

302335

ÉPÍTŐANYAG

CEMENT-, MÉSZ-, TÉGLA-, KERÁMIA-, ÜVEG- ÉS KŐIPAR

3. 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:

Hinsenkamp Alfréd

★

Szerkesztőbizottság:

Bereczky Endre

Beke Béla

Baksay Zoltán

Erdély Imre

Grofcsik János

dr. Knapp Oszkár

dr. Lehmann Edít

★

Szerkesztőség:

Budapest, V., Honvéd-u. 22.

II. lépcső I. emelet 4.

Telefon: 124-438

★

Felelős kiadó:

az Építőanyagipari Könyv-

és Lapkiadóvállalat

igazgatója

★

Kiadóhivatal:

V, Kálmán-utca 16.

(Telefon: 121-585)

Tartalom:

	Old.
<i>Weiss György</i> : A beton utóvibrációja — szovjet tapasztalatok alapján	83
<i>Gomperz István</i> : A műszáritók teljesítőképességének fokozása	89
<i>Dr. Hirsch József</i> : A cementgyári tervszerű megelőző karbantartás (2. sz. közlemény)	93
<i>Halász András és Demeter László</i> : Petényi tűzállóanyagok nemesítése	95
<i>Lázár Jenő</i> : A kőbányaipar műszaki fejlődése	101
<i>Szabó György</i> : Üzemi és laboratóriumi hőmérés a szilikátiparban	105
Kérdés—Felelet	119

Содержание:

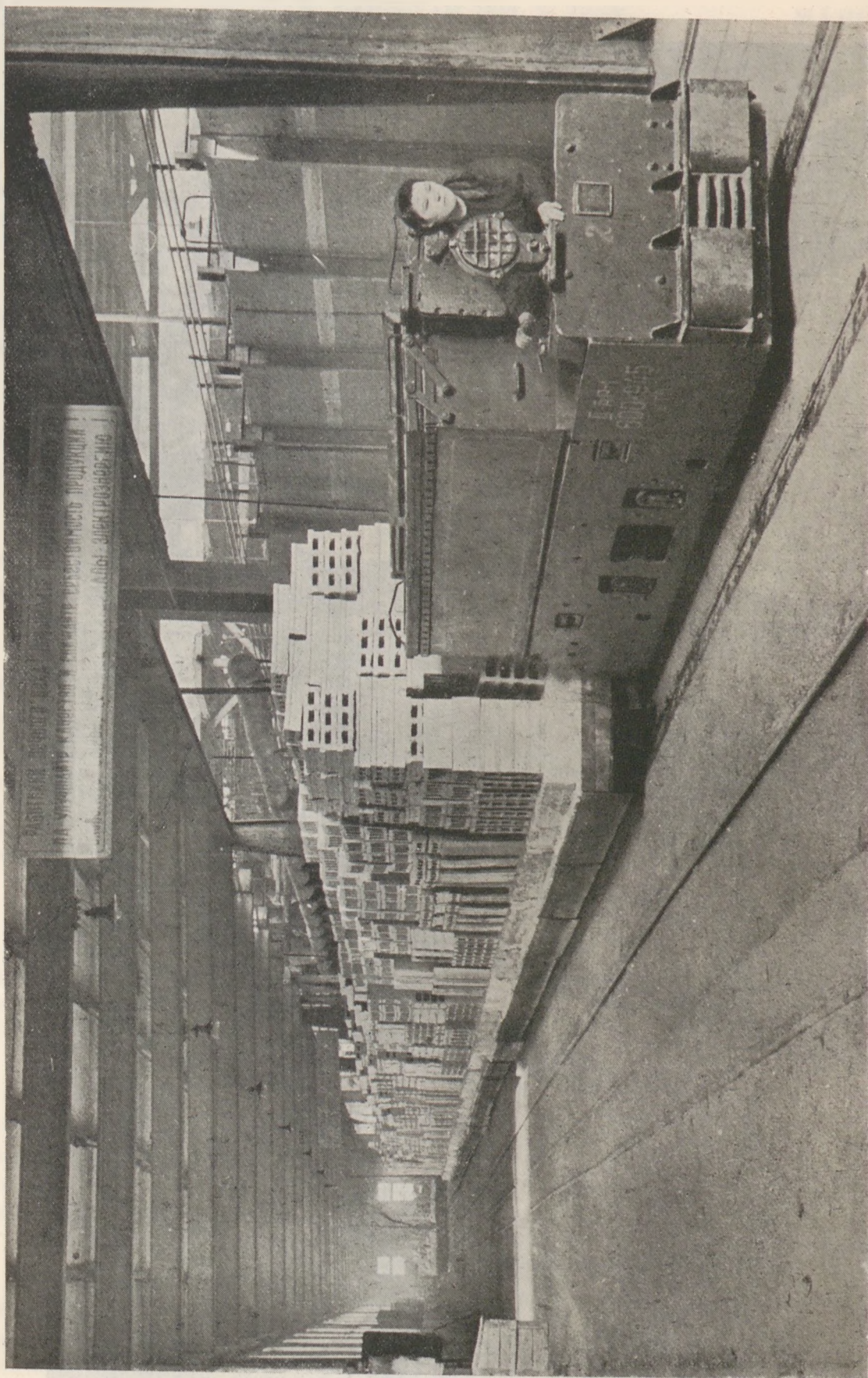
	сторона
Вейс Дюрдь: Последующая вибрация бетона. Советские опыты	83
Гомперц Иштван: Повышение производительности искусственных сушилок.	89
Хирш Йожеф: Планово-предупредительный ремонт на цементных заводах	93
Халас Андраш и Деметер Андраш: Обогащение огнеупорных глин, добываемых в Петень.	95
Лазар Йене: Техническое развитие промышленности нерудных материалов.	101
Сабо Дюрдь: Производственный и лабораторный замер теплоты в силикатной промышленности.	105
Вопросы-ответы	119

Sommaire:

	Nos. Pages
<i>Weiss, György</i> : Vibration ultérieure du béton. Expériences soviétiques	83
<i>Gomperz, István</i> : Augmentation de la capacité des séchoirs artificiels	89
<i>Hirsch, József dr.</i> : Entretien préventif systématique des fabriques de ciment	93
<i>Halász, András et Demeter, László</i> : Amélioration des matières refractaires de Petény	95
<i>Lázár, Jenő</i> : Développement technique de l'industrie des carrières de pierre	101
<i>Szabó, György</i> : Mesure de la chaleur dans les usines et laboratoires de l'industrie des silicates	105
Questions — Réponses	119



Téglaszállítás futódarúval



Téglaszállítás alagútkemencétől

A beton utóvibrációja szovjet tapasztalatok alapján

WEISS GYÖRGY

Hazánk hatalmasan fejlődő szocialista építőipara olyan mennyiségi és minőségi igényeket támaszt a hazai cementiparral szemben, melyeknek az csak úgy tud megfelelni, ha a különböző építési követelményeknek megfelelő, különböző tulajdonságú, így különböző minőségű cementeket hoz forgalomba, melyek égetett klinkeren kívül, égetés nélkül, egyszerűen őrlés útján előállítható póttanyagokat is tartalmaznak.

Új cementfajták megtervezésénél a Szovjetunió tapasztalatait vették figyelembe, de a tömeges előállítás túlgyors irama folytán egyrészt a gyárak még nem tudták biztosítani az anyag egyenletes minőségét, másrészt pedig az építőipar még nem tudott kellőképpen felkészülni az új anyagok célszerű felhasználásához tartozó új munkamódszerek bevezetésére.

Ez az ismertetés az új cementekkel kapcsolatos új munkamódszerek egy részéről kíván szólni. Az új cementeknek ma még vannak olyan kezdeti hiányosságai, melyek a gyártás tökéletesedése folyamán nyilván kiküszöbölődnek, azonban teljesen helyes gyártási technológia mellett sem lesznek a heterogén cementek tulajdonságai azonosak a homogén cementek tulajdonságaival, mert ezek kémiai felépítésükben és kötési folyamatukban lényegesen és alapvetően eltérnek a homogén portlandcementtől. *A heterogén cementeket tehát új építőanyagoknak kell tekinteni és alkalmazásukhoz új technológiát kell kialakítani.*

A Szovjetunióban ilyen munkamódszereket már széles körben kikísérleteztek és bevezettek. A hazai kísérleteink tehát már ezekre a tapasztalatokra épülhettek fel. Az új eljárások lényege elsősorban az, hogy a heterogén cementek alapvető felépítéséből származó nagyobb vízigényének szilárdságsökkentő hatását kiküszöbölje, továbbá, hogy a hidraulitok renyhébb szilárdulását gyorsítsa.

Ebben az értelemben új technológiának tekinthető a centrifugálás, a sajtolás, a vákuum-eljárás és az utóvibráció. Ezek az eljárások bedolgozott betonból utólagosan vizet vonnak el. De új technológiának nevezhető, a Szovjetunióban széles körben elterjedt hidrofob adalékok alkalmazása és a helyszíni nedves őrlés is, melyek a vízigény csökkentésére és a lassú, renyhe szilárdulás gyorsítására irányulnak. Ugyancsak új technológiának minősülnek a hőszilárdító eljárások, melyek heterogén cementeknél sokkal hatékonyabbak lehetnek, mint tiszta portlandcementnél.

E különböző eljárások ismertetésére a hazai laboratóriumi és munkahelyi eredmények ismerettségével az elmúlt év folyamán a Mélyépítéstudományi Szemle hasábjai és egyéb kiadványok részletesen foglalkoztak. Ez a cikk az utóvibrációval foglalkozik, egyrészt, mert ez az eljárás aránylag a legkevesebb gépberendezéssel, egyszerű úton éppen a heterogén cementeknél nagy

szilárdsági tartalékokat hoz felszínre, másrészt mert e munkamódszer bevezetésével — a MTESZ szovjet munkamódszer bevezetési akciója során — éppen most foglalkozik a mélyépítő ipar.

A következőkben a Szovjetunióban kifejlesztett új betonozási elméletet oly mértékig ismertetjük, ameddig ez az utóvibráció lényegének megértése szempontjából szükséges és bemutatjuk az utóvibráció területén eddig elért laboratóriumi és gyakorlati eredményeket is. Az eredmények azt mutatják, hogy ez az új eljárás cementmegtakarítást, főleg pedig nagymértékű égetettklinker megtakarítást tesz lehetővé, azáltal, hogy alacsonyabb szilárdsági osztályba tartozó heterogén cementekkel készült betonok szilárdulásának gyorsítását és a szilárdság növelését segítheti elő. Ezeket a cementeket tehát magasabb szilárdsági osztályba tartozó cementek helyettesítésére lehet azonos cementadagolással felhasználni.

Építőiparunk műszaki dolgozóinak — mérnökeinek, technikusainak — legnagyobb része ma még „a klasszikus betonkészítési elmélet” alapján áll. A klasszikusnak tekintett betontechnológia lényege ma már az, hogy a beton minőségét az alkotó elemek minőségéből és mennyiségéből vezeti le és biztosítja a helyes betonkészítés szilárd elméleti alapjait.

A klasszikus betontechnológia ismertetését mellőzzük és csak ott utalunk rá, ahol a Szovjetunióban kialakult haladó betontechnológia elveinek alátámasztására az szükségesnek mutatkozik.

A nehéz betonok minőségének mérőszámául a következőkben, egyszerűség kedvéért, *a beton 28 napos kockatörőszilárdságát* fogadjuk el, azzal a fenntartással, hogy a „törőszilárdság” nem tekinthető abszolút mértéknek, hanem csak a beton minőség számos összetevőjének, mint: nyomó-, húzó-, hajlítószilárdság, tömörség, térfogatállandóság, vízzáróság, fagyállóság, vegyi-ellenállóképesség stb. közvetett mutatószámának.

A klasszikus elmélet szerint tehát a minőség-meghatározó tényezők két csoportra oszlanak: a keverő arányban és a betonozási műveletében kifejezhető tényezőkre.

A Szovjetunióban kialakult haladó betonozási elmélet nem szünteti meg a klasszikus elmélet jelentőségét, csak korlátok közé szorítja azt.

A klasszikus betonozási elmélet túlmerev, nem veszi kellőképpen figyelembe a betonbedolgozás és a keverőarány viszonyának változó voltát. A modern technológia viszont kiszélesíti az elmélet érvényességét új bedolgozási eljárásokra is és ezzel az eredeti elmélet merevségét feloldja.

Régen tudjuk, hogy a különböző betonozási eljárásokhoz más-más vízcement-tényező — és ezzel más és más szilárdság tartozik.

A grafikonról leolvasható, hogy 270 kg/m³ 500-as tatabi cementtel készült betonnal laborató-

A beton minőségét meghatározó tényezők

		T é n y e z ő k	A hatást kifejező mérőszám
Keverő arány	1.	A cement minősége	Szabványos habaresszilárdság
		A cement mennyisége	v/c = vízcementtényező
	3.	A víz mennyisége	
	4.	Az adalék saját szilárdsága	Kőszilárdság
	5.	Az adalékanyag granulometrikus felépítése	Finomsági modulus v. más mérőszám
Betonozási művelet	6.	Keverés	Hézagterfogat, friss beton térfogatsúlya stb.
	7.	Bedolgozás	
	8.	Utókezelés	

riumunkban öntés útján $0,7 \frac{v}{c}$ -t és ezzel 140 kg/cm^2 kockaszilárdságot, — csömöszöléssel $0,6$ -os $\frac{v}{c}$ -t és 180 kg/cm^2 szilárdságot, — döngöléssel $0,5$ -ös $\frac{v}{c}$ -t és 240 kg/cm^2 szilárdságot, — 3000 periódusú vibrátorral $0,4$ -es $\frac{v}{c}$ -t és 340 kg/cm^2 szilárdságot, — 9000 periódusú vibrátorral $0,35$ -ös $\frac{v}{c}$ -t és 400 kg/cm^2 szilárdságot, — végül vízelvonó modern eljárással (utóvibráció, vibrovacuum centri-

fugalás) $0,31 \frac{v}{c}$ -t és 480 kg/cm^2 kockaszilárdságot sikerült elérni, azonos kitűnő adalékadag felhasználása mellett. Ha a víz-cementtényező az egyes bedolgozási eljárásoknál az előbbi optimum alá csökken, a beton minősége romlik.

Szélsőséges eltérések okát a klasszikus elmélet nem magyarázza meg kellőképpen.

Nem deríthető ki a klasszikus elmélet alapján az sem, hogy különböző szemmegoszlású és hézagterfogatú adalékokból megfelelő bedolgozással, végül miért lehet mégis azonos tömörségű és szilárdságú betont készíteni.

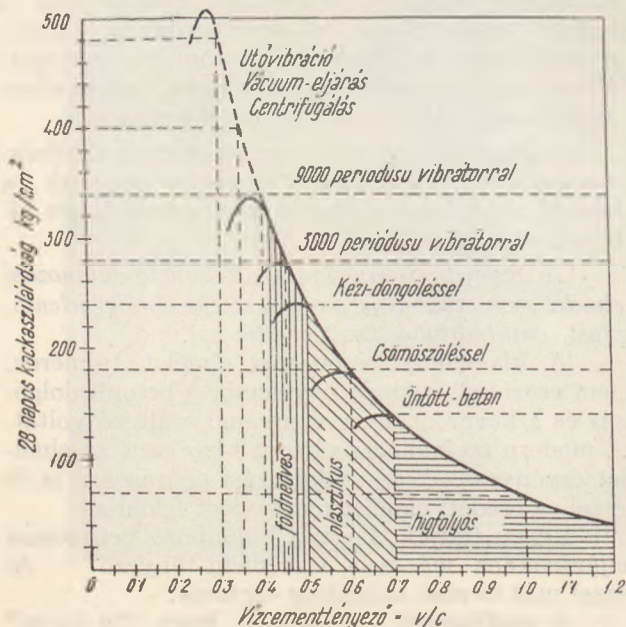
Továbbá nem tesz különbséget a kezdeti vízcementtényező és a végső vízcementtényező között sem, pedig az új vízelvonó bedolgozási módok mellett ez a két szám lényegesen különbözik egymástól.

