elektromosság alapfogalmait ismerteti, különös tekintettel a kerámiai üzemek dolgozóinak szükségleteire. A második rész foglalkozik a kerámiai üzemekkel kapcsolatos nyersanyagokkal, azok feldolgozásával és az ahhoz szükséges berendezésekkel, majd a késztermékek minőségi ismérveit és az ide vonatkozó szabványokat ismerteti.

A könyvet 73 ábra és számos táblázat egészíti ki.

Karafiáth László :

Alkalmazott talajmechanika

236 oldal

103 ábra+egy kétoldalas melléklet

Ára kötve 40,— Ft

A szerző könyvében részletesen foglalkozik a talajmechanika alapfogalmaival, ismerteti a talajok fajtáit és osztályozását, az összes építómunkákat, melyek a talajmechanikával kapcsolatosak; leírja a gyakorlatban szükséges laboratóriumi vizsgálatokat. A szerző felhasználja az élenjáró szovjet szakirodalmat, amely mérnökeink, műszaki vezetőink és a tervező intézetek részére hasznos útmutató.

A. Z. Jeunyeics :

Emelő és szállítóberendezések az építőanyagiparban

398 oldal

258 ábra

Ára kötve 55,— Ft

Ismerteti az építőiparban előforduló fontosabb emelő- és szállítóberendezéseket, azok szerkezetét, üzemeltetési elvét és e berendezésekkel kapcsolatos számítási adatokat. Mérnökök, technikusok és műszaki vezetők részére komoly segítséget nyújt.

Beszerezhető az

ÁLLAMI KÖNYVTERJESZTŐ VÁLLALAT

összes könyvesboltjaiban,

ÉPÍTŐIPARI KÖNYVESBOLT: BUDAPEST, XI. BARTÓK BÉLA-U. 25.

Előkészületben!

Schwéger Béla :

Üvegipar I.—II. kötete

A könyv az üvegolvasztókemencék fejlődésének rövid áttekintése után részletesen foglalkozik a fazék- és kádkemencék szerkezetével, kivitelezésükkel, teljesítményük kiszámításával és az üzemvezetéssel. Részletesen tárgyalja a regenerátorok és rekuperátorok kiszámítását. A kemencék üzemeltetésével kapcsolatban kimutatja, hogy a szovjet tapasztalatok nyomán a keverék összeállításának, előkészítésének és kemencébe rakásának újabb módszereit, a kemence teljesítményét és az üveg minőségét mennyiben befolyásolják. Tárgyalja, hogy a jelenlegi kemencék milyen körülmények között és mennyire javíthatók. Végül a kemencék építőanyagaival foglalkozik.