Az újabb betonbedolgozási eljárások a régi elmélettel kellőképpen meg nem magyarázható betonminőség javulást eredményeznek. Ezért az új eljárások bevezetésével új betonozási elméletet is kell kialakítani.

Szovjet tudósok és betontechnológusok, pl. Szkrámtájev, Sesztoperov, Gordon, Novikov, Deszov stb. többévtizedes munkája nyomán ma már ez az elmélet jelentékenyen kialakultnak tekinthető, de részletes ismertetése messze túlhaladna ennek a cikknek a kereteit.

Lényegét azonban az utóvibráció előnyeinek megértése érdekében fel kell vázolni.

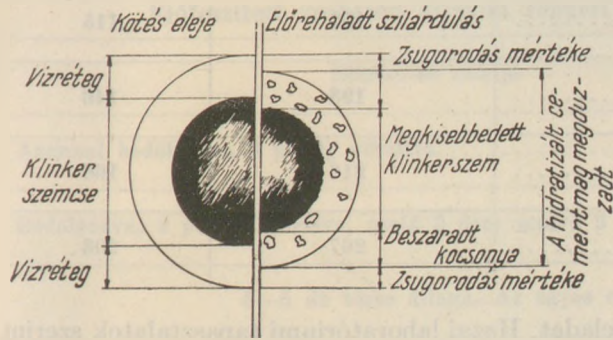
A szovjet szerzők álláspontja, mely szerint a betonkészítés általános érvényű elmélete csakis szilikát-kémiai és kolloidikai törvények figyelembevételével alakítható ki, megdönti az eddigi felfogást, melyet hazai szakembereink is követtek eddig, hogy t. i. kizárólag betonokon végzett makroszkó-



1. ábra.

pikus roncsolások statisztikus kiértékelése alapján vélték megismerhetőnek a betonozás általános érvényű törvényszerűségeit.

A modern betonelmélet a cementkötés vegyi tulajdonságaiból és a cementpép szilárdulásának kolloid-kémiai rendszeréből indul ki. Ennek kapcsán megállapítja pl., hogy a cementpép szilárdulásából keletkező cementkő gyakorlati körülmények között sohasem lehet teljesen tömör szerkezetű, hanem mindig többé-kevésbé mikroporózus rendszert alkot.



2. ábra.

Ennek okára magyarázatot ad a 2. ábra. A kép baloldalán látjuk, hogy keveréskor a cement-klinker-szemcsét vízburok veszi körül. A kép jobboldalán látható a kötés utáni állapot. Ekkor a vegyi reakció nagyrészt lejátszódott. A klinker-szemcsék mégkisebbedtek, a körülöttük keletkező kalciumhidroszilikát-kocsonya a bennelévő kristályos termékekkel a vegyi reakció terméke. A megkötött cementszem, a burkával együtt, nagyobb térfogatú, mint az eredeti klinkerszem, de mindig kisebb a térfogata, mint az eredeti cement- és vízrendszer együttes térfogata. Ez az oka a cement zsugorodásának. Ez a jelenség akkor is fennáll, ha a cementhez csupán a kötéshez okvetlenül szükséges vizet adagoljuk, ami kb. $\frac{v}{c} = 0,20$ -nak felel meg. Ezt könnyen beláthatjuk, ha figyelembe vesszük, hogy a cement 3,1 fajsúlya, és a víz 1 fajsúlya mellett a $\frac{v}{c} = 0,20$ -as cementpép friss állapotú fajsúlya 2,24, viszont a tömör cementkő ismert fajsúlya 2,8. A két fajsúly különbségéből adódik, hogy a megkötött cementkő hézagterfoga 0,20 körül lesz.

Kedvezőtlenebb viszonyok adódnak a gyakorlatban betonoknál és habarcsoknál, ahol a vegyi kötéshez szükséges vízmennyiségnek legalább kétszeresét, de rendszerint háromszorosát, sőt néha négyszeresét adagolják. Ilyen vízmennyiségek mellett a megkötött és kiszáradt cementpép erősen porózus, szivacsos szerkezetű anyag lesz.

Ez a fő oka annak, hogy a betonok szilárdsága általában messze elmarad az elméletileg elérhető szilárdság mögött.

A cementpép ismertetett tulajdonságain alapulnak a Szovjetunióban kifejlesztett modern betonbedolgozás eljárások, mint pl. a vákuumvibrálás és az utóvibráció.

Elvben mindkét eljárásnak az a lényege, hogy a betonban a cementkötés bedolgozás után mesterségesen megzavarják abban az időpontban, amikor a cementszemcsék már duzzadt állapotban vannak és a cementvíz-rendszer zsugorodása következtében újabb pórusok jöttek létre. A vákuumvibrálásnál ilyenkor légszivattyú és vákuumkamrák segítségével a levegő és víz eltávolítását rezgetetés közben segítik elő, ami által fokozottan tömör és igen szilárd beton nyerhető. Sajnos, a szükséges berendezések hiányában ezzel az eljárással hazánkban eddig csak laboratóriumi kísérleteket tudtunk végezni. Az utóvibráció egyszerűbb a vákuumvibrálásnál. Külön berendezést nem kíván és egyszerűsége mellett is könnyen eredményez 20–40%-os minőségjavulást. Ezért az új szovjet betonozási eljárások közül elsősorban ennek a bevezetését kell hazánkban szorgalmazni.

Az utóvibrálás a Szovjetunióban már régi multra tekint vissza. Az első kísérleteket 1936-ban a „Moszkva-csatornánál” végezték. Ekkor azt akarták megállapítani, hogy a nagytömegű gyors betonozásnál a később beépített beton vibrálása nem hat-e kedvezőtlenül a már korábban bedolgozott betonra. A kísérletek ennek ellenkezőjét bizonyították. A későbbi vibrálás növelte a korábban bedolgozott beton szilárdságát.

Ezt az ösztönös kísérletet a rendszeres kutatás sorozatos tömegkísérletei, végül az elmélet kialakítása és az eljárás üzemi bevezetése követték.

Az utóvibráció szilárdságnövelő és tömörségfokozó hatása elsősorban abban rejlik, hogy a vízcementtényezőt lényegesen csökkenti. Szovjet adatok szerint többszöri vibráció után 0,55-ös kezdeti vízcementtényezőt 0,37-re sikerült leszorítani.



3. ábra.

Előmozdítja az utóvibráció hatékonyságát az is, hogy a kötés egy bizonyos stádiumában, mely általában keverés után $\frac{1}{2}$ —3 óra múlva következik be, a cementpép viszkozitása lényegesen csökken.

Az utóvibráció azonban nemcsak a beton-tömörségét és ezzel végszilárdságát növeli, hanem növeli a szilárdulás sebességét is azért, hogy a cementszemek körüli kocsonyahártyákat erőszakkal felszaggatja és friss felületű klinker-részek hidratációját teszi lehetővé.

Különösen érzékenyen befolyásolja az utóvibráció a heterogén cementek szilárdulását. Itt ugyanis a klinkerszemek körül keletkező szilikát-kocsonyák elzárják a hidraulit-szemcséket attól a méshidrattól, mely a portlandcement kötésénél felszabadul. Ezért a savanyú hidraulitok a kötés-

Többszöri utóvibráció hatása a betonra
(Sesztoperov kísérlete)

A beton összetétele	Cement 308 kg	Víz 186 kg	Homok 606 kg	Kavics 1225 kg	v/c (kezdeti) 0,60
T ö m ö r í t é s m ó d j a				Nyomószilárds. kg/cm ²	Szilárdság %
1 perces felületi vibrálás azonnal elkészítés után				182	100
Ugyanaz, de 8-szor 1 perces vibrálás 15 percenként				152	115
Ugyanaz, de 16-szor 1 perces vibrálás 15 percenként				193	146
Ugyanaz, de 24-szer 1 perces vibrálás 15 percenként				218	166
Ugyanaz, de 32-szer 1 perces vibrálás 16 percenként				267	203

ben nem vehetnek kellően részt. Utóvibrációnál a felszabaduló szilikátburkok körülölelik a hidraulit-szemcséket és azok hidratácóját gyorsítják.

Jól leolvasható mindez a 3. képről, ahol az I.-es ábrán az első bedolgozáskor látható a friss cement-pép elvi vázlatos képe, a vízben elhelyezkedő klinker (fekete) és hidraulit (sávozott) szemcsékkel.

A II.-es ábrán látjuk a megduzzadt cement-szemcséket, a térfogatsökkenés következtében keletkező légbuborékokat és a folyamattól elszigetelődő hidraulit-szemcséket.

A III.-as ábrán látható az utóvibráció hatására tömörülő pép. A buborékok eltávoztak, a kocsonyahártyák elszakadtak, a hidraulitok behatoltak a mészteltett oldatba, amivel kötésük alapfeltétele biztosítva van.

Az utóvibráció a fenti okokból különösen hatékony savanyú hidraulitokat tartalmazó alacsonyabb szilárdságú cementeknél, így majdnem az összes hazai cementünknel is.

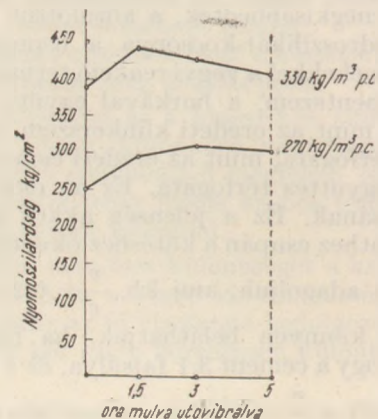
A sok ezer leközölt szovjet kísérlet közül bemutatunk egy jellemzőt Sesztoperov és Zascsepin „Új kutatások a cementbeton területén“ c. könyvéből.

A negyedóránkénti vibrálás még nyolc órával a bedolgozás után is vibrálható állapotban tartotta a betont és több mint 100% szilárdságnövekedést eredményezett.

Természetesen a vibrálás ilyen gyakori megismétlése csak laboratóriumi körülmények között valósítható meg. Munkahelyi körülmények között rendszerint meg kell elégedni egyetlen kedvező időpontban alkalmazott utóvibrációval.

Jellemzően mutat erre a 4-es ábra. Az adott viszonyok között a 330 kg/m³ cementadagolású betonra a másfélórás utóvibráció időpont mutatkozott legelőnyösebbnek, míg a 270 kg-os cement adagolású betonra a három órás időpont volt a legkedvezőbb. Az ábrából kitűnik, hogy főleg kisebb cementadagolás esetén az utóvibráció időpontjának megállapítása nem túlságosan kényes

feladat. Hazai laboratóriumi tapasztalatok szerint 200—300 kg/m³ cement adagolású betonjainknál 20 C° körüli hőmérséklet esetén az első vibrálás utáni mintegy 1—2 óra a legkedvezőbb második bedolgozási időpont, mely időhatáron belül a helyes idő megválasztása lényeges gyakorlati különbséget nem okoz. Hidegebb időben a legkedvezőbb időpontok természetesen eltolódnak.



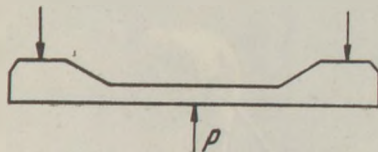
4. ábra.

Alacsony vízcementtényezőjű, nagy cement-adagolású, kitűnő cementekből készült betonokhoz rövidebb, gyengébb cementből kis cement adagolással, magas $\frac{v}{c}$ -vel készült betonokhoz hosszabb várakozási idő tartozik.

Az első hazai utóvibrációs kísérletek ez év nyarán a Kalocsai Vasúti Aljgyár technológiai előkészítésével kapcsolatban folytak le. A kedvező kockatörési kísérletek után szerző az UVATERV gépészeti osztályával, előfeszített vasúti aljakon végzett utóvibrációs vizsgálatokat. A kísérleti aljak egy sorozatának törési eredményeit az 5. ábra mutatja.

Hasonló eredményeket adtak más sorozatok és más törési elrendezések is. Az utóvibráció

Előfeszített vasbeton aljakon végzett utóvibrációs kísérlet törési eredményei.



5. ábra.

3. táblázat

Előfeszített vasbeton aljakon végzett utóvibrációs kísérlet törési eredményei

Elkészítés módja	[Törő erő	Szilárdság
Azonnal bedolgozva 3 percig vibrálva	2500 kg	100%
Bedolgozva, 3 percig vibrálva, majd 3 perc múlva 3 percig utóvibrálva .	3288 kg	132%

5—5 db törés átlaga. Az egyes eredmények szórása $\pm 7,5\%$ volt

hatására minden esetben 30%-nál nagyobb szilárd-ságnövekedés mutatkozott.

A hajlítási kísérletek azt is igazolják, hogy az utóvibráció folytán nem romlott a vas tapadása sem, mert az összes törés a huzalok szakadása, vagy beton morzsolódás következtében jött létre. A szovjet kísérletek azt igazolják, hogy az utóvibráció következtében a vastapadás, mintegy 10%-kal növekszik; természetesen a rezgéseket nem szabad közvetlenül a beágyazott vasbetétekre átadni.

A laboratóriumi vizsgálatok kedvező eredményei indokoltá teszik az új eljárás gyakorlati bevezetését is. Ez idő szerint a Vízépítő Vállalat „kvassai zsilip” építkezésénél már folyik az első alaptest építése az új módszerrel.

A helyszínen végzett előzetes kockavizsgálatok szerint az utóvibrált betonok 180 kg/m³ cement adagolás mellett nagyobb szilárdságot mutattak, mint az azonos vízcementtényezővel

készült egyszer vibrált beton 200 kg/m³ cement-adagolás mellett. Ezért az utóvibrált alaptestet az előírt 200 kg m³ cement adagolás helyett 180 kg/m³ cementtel készítik.

A tényleges szilárdságokat a kísérleti alaphoz kivágott testekkel fogják ellenőrizni.

Az előkísérletek alapján a helyes utóvibráció időpontját 45—90 perc között állapították meg. A 0,50-es vízcementtényezővel bedolgozott első vibrálásnál gyengén földnedves beton, a második vibráció hatására erősen plasztikusnak mutatkozott, sok vizet adott a felületre és jól tömörödött (lásd: 6—7—8-as ábrák).

Ez magában biztosítja a szilárdság várt növekedését.

Ugyanezen a munkahelyen nagyobb cement-adagolású vasbetonelemek is bevezetni kívánják az utóvibrációt. Egy előzetes kísérlet-sorozat eredményét a 4. tábla mutatja be.

4. táblázat

A kvassai-zsilipnél 20 cm élhosszúságú próbatesteken végzett utóvibrációs kísérlet törési eredménye

1952. október 29.

A próbatest jele	Térfogatsúly kg/m ³	A készítés módja	Fajlagos teher- bírás kg/cm ²	Átlagos kocka- szil. kg/cm ²
1	2270	290 kg/m ³ 500-as tatal	149	95 ± 40%
22' 2	2190	Cem. v/c = 0,47 m = 5,00	75	
3	2130	1-szer vibrálva 2 percig, azonnal .	54	
1	2300	Mint 22' de 45 perc múlva	142	155 ± 6%
22'' 2	2260	2 percig utóvibrálva	161	
3	2290		163	
1	2300	270 kg/m ³ 500 tatal cem.	161	180 ± 19%
22''' 2	2250	egyébként mint 22''	91	
3	2260		132	



6. ábra.



7. ábra.



8. ábra.

|| Látjuk, hogy, a második vibráció a 290 kg/m^3 cementadagolás mellett 60%-os szilárdságnövekedést eredményezett, egyben az eredmények szórását csökkentette és a beton térfogatsúlyát közel 100 kg/m^3 -el növelte.

Még 20 kg/m^3 cement csökkentés tehát 270 kg/m^3 cementadagolás mellett is 30%-kal nagyobb szilárdságot és nagyobb tömörséget észleltünk, mint a 290 kg/m^3 cementadagolású próbatesteken.

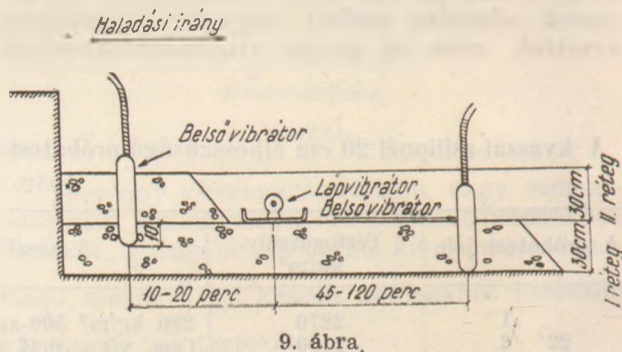
A közölt eredmények 7 napos betonokra vonatkoznak. 28 napos törési eredmények még nem állnak rendelkezésre. Szovjet adatok igazolják azonban, hogy a szilárdság és tömörség növekedés 28 napos korban is kimutatható, tehát az eljárás cement takarékosagra vasbeton szerkezetnél is felhasználható.

Eddigi vizsgálatok szerint az első vibrálás belső vibrátorral, az utóvibrálást pedig felületi vibrátorral előnyös elvégezni.

Utóvibrált betonok készítésénél fokozottan fontos vibrációs ütemterv elkészítése, hogy a vibrációk kellő időben következzenek be. Lehetőleg két vibráló brigád dolgozzon megfelelő időeltolással.

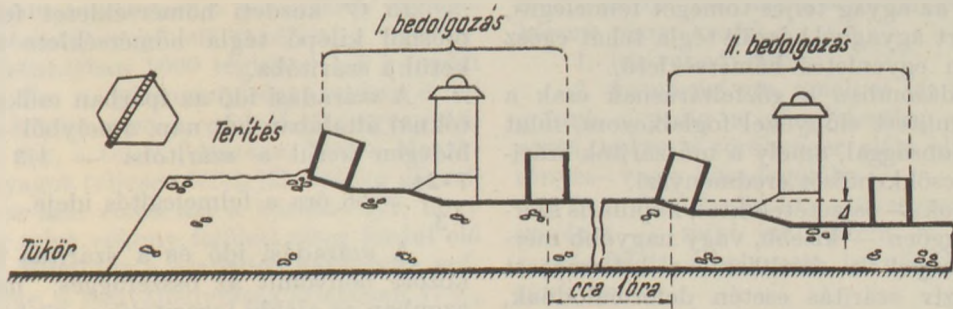
Többrétegű betonozás esetén az utóvibrációt azonnal kövesse a fedőréteg leterítése és vibrálása, hogy a rétegnek kellő összekötése biztosítva legyen.

Fenti vázlat szerint folyik a betonozás a kvassai-zsilip építkezésénél. Az utóvibráció következtében $1\frac{1}{2}$ óras beton oly plasztikus lesz, hogy a felső réteg vibrálásánál a belső vibrátor akadálytalanul hatol be az alsó rétegbe.



9. ábra.

A Betonútépítő Vállalatnál kísérletek folynak utóvibráció alkalmazására betonút építésnél. A dolog természetéből folyóan a szilárdsági vizsgálatokat csak kivágott próbatesteken lehet elvégezni. Ezért szilárdsági adatok még nem állnak rendelkezésünkre. A kísérletek azonban azt igazolják, hogy a második vibráció itt is plasztikusabbá teszi a betont. A légbuborékok és fölös víz



10. ábra.

eltávoztása, valamint a további tömörödés a kísérletek során pontosan észlelhető volt.

Mint a 10. ábrán látható, a második bedolgozást — az elsőhöz hasonlóan — rázópallós finiser végzi. A két gép közti távolság mintegy egy órai munkaidőnek megfelelő út.

Megemlítendő, hogy utóvibráció esetén az első bedolgozást gyengébb minőségű berendezéssel is el lehet végezni. A súlyt a második bedolgozásra kell helyezni.

Az eljárástól az várható, hogy segítségével a hazai 500-as heterogén cement is alkalmassá válik betonút építés céljaira, a szokott 300 kg/m³

cementadagolás mellett, mert a megzavart kötési folyamat következtében a hidraulitok is erősen növelni fogják a beton kezdő szilárdságát és így a megkívánt 42 napos 400—450 kg/cm² szilárdság biztosítható lesz.

A bemutatott példák amellet tanúskodtak, hogy a beton technológiának a Szovjetunióban kialakult új módszere, az utóvibrálás bevezetése hazánkban is indokolt és segítségével jelentékeny klinker megtakarítás mellett, a termelékenység fokozásához, a terv gyorsabb teljesítéséhez jutunk.

Ezzel a szovjet tapasztalatok ismét komoly segítséget adtak az építő- és építőanyagiparnak.

A műszárítók teljesítőképességének fokozása

GOMPERZ ISTVÁN

Az ÉTE szakosztályi gyűlésén megtartott előadás

A MTE Sz előadássorozata, amelyet a magyar-szovjet barátság jegyében rendez, igen nagyjelentőségű abból a szempontból, hogy — mint már annyiszor — ismét rámutathatunk arra a hatalmas segítségre, amelyet a Szovjetuniótól kapunk, abban a formában, hogy rendelkezésünkre bocsátja fejlett szocialista iparának tapasztalatait.

A magyar téglaiipar a Szovjetuniótól már eddig is több korszerű technológiai eljárást vett át, amelyek egyrésze az iparág munkaeszközeinek kapacitását rendkívüli módon növelte. A legismertebb ilyen eljárás a Duvanov-féle gyorsítási módszer, amelynek Mazov elvtárs kidolgozta továbbfejlesztését a nagyméretű kemencékre, most vezetjük be iparunkban.

A Szovjetunió tapasztalatainak tárháza kimeríthetetlen, és be kell látnunk, hogy az adott lehetőségekkel nem éltünk olyan mértékben, mint ahogyan kellett volna. Ezeknek a lehetőségeknek egyikét ragadom ki mai előadásomban.

Iparunkban mind több és több műszárítót létesítünk. Ezeknek az üzemeknek az időnyellege így nagyrészt megszűnik, és ennek megfelelően természetesen nő a teljesítőképességük is. A műszárítók létesítésének nagy költségén kívül komoly problémát jelent kapacitásuk meghatározott volta, hiszen feszített öt éves népgazdasági tervünk állandóan növekvő feladatokat állít a téglaiipar elé.

Műszárító kapacitásunk növelésének leginkább kézenfekvő módja természetesen a száradási idő rövidítése. A 200 000 darab téglát befogadó műszárítóban például, hét napos száradási időt feltételezve, évente elméletileg $52 \times 200\,000 = 10\,400\,000$ darab téglát száríthatunk. Ha a száradási időt csak egy nappal (tehát hat napra) lehetne csökkenteni — ami egyáltalában nem túlzott kívánság, — akkor a műszárító kapacitása $\frac{365}{6} \cdot 200\,000 = 12\,167\,000$ darabra, (tehát 1 767 000 darabbal) emelkednék.

A száradási idő csökkentésének a módszerét is készen kaptuk a Szovjetuniótól, csak éppen alkalmazni kell. A szovjet téglaiipar ugyanis széles körben alkalmazza az agyag gőzzel való feltárását. A gőzfeltárásnak számos előnye van, a többi között:

1. a formázási víz gőz alakjában való bevezetése jelentős mértékben növeli az agyag képlékenységet. Ez azt jelenti, hogy olyan agyagok formázása is lehetővé válik csigasajtóval, amelyek vízzel feltárva csak kézitégla vetésére voltak alkalmasak.

2. A zúzott agyag közé fuvatott gőz lecsapódása közben felszabaduló párolgási hő a legjobb hőátadást biztosítja, amely semmilyen műszárítóban nem érhető el.

3. A gőz az agyag teljes tömegét felmelegíti, a gőzzel feltárt agyagból készült téglá tehát egész vastagságában egyenletes hőmérsékletű.

Mai előadásomban a gőzfeltárásnak csak a 3. pontban említett előnyével foglalkozom, mint azzal a tulajdonsággal, amely a műszárítók szárítási idejének csökkentését eredményezi.

Az agyagok — összetételüktől, kapillaris szerkezetüktől függően — kisebb, vagy nagyobb mértékben érzékenyek a szárításra, a kiformázott testek agresszív szárítás esetén deformálódnak, repednek. Ennek a jelenségnek az oka abban keresendő, hogy hirtelen felületi melegítés esetén, ha a téglá magva hideg marad, a víz utánáramlása a felület felé nem tart lépést a párolgással, a felület zsugorodik, anélkül hogy a mag követné és megreped. Ennek elkerülésére a szárítóba rakott téglát előbb felmelegítik anélkül, hogy közben szárítanak. Ennek a folyamatnak, amelyet téglás nyelven „dunsztolás“-nak vagy „snorolás“-nak neveznek, minden esetben le kell játszódnia a szárítás megindítása előtt, hogy a kéregképződés (és az ennek folyamányaként bekövetkező selejt mennyiségét) csökkentjük. A folyamat ideje alatt a téglá gyakorlatilag semmit sem veszít nedvesség tartalmából. A fent leírt felmelegítés időtartama a száradási időnek mintegy 1/3-a, tehát igen jelentős.

Kézenfekvő, hogy a felmelegítési idő csökkentésével a száradási idő megrövidíthető, és ez a szárító-kapacitás növelésének legészszerűbb módja. Ez úgy hajtható végre a gyakorlatban, hogy a téglát már melegen visszük be a szárítóba, és pedig úgy, hogy belseje, magva a szárítótér hőfokával legalábbis azonos hőmérsékletű legyen.

Ez a cél elérhető, ha az agyag formázásához szükséges víz egy részét gőz alakjában adagoljuk.

Nézzük meg a kérdést számokban kifejezve.

Tegyük fel, hogy 1000 darab nyers téglá súlya 4200 kg és a benne lévő víz 1000 kg. A téglá nedvességtartalma tehát 24%.

A száraz szubsztancia $4200 - 1000 = 3200$ kg.

Ha a bányanedvesség 10%, akkor a bányagyag súlya 3560 kg, a benne lévő víz súlya 360 kg.

Hozzáadandó még : $1000 - 360 = 640$ kg.

Adjunk hozzá 540 kg nedvességet víz alakjában, a fennmaradó 100 kg-ot pedig adjuk gőz alakjában.

A gőz rejtett hőjét és a lecsapódáskor képződött 100°C hőmérsékletű víznek a felmelegítési hőfokra való lehűtésekor felszabaduló hőmennyiséget összesen 600 Kcal-val felvéve, az 1000 darab téglához adott hőmennyiség $100 \times 600 = 60\,000$ Kcal.

A felhasznált hőmennyiségek :

1. Száraz szubsztancia :

$$Q_1 = 3200 \cdot 0,22 \cdot \Delta t$$

2. Formázási víz : $Q_2 = 900 \cdot \Delta t$

$$Q = 60\,000 = 1600 \cdot t$$

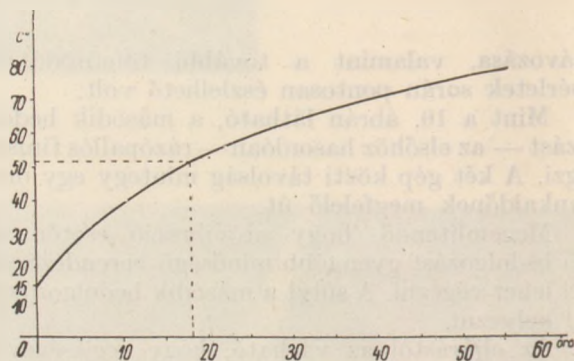
$$\text{Innen : } \Delta t = \frac{60\,000}{1600} = 37^\circ\text{C}$$

15°C kezdeti hőmérsékletet feltételezve, a présből kilépő téglá hőmérséklete 52°C ; így kerül a szárítóba.

A száradási idő az iparban működő műszárítóknál általában hét nap, amelyből — ha a téglá hidegen kerül a szárítóba — $1/3$ rész, azaz $7 \cdot 24$

$$\frac{7 \cdot 24}{3} = 56 \text{ óra a felmelegítés ideje.}$$

A száradási idő és a szárítás hőmérséklete között bonyolult az összefüggés, megközelítőleg azonban az alábbi logaritmus görbe ábrázolja



1. ábra.

Ha a szárítóközeg hőmérséklete 90°C , a szárítás hőfoka 80°C , akkor a görbe szerint a felmelegítés ideje 15°C kezdeti hőmérséklet esetén 56 óra. Ha 100 kg gőz hozzáadásával az előbb kiszámított 52°C kezdeti hőfokot elérjük, akkor a felmelegítési idő 56 órától 38 órára csökken, megtakarítás tehát 18 óra. Ha a kezdeti hőmérséklet növekszik, akkor a felmelegítési idő rohamosan csökken, ugyanilyen mértékben növekszik a megtakarítás.

A cél nyilvánvaló : minél magasabb kezdeti hőmérséklet biztosítása, ez pedig a gőzmennyiségnek a víz terhére való növelése útján érhető el. Gazdaságossági számítások döntik el, hogy a nagyobb gőzmennyiséggel elért száradási időmegtakarításnak és a többi gőzzel okozott többletköltségnek hol az optimális találkozási pontja.

Meg kell még említenem, hogy a fenti példában nem vettem figyelembe a veszteségeket. A példában szereplő mennyiségek tehát némi kiigazításra szorulnak, de feltétlenül mutatják a formázási víz helyett adagolt gőz előnyét a száradási idő szempontjából.

A gőzfeltárással már 1950 elején kísérleteztünk Magyarországon. Megkíséreltük a gőznek különböző módokon és helyeken való bevezetését. A görgőjáratba való bevezetés azért nem vált be, mert a gőznek csak igen kis hányada került az agyagba, nagyobb része megszökött, és nem volt mód arra, hogy a görgőjáratot megfelelően lezárjuk. Más esetben a prëshengerbe vezettük a gőzt. Ez felmelegítette ugyan az agyagot, de a prëshengerben áramló agyag turbulenciáját idézte elő, emiatt a présteljesítmény csökkent, és a téglá minősége sem volt megfelelő, hiányzott a kellő tömörítés. Igaz, hogy a gőzt mindkét esetben a kellenél nagyobb nyomással, 3—4 légkörrel vezettük be. Végül 1950 nyarán Moszkvában

alkalmunk volt megismerni a gőzfeltárás véglegesen kikísérletezett, megfelelő módját.

A Szovjetunióban 1000 téglához 150 kg gőzt használnak. Ez a gőzmennyiség azonban a mi viszonyaink között nem megfelelő. Az agyag felmelegítésére sok, a teljes feltáráshoz kevés. Moszkvában az agyagot teljesen feltáráshoz 150 kg gőzzel, de figyelembe kell venni azt a körülményt, hogy ott az agyag mint vékony felületi réteg fordul elő a bányában. Mivel így a csapadék hatásának erősen ki van téve, a bányanedvesség átlagosan 17%, tehát jóval több mint nálunk. Ez az oka annak, hogy a Szovjetunióknak ezen a részén 150 kg gőz elegendő a teljes feltáráshoz, és vizet egyáltalán nem használnak.

Általában a szovjet gyárakban a feltárási gőz előállítására külön kazán nincsen, hanem 40—60 m² fűtőfelületű kazánokat alkalmaznak, amelyek ellátják vízzel az épületek központi fűtését, a zuhanyokat és a fürdőket, biztosítják a gyár egyéb gőz- és melegvíz szükségletét, de ezenkívül a gőzfeltárást is szolgálják.

Nálunk nem egy olyan, műszárítót alkalmazó gyár van, amely saját gőzerőteleppel rendelkezik. Kazánjának méretezése lehetővé teszi, hogy egy téglaprés teljesítményéhez a szükséges gőzmennyiséget — akár friss gőz alakjában is — minden további nélkül szállíthatja.

A gőzt a teknős keverőbe kell bevezetni. A keverőt közvetlenül a prés fölött kell elhelyezni, mert ha a keverő és a prés között egyéb gépegységek is vannak, a keverőben felmelegített agyag veszít hőtartalmából a préshez vezető útján. A megfelelő gépeltrendezés tehát: görgőjárat vagy törőhenger, — differenciál finomhengermű — teknős keverő — prés.

Az agyag teljes gőzfeltárás esetén bányanedves állapotban kerül a megmunkáló gépsorozatba, vizet sehol sem kap, a bányanedvességen felül még szükséges formázási vizet teljes egészében gőz alakjában vezetjük hozzá a teknős keverőben. Ujszerű és szokatlan a mi számunkra, hogy az agyag szárazon, vagy majdnem szárazon haladjon át a görgőjáraton és a finom hengeren, szakembereink tartózkodók ezzel a technológiai eljárással szemben, de gőzfeltárás esetén vitán felül ez a helyes módszer. Ha a gőzt csak az agyag felmelegi-

tésére használjuk, akkor a formázási vízmennyiség három részre oszlik:

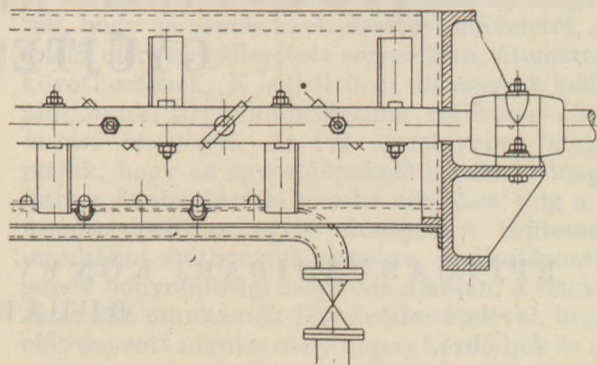
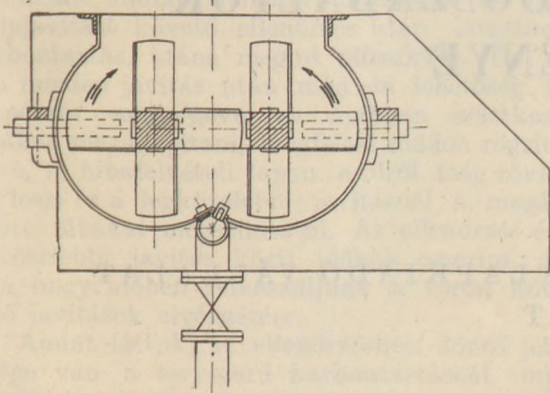
1. bányanedvesség;
2. formázási víz, amelyet víz alakjában adagolunk éspedig a görgőjáratba, vagy ha ilyen nincs, akkor a törőhenger előtt elhelyezett szekrényes- vagy köradagolóba;
3. a felmelegítéshez szükséges gőzmennyiség, amelyet — mint említettem — a közvetlenül a prés fölött elhelyezett teknős keverőbe vezetünk be.

A gőzt a kazántól a keverőig körülbelül 5/4" méretű csövön vezetjük. A csőbe valahol a kazán közelében, reduktor-szelepet iktatunk be amelynek segítségével a csőben áramló gőz nyomását szabályozhatjuk. A gőz nyomása a csőben 0,4—0,5 légkör túlnyomás legyen. Láthatjuk, hogy ez a nyomás kereken 1/10 része annak a nyomásnak, amellyel moszkvai tanulmányutunk előtt kísérelteztünk.

A gőzfeltárásnak megfelelően bármely teknős keverő minden nehézség nélkül átalakítható. Az átalakítási munkát akármelyik téglagyár karbantartói saját műhelyükben elvégezhetik. Mielőtt a berendezés leírására rátérnék, még hangsúlyozom, hogy a kazántól a keverőig vezető gőzcső megfelelően szigetelendő. Ha ezt elmulasztjuk, az alacsony nyomású gőz egy része a keverőhöz vezető úton lecsapódhatik és így hőtartalmát nem a kívánt célra adja le, hanem a helyiséget fűti, amit el kell kerülnünk.

A berendezést ábra mutatja. A keverő egész hosszában a fenékhez közel mindkét oldalán egy, vagy két sorban át van fúrva. A lyukak távolsága egymástól 140—150 mm. A lyuksorok mellett halad a gőzcső, amelyből fuvókák nyulnak a lyukakon át a keverő falának belső felületéig. A fuvókák szájnnyílása 3—4 mm \varnothing . A keverő mellett haladó gőzcsöveket egy kissé lejtősen helyezik el és mindegyiknek a mélyebb ponton fekvő végén 1—1 kondenz-zsák van. A kondenz-zsákokat csapokkal látjuk el, abból a célból, hogy a gőz lecsapódásából esetleg keletkező vizet a csövekből időnként eltávolíthassuk, nehogy meggyűlve zavarja a gőz áramlását.

A gőz fent említett alacsony nyomása biztosítja azt, hogy a gőzmennyiség túlnyomó része



2. ábra.

a nyitott keverőből nem távozik, hanem a keverőben lévő agyagba lecsapódik, feltételezve, hogy a keverő állandó teltségéről gondoskodunk. A nyomás elegendő viszont ahhoz, hogy a gőz az agyag részecskéibe megfelelően behatoljon és az agyag kellő felmelegedését idézze elő. Elegendő ahhoz is, hogy a fűvókákat megóvja az eldugulástól és állandóan tisztán tartsa.

A moszkvai gyárak majdnem kivétel nélkül alkalmazzák a gőzfeltárást. Tapasztalataik szerint 1000 darab téglához 150 kg gőzt adagolva, a fűvókáknál 0,3—0,5 atü gőznyomáson az agyag hőfoka a présben 45—55 C°, ettől a présteljesítmény mintegy 10—15%-kal növekszik.

Vigyázni kell még arra; a *présből kikerülő meleg téglá lehetőleg a legrövidebb idő alatt és a legrövidebb úton kerüljön a műszárítóba*, hogy a szállítás ideje alatt hőtartalmából minél kevesebbet adjon át a környezetnek.

Moszkvából hazatérve, a fent leírt módon kísérleteket folytattunk a solymári téglagyárban. Noha a berendezést hevenyészve készítettük el, értünk el eredményeket. A kazántól a keverőig vezető gőzcövet, amelynek hossza körülbelül 80 m volt, nem szigeteltük, nyilvánvaló tehát, hogy a melegveszteség már itt is tetemes volt. Reduktor-szelepet nem szereltünk a vezetékre, hanem a nyomást a csőre szerelt közönséges vízcappal szabályoztuk. A megmunkálógépek sorrendje sem volt megfelelő, mert a keverő és a prés között volt a finom hengermű, a meleg agyag tehát bizonyos mértékben már lehűlt, mire a présbe került. A kiformázott meleg téglá szállítási ideje a szárítóba elég hosszú volt.

Mindezen hiányosságok ellenére — a berendezés jó kezelése esetén — vágás pillanatában, a téglá hőmérséklete elérte a 40 C° hőmérsékletet.

Noha a téglá a szárítóba vezető úton 3—4 fokkal lehűlt, mégis sikerült a száradási időt 10—12 órával rövidíteni. Ez az eredmény nem megvetendő, ha meggondoljuk, hogy ez hét napos száradási idő esetén évente 26 nap megtakarítást, azaz a teljes szárítórakomány további négyszeri kiszárítását teszi lehetővé.

A kísérlet sikeresnek mondható, lezárása után a berendezést mégis üzemben kívül helyezték és nem használták többé. Ezt kizárólag szakembereink maradiságával, minden újtól való félelmével, tartózkodásával tudom csak magyarázni. A tartózkodás természetesen a legnagyobb mértékben helytelen, ezt a legrövidebb idő alatt meg kell szüntetnünk, az újat merészen kell alkalmaznunk. Hogyan tudnók másképpen szocialista építésünk ütemének megfelelő modern technikájú iparrá változtatni iparunkat, amely ma — bátran állíthatjuk — egyike a legelmaradottabb iparágnak. Különösen nem szabad visszariadnunk akkor, amikor nem is hosszadalmas, sok kudarccal fenyegető kísérletsorozatot kell lefolytatnunk a siker érdekében, hanem mindössze arról van szó, hogy egy teljesen kikísérletezett, a Szovjetunióban jól bevált technológiai eljárás átvételével (melyük iparunk színvonalát, üzeimeink teljesítőképességét.

A gőzfeltárási gyakorlati megvalósításának a kérdését műszárítós üzeimeinkben újból napirendre kell tűznünk, amelynek megoldása iparunk egyik legköltségesebb létesítményének, a műszárítóknak a kapacitását minden komolyabb beruházás nélkül emelné.

Éljünk azokkal a lehetőségekkel, amelyeket a nagy Szovjetunió — mint iparának bevált tapasztalatait — nyújt.

MOST JELENT MEG!

ÉPÍTŐANYAGIPARI JOGSZABÁLYOK GYŰJTEMÉNYE

ÉPÍTŐANYAGIPARI KÖNYV- ÉS LAPKIADÓ VÁLLALAT
BUDAPEST

A cementgyári tervszerű megelőző karbantartás

DR. HIRSCH JÓZSEF

(2. közlemény)

A ciklustartam két nagyjavítás közti időközt jelenti. A ciklustartam összefüggésben áll a gépek elhasználódásával, igénybevitelével. Ez okból a cementgyári gépek nagyrészt alacsony ciklustartam-csoportokhoz tartoznak, és pedig az I. és II. csoportokba, míg például a gépműhelyek felszereléséhez tartozó keretes fűrészgépek VII. ciklustartam-csoportban vannak. Ezért kell a forgókemencéket — különösen tekintetbe véve a háromműszakos igénybevételt — minden évben nagyjavítás alá venni, míg a fentemlített fűrészgép nagyjavítására minden 8—9 évben kerül sor.

A gépek bonyolultsági csoportjának és ciklustartamának segítségével megfelelő képlet alkalmazásával ki tudjuk számítani gépparkunk kézi- és gépi szakelő-, illetve segédmunkáslétszám-szükségletét. E számítás részletkérdéseivel nem kívánok e cikk keretében foglalkozni, mivel az általános cementgyári tájékoztatás jellegét túlhaladná, és mindazok, akik hivatva vannak a TMK létszámát megállapítani, úgyszintén tanulmányozni fogják a szakirodalmat, vagy megkapják a szükséges tájékoztatásokat.

A tervszerű megelőző karbantartás gyakorlati végrehajtása folyamán a következő karbantartási műveleteket különböztetjük meg: szerkezeti vizsgálat, kisjavítás és nagyjavítás. Ellenőrzés van hivatva megállapítani, gépszétszerelés nélkül, a gépek hiányosságait. Karbantartás alkalmából csupán az ellenőrzés alkalmával megállapított hiányosságokat küszöböljük ki, ezért a gépet csak részben szereljük szét. Ezzel szemben a nagyjavításnál teljesen szét kell szerelnünk a gépet, minden egyes alkatrészt meg kell vizsgálnunk és a szükséges javításokat, pótlásokat elvégeznünk. Cementgyári viszonylatban nagyjavítás az, amikor a gépet hosszabb időre leállítjuk és az üzemszünet alatt oly állapotba hozzuk, hogy lehetőleg biztosíthatassuk az egész évi üzemeltetést komolyabb fennakadás nélkül.

A ciklustartamon belül — vagyis a két nagyjavítás közti időben — az ellenőrzések és karbantartási munkák felváltva fordulnak elő. Így a nagyjavítást követő ellenőrzés után következik karbantartás, utána megint ellenőrzés. Ily módon minden javítás után mód és lehetőség van ellenőrzés segítségével az újabban keletkezett hibákat megállapítani, megfelelő módon rögzíteni (az ú. n. hibafelvételi lapon, amiről még röviden szó lesz) és a legközelebbi javításnál a megállapított hibákat megszüntetni. Az ellenőrzés és a legközelebbi javítás közti időköz eszerint arra való, hogy időben felkészüljünk a soron következő javítások elvégzésére.

Amint láttuk, az ellenőrzésnek döntő jelentősége van a tervszerű karbantartásnál, mivel ennek kiértékelése alapján állapítható meg, hogy mely alkatrészek szorulnak a legközelebbi javítás-

nál pótlásra és egyébként is mily karbantartási munkák szükségesek ahhoz, hogy a javítás után a gép kifogástalanul és üzemzavar nélkül működjék.

Épp ezért az ellenőrzést végző lakatosnak az ú. n. „ellenőrző vizsgálati utasításban“ elő van írva, hogy mik az egyes gépeknél vizsgálat tárgyát képező géprészek, alkatrészek, a vizsgálat alkalmával meg kell jelölnie minden megvizsgált géprészt és aláírásával igazolni kell, hogy a megállapítások helyesek. A ellenőrző vizsgálati jelentésben foglalt hibamegállapításokat úgy kell megtenni, hogy a TMK-irodában a jelentés — minden további nélkül — kiértékelhető legyen. Így például, ha egy fogaskerék fogai elkoptak és az kicserélésre szorul, meg kell adni, hogy mely fogaskerékről van szó, mennyi a fogszáma, átmérője.

A TMK-rendelet „Hibafelvételi lap“ kitöltését elő is írja.

A TMK-iroda a beérkezett „Hibafelvételi lapok“-at feldolgozza, megállapítja a pótlásra szoruló alkatrészek raktári számát, megtudakolja, hogy a kérdéses alkatrészből mennyi a készlet, — ha az alkatrész további megmunkálást igényel, megteszi erre is a szükséges intézkedéseket. Röviden: *a TMK-vezető mindent megtesz, hogy a gép legközelebbi beütemezett javításánál a munka elvégzése a lehető legrövidebb időn belül végrehajtható legyen.*

Az elmondottakból egyébként az is kiderül, hogy a TMK-szervezet jó működésének egyik alapfeltétele a jól működő raktárvezetés és helyesen vezetett anyagbeszerzés. Így a TMK-felelősnek arra is kell figyelnie, hogy a raktári kartonok vezetése kifogástalan legyen és a raktár kapcsolata az anyagbeszerzéssel olyan legyen, amilyennek a TMK-szervezet megkívánja. A tervszerű megelőző karbantartás szempontjából lényeges az ú. n. *minimális készletek megadása az adottságok mérlegelése alapján és a megfelelő intézkedések megtétele, amint az alkatrészkészlet erre a minimumra süllyedt.*

A tervszerű megelőző karbantartás megköveteli, hogy az összes karbantartási műveletek megfelelő előre megállapított sorrendben, ütemszerűen következzenek. E célból ú. n. *ütemtervet* kell felállítanunk. Megkülönböztetünk *évi és havi karbantartási ütemtervet*. Az évi ütemtervben megállapítjuk, hogy az egyes gépeknél minden hónapban milyen karbantartási munka esedékes, míg a havi ütemtervben az egyes hónapokra beütemezett munkákat szétbontjuk napokra, meghatározzuk a gépek bonyolultsági csoportja alapján, a rendelkezésre álló munkaerők figyelembevételével, hogy az előírányzott munka mely napon kezdődjék és mely napon nyerjen befejezést. Ez a havi beütemezés lehetővé teszi a karbantartási dolgozók egyenletes munkabeosztását az egész hónapon keresztül. Ter-

mészetes, hogy a beütemezésnél is figyelemmel kell lennünk az üzem adottságaira. Csak példának legyen kiemelve, hogy lehetőleg minden gépet, amelyeknek a munkája egymással annyira összefügg, hogy az egyiknek leállása a másiknak leállítását is maga után vonja, *egy időre kell javításra beütemezni*. Így a forgókemence üzemének szüneteltetésével a tüzelőszervezet, klinkerhűtő stb. is leáll, amire a munkaerők beosztásánál tekintettel kell lennünk, hogy a fokozott munkaigényt kielégíthessük.

Az ütemterv szerinti javítások időpontjáról értesítenünk kell mindazon műhelyeket, amelyeknek feladatkörébe vág a karbantartási munkákat a leállás időtartama alatt elvégezni. Megint a forgókemencék példáját szem előtt tartva, nemcsak a lakatosműhelynek kell tudnia erről, hanem a villamosműhelynek is, hogy a motorokat ellenőrizze, lekezelje, azon felül szijgyártóknak is, hogy a szijakon elvégezzék a karbantartási munkákat. Hosszabb leállás esetén a kőműveseket is igénybe kell venni, hogy a belső falazat esetleges hibáit kijavítsák.

A javítások elvégzése után a hibafelvételi lapokra fel kell jegyezni a ténylegesen elvégzett karbantartási munkálatok összesítő adatait, beleértve a beépített alkatrészeket is. Ezek az adatok fontos tájékoztatást fognak adni az egyes alkatrészek élettartamáról a kérdéses gép üzemében, sok esetben támpontot nyújtanak a gépkezelő gondosságáról (vagy a kenőlelkiismeretes munkájáról), sok esetben a javítás minőségéről is és minden esetben az egyes gépek karbantartási költségeiről. Ily módon gyakran áll a TMK-vezetőnek módjában, a feljegyzések alapján, a karbantartó, részleg, vagy a gépkezelő munkáján javítani és a jövőben hasonló hibákat kiküszöbölni.

Már szó volt az egyes ciklustartamon belüli karbantartási műveletekről. Most az a kérdés, hogy a TMK bevezetésekor mely fajta karbantartási munkával kezdjük meg az egyes beütemezett gépeknél az ütemtervet. A válasz a következő: amennyiben a megelőző ellenőrzés kevés és nem nagy költséggel járó javítást okozó hibákat derít fel, akkor a legközelebbi beütemezendő a karbantartási művelet. Ha azonban az ellenőrzés alkalmával sok és komoly ráfordítást kívánó hiba lett megállapítva, olyannyira, hogy az egész gép szétszerelése szükséges, vagy legalább is célszerű, akkor nagyjavítás a legközelebbi beiktatandó munka. Később természetesen, a nagyjavítás után egymást követik az egyes karbantartási műveletek (nagyjavítás, ellenőrzés, karbantartás, ellenőrzés, karbantartás... nagyjavítás). A ciklustartamon belül az egyes műveletek közötti időköz egyenlő.

A TMK-iroda feladatköréhez tartozik az említettekén kívül mindazon munkáknak az irányítása, amelyek a termelőeszközök megfelelő gondozását, karbantartását célozzák. Ide tartozik az olajozási, kenési előírások megadása és betartatása, a gépek forgórészeinek portól való mentési-

tése (különösen áll ez cementgyári viszonylatban, ahol a porképződés erős), oly berendezések létesítése, amelyek az alkatrészek kopását, törését gátolják. De a TMK-vezető hatáskörébe tartozik oly munkamódszereknek a kidolgozása is, amelyek lehetővé teszik a karbantartási munkák mielőbbi elvégzését. Ily célszerűsítés például, hogy a javításhoz a fogaskerekek a tengellyel felszerelten legyenek a javításra előkészítve. Hogy ez mily megtakarítást jelent időben és fáradságban a forgókemencéknel, ahol magas hőfok mellett kell nehéz szerelési munkákat nagy magasságban elvégezni, azt mindenki tudja, aki ily javítási munkában már résztvett.

Ez a kiragadott példa egyébként azt is igazolja, hogy a TMK műszaki alkalmazottainak állandóan nyílt szemmel kell az üzemet nézniük és az irodai munkákat sohasem szabad főfeladatulknak tekinteniük, mert másképp elveszítik a kapcsolatot a gyakorlattal. A karbantartás vezetői legyenek ott mindenütt, járva-keve tanulmányozzák a gépek működését és igyekezzenek javítani, ahol javításra mód és lehetőség nyílik.

Persze ez nem azt jelenti, hogy a TMK-felelős szükségtelenül mindenbe beleavatkozzék, mindenhol gáncoskodjék, mert ezáltal a szükséges harmóniát a művezetőkkel és dolgozókkal megbonthatja. A TMK-vezetőknek kellő tapintattal kell rendelkezniük, hogy az esetleg felmerülő problémákat higgadtan a többi műszakival, vagy dolgozókkal átbeszéljék és azok az útmutatásokat jóindulattal fogják fel és meggyőződjenek azok helyességéről.

Többször hallottam azt az ellenvetést, hogy a „szoros terv” nem engedi a TMK-hoz szükséges leállásokat. Minden egyes esetben meggyőződtem arról, hogy *a TMK-hoz szükséges ütemszerű leállás sokkal kevesebb időt vett volna igénybe, mint a későbbi kényszerleállás, nem is említve, hogy sokkal súlyosabb károk származnak abból, ha a javítást elhalasztjuk, amíg törés folytán mégis kénytelenek vagyunk megállni*.

Kétségtelenül vannak nehezen megoldható problémák, különösen ott, ahol tartalék géppel nem rendelkezünk. Ily esetekben még fokozottabb gondot kell fordítani a gépkarbantartásra, mert gépmeghibásodás az egész üzemet veszélyeztetné. Teljesen hibás az az ellenvetés, hogy a szűk keresztmetszet nem engedi meg a leállást. Van — úgy szólván minden esetben — mód és lehetőség arra, hogy a preventív karbantartási munkákat elvégezhessük. Cementgyári viszonylatban az egyik vagy másik kemence tervszerű leállása folytán az igénybevétel mind a nyers-, mind a szénoldalon kisebb. A nyersoldalon pl. megfelelő iszap- vagy lisztkészlet biztosításával lehet időt szerezni az előforduló javítási munkákhoz.

Igy kellő gondossággal, az adott körülmények körütekintő tanulmányozásával majdnem minden esetben találunk megoldást és megalapozhatjuk, hogy gépeink a tervszerű megelőző karbantartás elmulasztása miatt, tönkremenjenek.

A petényi tűzállóagyagok nemesítése

(Bányászati Kutató Intézet)

HALÁSZ ANDRÁS és DEMETER LÁSZLÓ

A petényi agyagok sajátosságai és minőséget meghatározó adottságai.

A petényi agyagtelepek hazánk ezidőszerint ismert legnagyobb tűzállóagyag előfordulása. A telepek már hatalmas kiterjedésüknél és ásványvagyonuknál fogva is hivatottak arra, hogy jelentős és egyre növekedő tűzállóanyagiparunk plasztikus kötőanyag szükségletét ellássák. E-mellett a petényi agyag, vagy legalább is ennek egy szekundér változata, a fehérszínű petényi agyag, keresett nyersanyaga a finomkerámiai iparunknak is.

A petényi agyagok úgy, ahogy a telepekben előfordulnak, általában nem felelnek meg a tűzállóanyagipar és a kerámiai ipar fokozottabb kívánalmainak. Tűzállóságuk alacsony: 27—30 SK. Ennél nagyobb, 31—33 SK tűzállóságú agyagokat tartalmazó teleprészek csak kivételesen fordulnak elő, és e teleprészek térbeli elhelyezkedésére geológiai, vagy teleptani megfontolások alapján előre még megközelítőleg sem lehet következtetni.

Az agyagok tűzállóságát, sovány vagy zsíros voltát, kötőképeességét meghatározó plaszticitását az agyagokban előforduló agyagásványok, esetünkben kaolinitok, továbbá a járulékos szennyező primer és szekunder képződésű ásványok mennyisége, milyensége, eloszlása és granulometriája határozza meg. Ezek pedig teleptanilag azonos adottságok esetén is változók. Ezért a petényi agyagtelepek minősége mind horizontális, mind vertikális kiterjedésben még aránylag kis távolságokban is erős szórást, inhomogenitást mutatnak. Inhomogének már primer kifejlődésükben is.

Az agyagtelepek limnikus üledékek. Primer nem agyagásványainak, tehát az agyagosodott eredeti kőzet el nem bomlott ásványszemeinek és különösen a nagy mennyiségben jelentkező kvarcsemeknek granulometriáját az üledék-képződéskor uralkodó áramlási viszonyok, tehát a keletkezéskor adott térszín határozza meg. Nyugodt, csekély mélységű, csak gyenge áramlásokkal táplált mocsaras részeken a finomszemű zsíros agyagok keletkeztek. Erősebb áramlásokkal táplált medencerészekben sok a durvább kvarc.

A keletkezéstől fogva adott inhomogenitást még jobban kihangsúlyozta az utólagos epigenetikus képződésű piritek megjelenése az agyagokban. A piritek a petényi agyagok legkárosabb szennyezői, kisebb-nagyobb mennyiségben változó eloszlásban és változó kifejlődésben, ha szekunder átalakulás folytán el nem bomlottak, mindenütt megtalálhatók.

A piritek az agyagban lévő oldott vassók és a szerves maradványok bomlása folytán keletkező kénhidrogének kölcsönhatásából keletkeztek. A piritkristályok és konkréciók szemcsenagysága igen változó. Egyes szemek mérete az 1 mm-t is

meghaladja, de a legkisebb szemek mérete sem kisebb, mint cca 15 mikron. Éppen ez az alsó szemcseméret-határ teszi lehetővé, hogy a piritsemeket az agyagból gyakorlatilag maradék nélkül lehet eltávolítani.

Az agyagok tulajdonságát és minőségét meghatározó eredeti keletkezési adottságokon és az utólagosan keletkező piriteken kívül egy harmadik, korban legfiatalabb jelenség is erősen befolyásolja. Ez a jelenség az agyagtelepek szekundér elváltozása. Az agyagok szekunder elváltozása igen káros, mivel szennyező termékeinek eloszlása többnyire olyan finom, hogy fizikai módszerekkel az agyagból el nem távolíthatók.

A telepek szekunder elváltozásai azonban zónálisak és nem túl nagy kiterjedésűek.

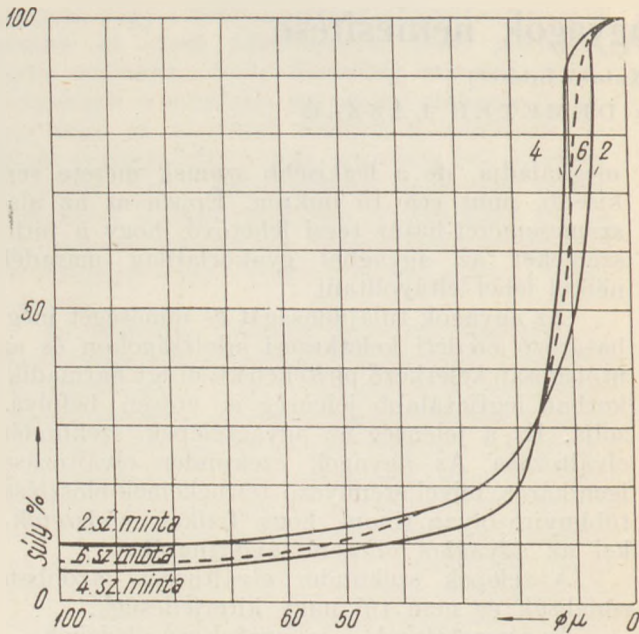
Az agyagtelepek — oligocénkorú üledékek — fekvőjét és fedőjét hárshegyi homokkövek képezik. Az agyagrétegek fedőjében kisebb-nagyobb vastagságú, erősen piritesszénzsínórok, széntelegepek vannak kifejlődve, melyek az agyagtelepeket kísérik. A széntelegek oxidációja folytán, azok pirittartalma elbomlik, a keletkező szabad kénsavtartalmú vizek és vasszulfátoldatok pedig az alattuk fekvő agyagrétegekbe húzódnak. A szabad sav megtámadja és átalakítja az agyagok piritjeit, a keletkező és felülről behúzódó vasszulfátoldatok a kristályosodnak, majd oldva hidrolizálnak és így vasoxidok és vashidroxidok keletkeznek. A keletkezett vassók csak kis részben maradnak meg az agyagban aránylag durva szemmagyságú vasoxid formájában, túlnyomó mennyiségben mint finom elosztású oxidok és hidroxidok vannak jelen. Az agyag eredetileg szürke színét vörösre, vagy vörös árnyalatúra festik.

A szekunder elváltozás tehát két irányban is káros:

1. mert, mint fentebb említettük, a durva, szemcséjű vasszulfidokat finom eloszlású vassókká alakítja át,

2. azért, mert az agyag eredeti vastartalmához többletvassat ad, ami az agyag tűzállóságát csökkenti.

Az agyagminőség tehát meglehetősen bonyolult, sokszor alig követhető primer és szekunder jelenségek függvénye. Ennek ellenére az agyagminőség javítása és az agyag nemesítése alapjánvéve igen egyszerű. Az agyagásványok kísérői, a járulékos ásványok azok, amelyek az agyag minőségét, plaszticitását, tűzállóságát, formaállóságát stb. csökkentik. Ezek a járulékos ásványok a kvarcsemek, a piritek, a vasoxidok, az agyagosodott kőzet el nem mállott ép részecskéi, úgymint földpátok, csillámok stb. Ha ezen járulékos és szennyező ásványokat az agyagokból eltávolítjuk, vagy legalább is mennyiségi arányukat az agyagban lényegesen csökkentjük, úgy a tisztított agyagban az agyagásványok mennyisége jelentős mértékben dúsul és kémiai



1. ábra.

összetétele közeledik a tiszta alumíniumhidroszilikát összetételéhez, tehát az agyag minősége megjavul.

Az agyagásványok dúsítása, a szennyező ásványok eltávolítása, illetőleg azok csökkentése révén finom granulometriájú agyag esetében, egyedül nedves eljárással vihető keresztül.

Történtek ugyan kísérletek olyan irányban, hogy az agyagásványoknál durvább szemcseméretű szennyező ásványokat — már amennyire lehetséges — száraz eljárással vonják ki az agyagokból. Ez az eljárás a bányanedves agyagokat először termikusan szárítja, majd frakcionálva őrli és szitálja. Kétségtelen, hogy ez a módszer képes eltávolítani az agyagok azon nagyobb szemcseméretű szennyezőit, melyek az őrléssel szemben elég ellenállóak és ezért nem aprózódnak fel olyan finomra, hogy laboratóriumi mértékben, különösen pedig üzemi mértékben szítással már el nem távolíthatók. Ilyen szennyezők főleg a durva kvarcok és kisebb mértékben a piritok is.

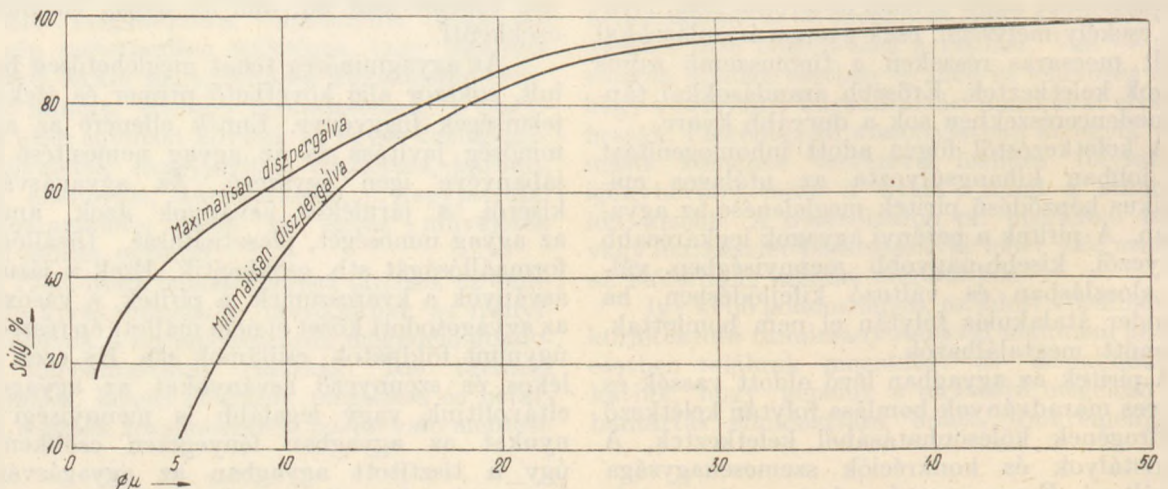
A száraz előkészítési eljárás, eltekintve attól, hogy a szükséges előzetes termikus szárítás, az őrlés és szitálás nem olcsó műveletek, megfelelő minőségjavulást nem eredményez. Üzemen száraz szitálásakor a szemnagyság alsó határa legfeljebb 0,5 mm lehet és ez az alsó határ egyáltalán nem elegendő a szennyező ásványok lényeges csökkentésére.

Az 1. ábrán látható 3 különböző minőségű petényi agyag szemcse eloszlási kumulatív görbéje. A görbe az agyagok 0—100 mikronos frakciójának szemcse megoszlását tünteti föl a súlyszázalék függvényében. A 100 mikronnál nagyobb szemcseméretű ásványok és kőzetfragmentumok, melyeket a nyersagyag tartalmaz, a szemcseeloszlási görbe szempontjából nem érdekesek. Az agyagok ilyen nagyobb méretű alkatrészt, kavicsokat, piritgumókat alig néhány % mennyiségben tartalmaznak. Az ábrán 2-vel jelölt görbe fehér petényi agyagra (szekunder elváltozás), a 4-es görbe szürke agyagra (primer agyag) és a 6-os görbe az ú. n. bánki vörös agyagra vonatkozik. A bánki agyag geológiailag a petényi agyaggal egységes előfordulás és a vizsgált minta az oxidációs, tehát vasban szekunderen dúsult zónából származik.

A szemcseméretetek meghatározására a 60 mikronnál nagyobb méreteknél szitákat használtunk, a 60 mikronnál kisebb részecskéknél pedig Köhn—Robinson-féle készüléket, mely a részecskék süllyedési végeességének és átmérőjének a Stokes-féle képletben megadott összefüggését használja fel a szemnagyság meghatározására.

A kumulatív szemcsegörbékkel látható, hogy 75—85 súly %-ban vesznek részt azok a szemcsék, melyeknek mérete a 0—20 mikronig terjed és az ennél nagyobb szemcseméretetek az agyag mindössze 15—25 súly %-át teszik ki.

A 0—20 mikronos szemcseméretű frakció az, amely az agyag összes agyagásványait tartalmazza. De még ebben a frakcióban is bőven vannak szennyező nem agyagásványok. Így különösen tartalmaz még igen finomszemű kvarcot, egészen kis méretű csillámlemezket, továbbá finomszemű és közel kolloidális méretű vasoxidokat,



2. ábra.

oxihidrátokat, valamint — bár igen csekély mennyiségben és a szemcseméretnek felső határánál — piritet is.

A szemcsegörbe 20—100 mikronos része gyakorlatilag már semmi, vagy igen csekély mennyiségű agyagásványt tartalmaz és azt is legfeljebb aggregált formában.

Hogy az agyagásványok csakis a kb. 0—20 mikron frakcióban foglalnak helyet, az világosan kitűnik akkor, ha desztillált vízzel feláztatott agyagszuszpenziót valamely elektrolittal és megfelelő agitálással diszpergálunk és az eképpen diszpergált agyagszuszpenzió szemcsegörbéjét a vízvezetéki vízben feláztatott szuszpenzió szemcsegörbéjével, agyaggal hasonlítjuk össze (2. ábra).

Kísérleteinkben maximális diszperzitás fok elérésére tizednormál ammoniumhidroxid oldatot használtunk és a szuszpenziót egy óra hosszat ráztuk rázógépen. Mint a görbéről látható, a diszperzitás fokának növelése alig befolyásolta a szemcse eloszlási kumulatív görbe 20 mikron fölötti szakaszát. Ez arra mutat, hogy ha az agyagot egyszerű vizes feláztatással diszpergálva kb. 20 mikron alatti és feletti két frakcióra választjuk szét, úgy diszpergálhatóság szempontjából egymástól lényegesen eltérő két frakciót nyerünk. A durva frakció tartalmazza a nem diszpergálható kvarc, pirit, csillám stb. szennyeződések, a finom frakció pedig a diszpergálható agyagásványok majdnem teljes egészét.

Természetesen ez nem jelenti azt, hogy a finom frakcióban kizárólag agyagásványok és a durva frakcióban kizárólag szennyező ásványok vannak. A finom frakcióban benne maradnak a szennyező ásványok mindazon részecskéi, amelyeknek az agyagásványokkal azonos, vagy közel azonos fajsúlya és mérete van. Éppen így a durva frakcióban is maradnak még agyagásványok, főképpen agyagásvány koagulátumok, melyek úgy viselkednek, mintha szemcseméretük meg-nagyobbodott volna.

A petényi agyagok fent elmondott tulajdonságai megadják a nemesítésnél követendő elvet.

Az agyagnemesítés elvi alapja és eszközei

A nemesítésnek az alapja a finom és durva frakciók elválasztása. Mint az előbb elmondottakból kitűnik, a finom frakció adja a nemesített agyagot, a durva frakció a szennyező, nem kívánatos részt, a „meddőt”. Elválasztási határul pedig kb. 20 mikron szemcsenagyságot kell megválasztani.

Ilyen finom határnál az elválasztást fizikai módszerrel kizárólag áramkészülékkel vagy az áramkészülék elvén alapuló készülékkel van módunkban elvégezni. Az áramkészülék a szemek méret szerinti elválasztását a szemecske folyadékban való süllyedési végsebessége alapján végzi. A süllyedési végsebesség híg zagynál kis méretű (100 mikronon aluli) gömbalakú szemecskéknél Stokes törvénye szerint adott:

$$v_0 = \frac{d^2 \cdot g (\rho - \rho_1)}{18 \eta}$$

ahol v_0 a szemcsék süllyedési végsebessége

d a szemcsék átmérője,

ρ a szemcsék sűrűsége

ρ_1 a folyadék (víz) sűrűsége

η a folyadék abszolút viszkozitása

g a nehézségi gyorsulás

A fenti képlet szerint

$v_0 = d^2 \cdot \text{konstans}$ (adott szemekre és folyadéokra).

Az áramkészülék nem más, mint egy olyan tartány, amelyben a folyadékoszlop (vízoszlop) az alul bevezetett víz nyomása következtében emelkedik és ezáltal a víz a tartány felső peremén át túlfolyik. Ha az emelkedő vízoszlop sebességét úgy állítjuk be, hogy az egyenlő legyen a kívánt elválasztási határnagyságú szemecske süllyedési végsebességével, úgy az ennél kisebb szemeket a felfelé áramló vízoszlop felfelé viszi és így a felső peremen át túlömlenek, az ennél nagyobb süllyedési végsebességű, tehát egyébként azonos tulajdonságú nagyobb szemek, lesüllyednek a tartály fenekére, ahonnan kihordhatók.

Laboratóriumi méretben az elválasztás ilyen módon jó eredményeket adott, azonban ipari méretekben nagy tömegek feldolgozására — tekintve a megkívánt rendkívül kis szemcseméret elválasztási határt — az egyszerű áramkészülék nem használható.

Ha meggondoljuk, hogy egy 20 mikron átmérőjű agyagszemecske (fajsúly 2,55) süllyedési végsebessége 20 cm/perc, úgy könnyen kiszámíthatjuk, hogy az áramkészülék peremén felületm²-enként és percenként 20 liter folyadék folyik túl, aminek a szilárd tartalma 150 g/l. sűrűségű nemesített szuszpenzió esetében 3 kg. Vagyis óránként 180 kg nemesagyagot választ ki. Ezek szerint egy üzemi méretű műnél pl. 10 to/óra kapacitásra mintegy 60 m² felület szükséges, ebben az esetben az áramkészülék körszelvény esetén több mint 8 m átmérőjű lenne.

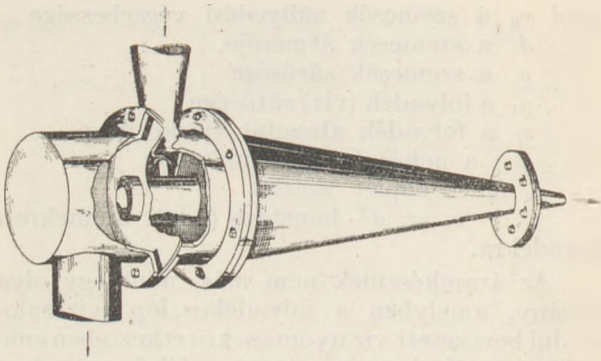
Ilyen nagyméretű áramkészülékben a turbulenciamentes áramlást — ami az elválasztás éles-ségének feltétele — biztosítani alig lehet. Főleg ez utóbbiért, de még mint látni fogjuk, más okból is, a frakciók elválasztására a hidrociklont kellett választani, annál is inkább, mivel ez az alig néhány éves múltú egyszerű berendezés ilyen kis szemcseméretű elválasztására kiválóan alkalmas.

Ezért a feladatot hidrociklonnal oldottuk meg.

A hidrociklon alapjában véve szintén áramkészülék és működését legjobban úgy érthetjük meg, ha egy az elveiben előbb ismertetett egyszerű áramkészülékkel hasonlítjuk össze.

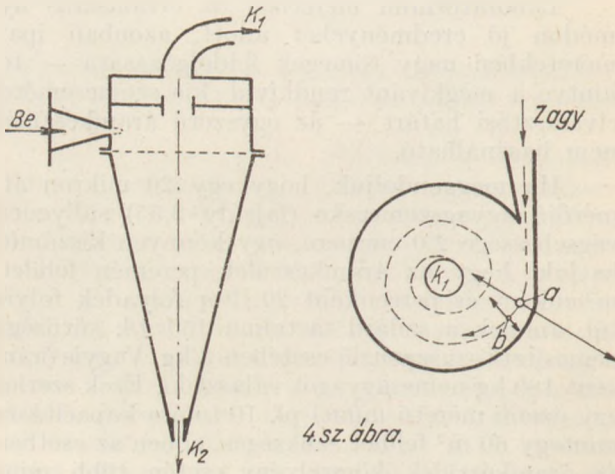
A hidrociklon szerkezetileg egy felül hengeres, alul kúpos edény, melynek hengeres felső részéhez egy beszűkített végű cső tangenciálisan csatlakozik és hosszanti tengelyében alul és felül egy-egy kiömlő nyílás van. A 3. ábra egy hidrociklon képe.

A készülék működésének könnyebb megértése végett a 4. ábrában a hidrociklon vonalas sémáját, valamint nagyobb méretben egy vízszintes metszet sémáját rajzoltuk meg.



3. ábra.

A szemnagyság (és fajsúly eredője) szerint szétválasztandó szuszpenziót nyomással vezetik be a hengeres részhez csatlakozó csövön a ciklonba. A ciklonba nagy sebességgel tangenciálisan befutó szuszpenzió (zagy) csigavonalban halad a ciklon tengelyében lévő kiömlő nyílások felé. (Ábrákban k_1 felső és k_2 alsó kiömlő nyílás).



4. sz. ábra.

4. ábra.

A folyékony közeggel beáramló szilárd részecskéket a radiális irányú centrifugális erő a külső fal felé nyomja. A ciklon tengelyében lévő kiömlő nyílások felé áramló folyékony közeg pedig a szilárd részecskéket magával akarja sodorni. A szilárd részecskék tehát két erőhatás alatt mozognak és a két erő eredője szerint csigavonalban a ciklon tengelye felé, vagy a ciklon fal felé haladnak. Azok a részecskék, amelyeket a centrifugális erő a ciklon külső falához kényszerített, ott körmozgást végeznek. Azok a részecskék, amelyek az áramló folyékony közeggel haladnak, csigavonal alakban a felső kiömlő nyílás felé közelednek és ott távoznak. A ciklon külső fala felé azok a részecskék fognak mozogni, amelyeknek a centrifugális erővel létesített süllyedési sebessége nagyobb mint a ciklon tengelye felé áramló folyékony közeg radiális irányú áramlási sebessége. Azok a szemek, melyeknek a süllyedési sebessége kisebb mint a folyékony közeg áramlási sebessége, a ciklon tengelye felé fognak haladni. A beömlő friss zagy kiszorító hatása alatt a finom szemek a felső nyíláson, a durvább részecskék

pedig a ciklon fala mellett a kúpos részben pörögve az alsó nyílás felé haladnak és ott távoznak.

A 4. ábrán (vízszintes metszet séma) látható "a" nagyobb szemecske süllyedési sebessége nagyobb, mint a k_1 kifolyó nyílás felé áramló folyadék radiális irányú sebessége és így a fal felé mozog és az áramlási sebesség tangenciális komponense pörgeti. A "b" kisebb szemecskét, melynek süllyedési sebessége kisebb, mint a k_1 nyílás felé való áramlás radiális komponense, az áramlás k_1 irányában ragadja és közben az áramlási sebesség tangenciális komponense ezt is pörgeti.

Valójában ez a működés teljesen egyezik a közönséges áramkészülék működésével. Kis szemekre pedig éppen úgy érvényes a süllyedési sebesség Stokes törvénye, de a nehézségi erő „g” gyorsulása helyett a centrifugális erő gyorsulását $\frac{V_{\text{tang}}^2}{R}$ -et kell a képletbe behelyettesíteni, vagyis

$$\tau_0 = \frac{d^2 \frac{V_{\text{tang}}^2}{R} (\rho - \rho_1)}{18\gamma}$$

A süllyedési sebességek ennek megfelelően $\frac{V_{\text{tang}}^2}{R}$

től függően sokszorososa, ezerszerese, kétezerszerese lesz annak a végsebességnek, amelyet a szemecske a közönséges áramkészülékben elér.

Ilyen nagy süllyedési sebesség mellett a a ciklon kapacitása az áramkészülékhez viszonyítva ezerszeresen, vagy több ezerszeresen növekedik és ennek megfelelően a készülék mérete is ilyen hatalmas arányban csökken. Míg felhozott példánkban mint láttuk, egy kb. 8 m átmérőjű áramkészülékre van szükség, addig ciklon esetében ezt a kapacitást megfelelő nyomás és ciklonbeállítás megvalósítása esetén egy 20 cm átmérőjű hidrociklon eléri.

A ciklonnak az óriási méretkülönbségeken kívül a közönséges áramkészülékkel szemben további nagy előnye is van, mely éppen a petényi agyagok nemesítésénél nem lekiicsinylhető. Ez az, hogy a ciklonban érvényesülő turbulens áramlások, melyek a közönséges áramkészülékben a szemek beállított méret szerinti emelkedését és süllyedését megzavarják, a ciklonban, ezen centrifugális áramkészülékben, zavaró hatást kevésbé fejtenek ki, sőt a turbulencia a szemeket „mossa”, aprítja és így esetünkben az agyag koagulált szemcsoportjait elemi szemekre bontja. Ez természetesen növeli a súlykihozataalt. A ciklonok ilyen aprítóhatása igen szépen megfigyelhető kaolinok ciklonos iszapolásakor is. A finom szemek súlykihozatala nagyobb mint a szemcse görbe szerinti teljes finom frakció súlymennyisége, vagyis a ciklon turbulens áramlása a durva szemekből még hozzá aprít.

A ciklonozási kísérletek.

A kísérletekhez használt laboratóriumi hidrociklon átmérője 50 mm volt. A beömlő zagy nyomását a ciklonba vezető csövön lévő csap állításával lehetett szabályozni. A zagy nyomását

manométer mutatja és az alkalmazott nyomás kísérleteinknél $1,5 \text{ kg/cm}^2$ volt.

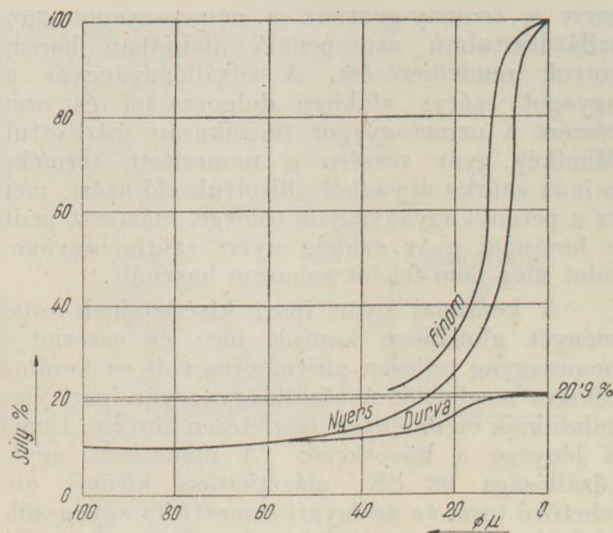
A kísérleteket a bányákból vett 5 különféle mintával végeztük el. Mindegyik minta primeradottság és szekunder elváltozás szempontjából egy-egy típust képviselt. A ciklonozás megkezdése előtt felvettük a szemcseeloszlási görbéket. Ezen alapgörbéről leolvastuk, hogy a kívánt elválasztási méretnek az ordinátán a durva, ill. finom frakciónál milyen súly % felel meg. Ennek megállapítása után a ciklont a kívánt elválasztásra állítottuk be úgy, hogy a felső és alsó kifolyó nyílások szelvényét addig változtattuk, ameddig az alul és felül kifolyó szuszpenziók szilárd tartalmának súlyaránya az alapgörbék szerint az elválasztási határnak megfelelt. A ciklonozás alatt úgy a beömlő szuszpenzió, mint az alulfolyó durva termék és a felül elfolyó nemesített szuszpenzió zagyúságát mértük.

A termékek granulomteriáját mind a finom, mind a durvaszemű frakcióban meghatároztuk és az ú. n. Heidenreich-féle görbék segítségével megállapítottuk mindkét frakcióban az ú. n. „túlszemek“ súly %-át. Ezek a túlszemek, helyesebben hibásan elhelyezkedett szemek azok, amelyek nem a szemcseméretüknek megfelelő frakcióba kerültek bele. A Heidenreich-féle görbe szemléltetően ad az elválasztás élességéről felvilágosítást.

Az 5. sz. ábra a 2. sz. agyagminta nemesítésének Heidenreich-görbéjét tünteti fel.

A 2. számú mintánál (petényi II. osztályú agyag) a súlykihozatal a finom frakcióra nézve $79,1\%$, az elválasztás 25 mikron méretnél történt a túlszemek tartalma a finom frakcióban 6% . A nemesített termékeket vastartalomra, kiegészi színre, tűzállóságra és pirittartalomra vizsgáltuk.

Ezek a vizsgálatok megállapították, hogy a nemesített agyagok teljesen piritmentesek, emellett plaszticitásuk, tűzállóságuk lényegesen javult, vastartalmuk és kiegészi színük — bár csekélyebb mértékben — ugyancsak javult. Az elvégzett 5 kísérlet eredményeit összefoglaló táblázat az alábbi:



5. ábra.

Az elvégzett laboratóriumi kísérletek azt mutatták, hogy a petényi agyagtelepek primer agyagját a megkívánt $32-33$ SK tűzállóságra lehet nemesíteni, azonkívül a piritszennyezéstől, mely a minőségi tűzálló téglagyártás és a kerámiai felhasználásnak legfőbb akadálya, teljesen meg lehet tisztítani. A nemesített agyag plaszticitása lényegesen megnövekedett. A szekunder elváltozású agyagok azonban csak kisebb mértékben nemesíthetők és tűzállóagyag céljaira csak kisebb tűzállósági követelmény esetében használhatók fel. Emiatt azonban, tekintve, hogy az anyagtelepek túlnyomó részben szekunder elbomlástól mentesek, az elért eredmény értéke lényegében nem kisebb.

A laboratóriumi ciklon (50 mm átmérőjű és kb. 3 kg súlyú) kapacitása óránként az alkalmazott nyomás és beállítás mellett 800 liter 16% szilárd agyagtartalmú szuszpenzió volt. Ezzel a kis készülékkel aránylag igen rövid idő alatt tudunk a Budapesti—Zsolnay Porcelángyár, továbbá a Magnezitipar budapesti tűzállóanyaggyár részére $100-100$ kg nemesített agyagot elkészíteni

Minta jelz.	Jellemzése	Nyers állapotban			Elválaszt. határ	Ciklonnal nemesítve			
		SK	égetési fehérszín %	Fe_2O_3		SK	égetési fehérszín %	Fe_2O_3	súly %
2. sz.	Szekunder elvált.	29	51	5,50	25μ	32	54	Nines megh.	79,1
4. sz.	Szürke primer	32	58	1,94	20μ	33	58	1,62	81,2
5. sz.	Bányaátlag, u. a. mint 4.	32	64	1,94	20μ	33	63	1,58	80,0
6. sz.	Bánki szekunder	29	43	5,40	15μ	30	43	—	64,4
7. sz.	U. a. mint 6. bányaaátlag	28	52	3,01	20μ	32	48	2,92	80,0

A kiegészi szín az abszolút fehérre mint 100% -ra vonatkozik. A szín meghatározást Pulfrich fotométerrel végeztük, etalon fehér színre vonatkoztatva $84,5\%$ fényvisszaverődésű baritlemez volt, mely hivatalosan volt bemérve.

abból a célból, hogy azzal mind a kerámiai ipar, mind a tűzállóanyagipar üzemi kísérleteket végezzen.

A kerámiai gyárak az agyagot a gyártási folyamatba szuszpenzió alakjában viszik be és

ezért a Zsolnay-gyárnak a nemesagyagot 25% szilárdtartalmú szuszpenzió alakjában bocsájtottuk rendelkezésére. A tűzállóagyaggyár az agyagot száraz alakban dolgozza fel és ezért részére a nemesagyagot termikusan szárítottuk. Mindkét gyár részére a nemesített terméket primér szürke agyagból állítottuk elő azért, mert ez a petényi agyagvagyon tömege, másrészt pedig a kerámiai gyár ezideig nyers szürke agyagot, mint meg nem felelőt sohasem használt.

A kerámiai gyár ipari kísérleteinek eredményét globálisan kaptuk meg és eszerint a nemesagyag teljesen piritmentes volt és kerámiai célokra megfelelő. A tűzállóagyaggyár ipari vizsgálatainak eredményeit részletesen közölte. Ennek a lényege a következő: „A nemesített agyag tűzállósága 33 SK, plaszticitása kitűnő, ami lehetővé teszi az acélgyári samottégla agyagszükségletének teljes mértékben hazai nyersanyagból való gyártását. Csúcsminőségű samottéglák kivételével mindenhol helyettesítheti a külföldi agyagokat. A petényi agyag különösen alkalmas nagy szilárdsága és csekély vízfelvevőképessége miatt acélgyári üsttéglának.”

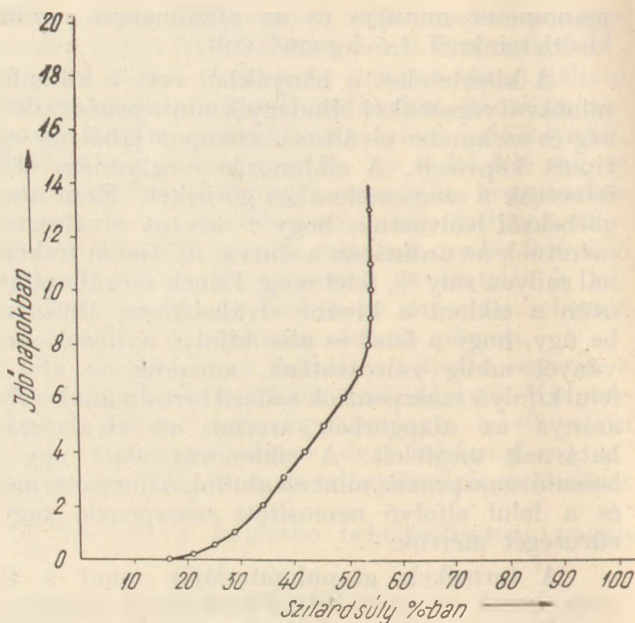
A nemesített agyagok víztelenítése.

Az agyagnemesítés egyik legnagyobb problémája a víztelenítés. A kerámiai ipari felhasználás szempontjából ez a valóban nehéz kérdés nem merül fel, mivel a kerámiai ipar az agyagokat szuszpenzió alakjában viszi be a masszába. Ez lehetővé teszi, hogy a nyersanyagok tisztítását maga a gyár, a gyártási folyamaton belül végezze.

A tűzállóagyagipar azonban száraz agyagokat kíván és ezért a nemesített szuszpenziót vízteleníteni, beszárítani kell. A víztelenítést szűrőpréssel még laboratóriumi mértékben sem sikerült megoldani, annak ellenére, hogy 10 kg/cm² nyomást alkalmaztunk. Ilyen nagy nyomás mellett is a 16% szilárdtartalmú szuszpenziót csak 2—3 mm-es rétegben tudtuk 60% szilárd tartalomra besűríteni. Centrifugálással sem tudtunk gyakorlatilag megfelelő eredményt elérni. Egy 2000 fordulat/perc és 20 cm sugarú centrifuga 5 cm magas réteget 10 perc alatt tudott csak 50% szilárd tartalmú réteggé sűríteni. A termikus szárítást igyekeztünk elkerülni, mivel az költséges eljárás.

Ezért kísérleteket végeztünk arra vonatkozólag, hogy a szárítást természetes beszárítással, vagyis elszivárogtatás, napon való szárítás és légszárítás együttes hatásával három lépcsőben oldjuk meg.

A híg nemesített szuszpenziót olyan üleptetőbe vezetjük, melynek fenekén kb. 15 cm vastag homokréteget terítettünk szét. Az iszap ülepedése következtében felül tiszta víz válik ki, melyet fokozatosan elvezetünk. Ily módon a szuszpenzió mintegy 8 nap alatt cca 50—55% szilárd tartalmú iszappá sűrűsödik be. A szilárdtartalom növekedését az idő függvényében laboratóriumi kísérlettel állapítottuk meg és az erről felvett diagrammot a 6. sz. ábrán mutatjuk be.



6. ábra.

A diagrammból látható, hogy mintegy 55% az az iszapsűrűség, mely már elszivárgással tovább nem növelhető.

Az elszivárgással besűrített iszap további víztelenítése napon való szárítással történik. Laboratóriumi kísérletek szerint 1 tonna/m²-re tehető az az agyagmennyiség, mely a három nyári hónap alatt 20% víztartalomig beszárad.

A mintegy 20% víztartalmúra beszáradt agyagot az üleptetőből már fel lehet szedni. A felszedett, már alakálló darabok hézagosan összerakva tető alatt, szélnek kitett helyen 5—10% nedvességtartalomig hamar beszáradnak.

Félüzemi kísérletek és a nemesítés technológiája.

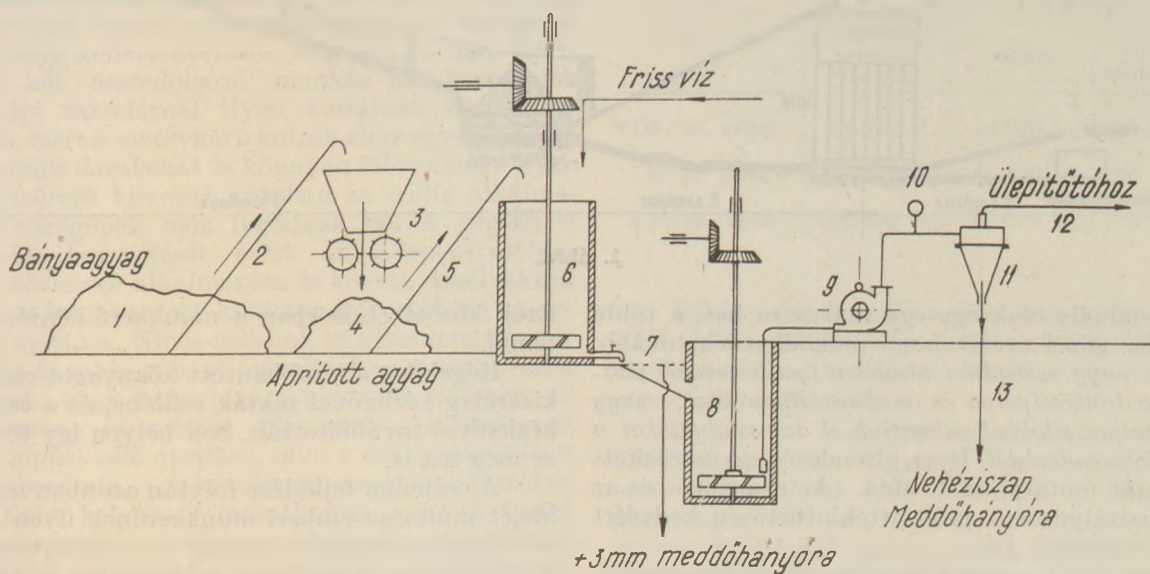
A petényi agyagnemesítési kísérletek ezideig a laboratóriumi méreteket nem lépték túl. Bár a kísérleteket néhány száz kg-os tétellel is lefolytattuk, ez a mennyiség még mindig túl csekély ahhoz, hogy magát az eljárást és eredményeit teljesen megnyugtató módon nagyüzemi méretekre át lehessen vinni.

Ezért lépések történtek arra, hogy a nemesítési kísérleteket félüzemi mértékben, mintegy 200 tonnás tétellel is lefolytassuk. A Bánya- és Energiaügyi Minisztérium Ásványbányászati Osztálya gondoskodott arról, hogy a kísérleti telep megépüljön és így módot nyújtson arra, hogy mind magának a nemesítésnek, mind az agyagok természetes kiszárításának technológiáját ilyen relative nagy tételekkel is kísérletileg megállapítani lehessen.

A kísérleti ciklonozó telep működési törzs-fáját a 7. sz. vázlaton látjuk.

A nyers bányagyagot (1) egy mobil serleges emelő (2) akéshenger (3) adogató tartályába emeli. A késhenger az agyagot diónagyságúra aprítja. Az előaprított agyagot (4) ugyancsak mobil

Petényi anyagelőkészítő törzsfája.



7. ábra.

serleges emelő (5) hordja be az agyagoldóba (6). A szuszpendált agyag az oldóból 3—4 mm-es lyukbőségű szitán át (7) egy gyűjtőtartányba (8) folyik, mely gyűjtőtartány a zagyszivattyú (9) szívóaknájaül szolgál. A zagyszivattyú nyomással adja be a zagyot a ciklonba (11). A nyomás ellenőrzésére manométer van a nyomócsőbe beépítve (10). A ciklon alsó folyása (13) a meddőhányóra, felső folyása (12) 3 ülepitő medencébe kerül, amelyeket a ciklon felváltva tölt és a medencéket ugyancsak felváltva derítik. Egy-

egy medence alapterülete 50—50 m², mélysége 2,0 m.

A kísérleti múnél alkalmazott ciklon átmérője 10 cm és feldolgozási órapacitása az alkalmazandó szivattyú nyomásának megfelelően mintegy 7—8 m³ zagyra tehető, vagyis óránként több mint 1 tonna szilárd agyagot dolgoz fel.

A nyert nemes szuszpenzióval és szárított nemesagyaggal a kerámiai, illetőleg tűzállóagyaggyárak megfelelő nagyobb méretű gyártási kísérleteket fognak végezni.

A kőbányaipar műszaki fejlődése

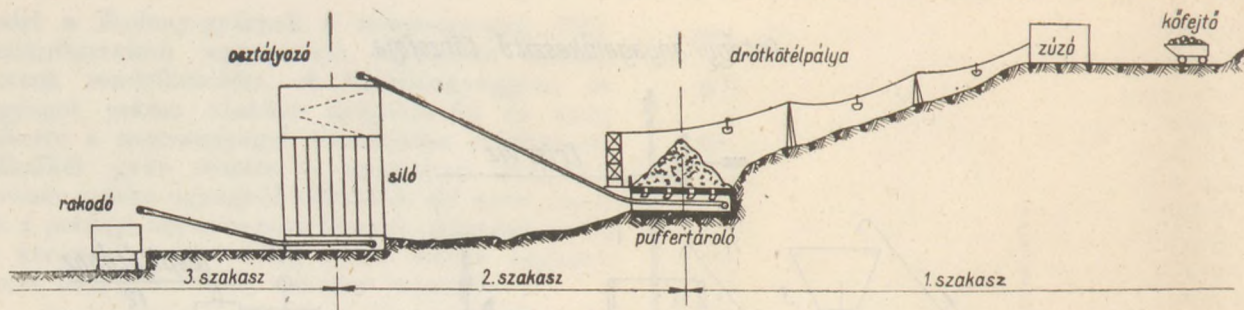
LÁZÁR JENŐ

A kőbányaipar műszaki fejlődése az utóbbi évek folyamán két irányban haladt. Először a technológiai folyamat megjavítása volt a cél, tehát a berendezések megfelelőbb csoportosítása és méretezése, az alkalmazott gépek és felszerelések megváltoztatása nélkül. A második feladat a gépi berendezések tökéletesítése volt. Ez alkalommal elsősorban a kőbányaipar gépeinek fejlődésével kívánunk foglalkozni. A technológiai folyamat megjavításával kapcsolatban ezért röviden csak a következőkre mutatunk rá:

A korszerű kőbányaüzemek működése általában a futószalagrendszer elvén alapszik. A kőfejtőkben lerobbantott kőanyag tehát állandó folyamatban halad a megtöltendő vasúti kocsik felé és előrehaladása közben végzik el rajta a szükséges műveleteket, például a zúzást, az osztályozást, a mérlegelést stb. Ennek a rendszernek kétségtelenül nagy előnyei vannak a kőbányászásban régebben szokásos rendszertelen termeléssel szemben. A futószalag-elrendezésnek azonban egy nagy hátránya van, és ez az, hogy az üzem bár-

mely pontján fellépő üzemzavar nemcsak a hibás berendezésnél jelent üzemállást, hanem megállítja a teljes folyamatot, tehát az egész üzemet megbénítja. Így például ha az osztályozómúnél lép fel az üzemzavar, akkor a teljesen üzemképes drótkötélpályának is le kell állania, mert a rajta szállított kőanyagot nem adhatná le az osztályozóműbe, a kőfejtőben foglalkoztatott többszáz főnyi munkásságnak is tétlenül kell várakoznia, mert a kitermelt kőanyagot nem szállíthatja tovább a drótkötélpályán, ugyanígy nem lehet az üresen várakozó vasúti kocsikat sem megrakni, mert az osztályozómű — az üzemzavar folytán — nem látja el kövel a rakodóberendezést. A kőbányaüzemi berendezések gépállási ideje ezért régebben átlagosan a teljes üzemidő körülbelül 30%-át jelentette. A gépkihasználás tehát nagyon kedvezőtlen volt.

Az újonnan épülő kőbányaüzemknél az üzemállási időket oly módon csökkentjük, hogy a termelési folyamatot nagyméretű tárolóberendezések közbeiktatásával szakaszokra osztjuk. Az üzemzavar



1. ábra.

ezért mindig csak egy-egy szakaszra hat, a többi szakasz gépei zavartalanul működhetnek tovább. Ezért nagy szabadtéri tárolókat (puffertároló) iktatunk a drótkötélpálya és az előosztályozó közé, s nagy úrtartalmú silókkal választjuk el az osztályozókat a rakodóberendezéstől. Ilyen elrendezés egyszerűsített vázlatát mutatja az 1. ábra. (Az utánzúzó és az utánosztályozót a jobb áttekinthetőség kedvéért nem tüntettük fel.)

Ha az 1. szakaszban lép fel az üzemzavar, például a kőfejtő üzemét eső zavarja, akkor a 2. és 3. szakaszokat a puffertároló hosszabb ideig is ellátja kőanyaggal, ezek tehát zavartalanul dolgozhatnak tovább.

Ha a 2. szakaszban lép fel az üzemzavar, akkor az 1. szakasznak nem kell most már leállnia, mert termelt anyagát a puffertárolóba berakhatja, a 3. szakasz pedig a silókban tárolt anyagból folytathatja a vagonok megrakását.

A 3. szakasz akadályoztatása — például vagonhiány — esetén pedig a másik két szakasz tovább dolgozhatik és a megtermelt anyagot a tárolókban helyezheti el.

Gyakran előfordul — forgalmi csúcs idején —, hogy a MÁV csak délután, vagy este állíthat ki üres kocsikat. Ezeknek a kocsiknak megrakása az üzemidőn túl — a napközben megtöltött silóból — az új berendezéseknél szintén nem okoz többé nehézséget.

Az újszerű elrendezés és a tárolók közbeiktatása folytán a gépállási időt az azelőttinél körülbelül egyharmadára csökkentik.

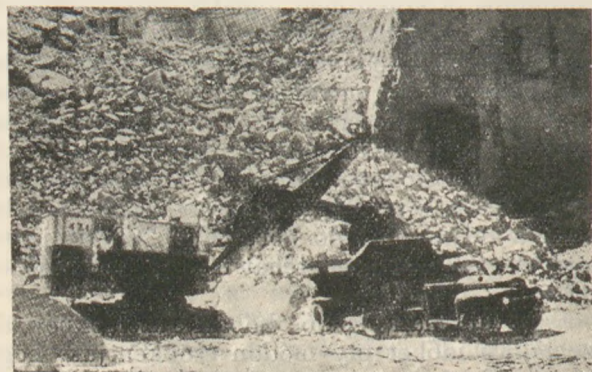
Míg az új technológiai folyamat kialakítását az a törekvés jellemezte, hogy a meglévő gépek teljesítőképességét jobban kihasználják, addig a gépek fejlődését más szempontok irányították.

Ezek között elsősorban a munkaerő-kérdés említendő.

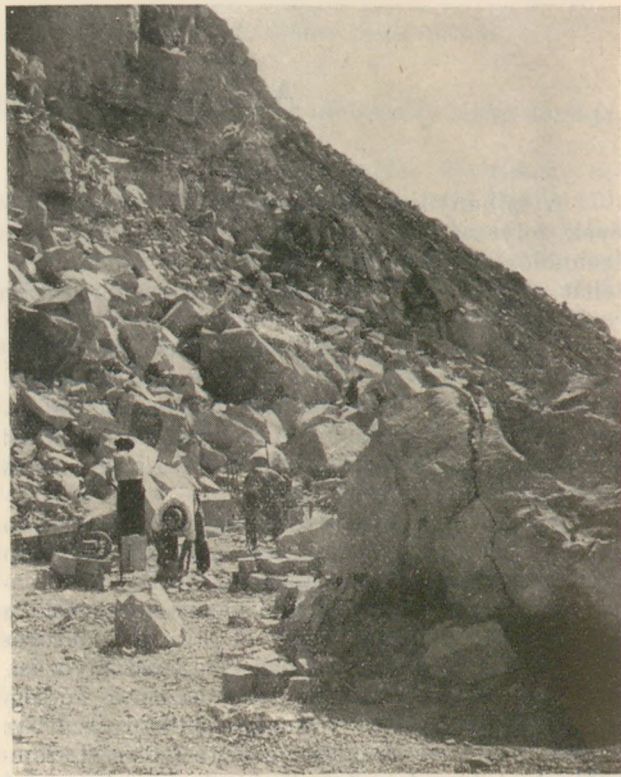
Régebben a lerobbantott kőanyagot csaknem kizárólag kézierővel rakták csillébe, és a csilléket kézierővel továbbították. Sok helyen így történik ez még ma is.

A technika fejlődése folytán azonban ma már idejét múlta az emberi munkaerőnek ilyen durva — tisztán izomerőt kívánó — igénybevétele. A kőfelrakást és szállítást is gépesíteni kell tehát. A felrakás elvégzésére legjobban a merevkarú kotrók (hegybontók) váltak be, amelyek a kőanyagot billenőteknős teherautókba (dömper) rakják, és a továbbszállítás ezekben történik. (Egy-egy ilyen hegybontó 40—50 dolgozó munkáját is könnyen elvégzi). A rakodás gépesítésével megváltozik a kőbányák képe is (lásd a 2. és 3. ábrát). Ott, ahol régebben 100—200 munkás sürgött-forgott, ma két-három hegybontó dolgozik és néhány teherautó jár. Nem látni már a nekifeszült izmokat, meggörnyedt derekat mint a 3. képen.

A gépi rakodás bevezetése azonban újabban problémákat vetett fel. Régebben a zúzógépek



2. ábra.



3. ábra.

kerülő kövek nagyságát a — többnyire két emberből álló — felrakócsoporthoz szabta meg. A köveket másodlagos robbantással és bunkózással addig kellett aprítani, míg súlyuk nem felelt meg két összedolgozó munkás munkarejének. A gépi rakodásnál ilyen korlátozó körülmény nincs, mert a merevkarú kotrók akár egy köbméter nagyságú darabokat is könnyen felemelnek. Ilyen nagyméretű köveket azonban az eddig alkalmazott zúzógépek nem fogadnak be. A gépesített rakodás bevezetését ezért általában új robbantási módszerek alkalmazása is követi, amelyeknek célja a lerobbantott kötőanyag gyorsabb és alaposabb aprítása. Nincs helyünk ez alkalommal ezeknek az új robbantási eljárásoknak az ismertetésére. Tudjuk, hogy hármilyen robbantási módszert alkalmazunk is, mindig célszerűbb a kőanyagot zúzógéppel való aprítása, mint a robbantás túlzott igénybevétele, — a kézi bunkózásról nem is szólva.

— Ezért helyesnek mutatkozott arra törekedni, hogy az aprítás minél nagyobb részét a zúzógépekre hárítsuk, az aprító-robbantásokat pedig kisebb mértékben alkalmazzuk mint eddig, annál is inkább, mert a hegybontók nagy teljesítőképességét csak úgy lehet kihasználni, ha folyamatosan rakodhatnak, az időszakonként ismétlődő aprító-robbantásokkal nem zavarjuk munkájukat. Világos azonban, hogy ezt a célt csak akkor érhetjük el, ha olyan zúzógépeket alkalmazunk, amelyek sokkal nagyobb méretűek — és ezért sokkal nagyobb kődarabokat is befogadnak — mint eddigi gépeink.

A zúzógépek nagyságának megválasztását és így az alkalmazásra kerülő zúzó típusok kialakítását ezért most más szempontok irányítják, mint régebben. Azelőtt a zúzóberendezésnek előírt teljesítmény döntötte el az alkalmazandó zúzó méretét. Így például ha évi 100 000 vagon teljesítőképességet kívántunk meg az üzemtől, akkor a zúzóberendezésnek óránként 250 tonnát, tehát 160 köbmétert kellett megzúznia. Célszerű volt a szükséges teljesítményt két, vagy három gépre elosztani, mert az ilyen elrendezés nagyobb üzembiztonságot nyújtott. Bármely gépnél állott be ugyanis üzemzavar, a teljesítménynek mindig csak az illető gépre eső hányada esett ki. A 160 m³/óra zúzási teljesítmény érdekében helyes és biztonságos volt 3 darab X-jelű zúzó beállítása, amelyek mindegyikének 60—70 m³/óra a teljesítménye. Ilyen zúzóba 40—50 cm élhosszúsági terméskódarabokat lehet adagolni, ennél nagyobbakat pedig kézzel amúgy sem lehet felrakni.

Ma azonban — a gépi rakodás következtében — olyan gépekre van szükség, amelyek 75—100 cm élhosszúságú köveket is befogadnak. A zúzó nagyságának megválasztását tehát nem a gépek zúzási teljesítménye szabja meg többé, hanem az a követelmény, hogy hatalmas terméskódarabokat lehessen beléjük adagolni. Ez pedig óriászúzó bevezetését tette szükségessé.

A zúzógépek méreteinek gyors növekedését szemléltetően mutatja az 1. táblázat, amely a fejlődést jellemző három zúzó típus adatait tartalmazza:

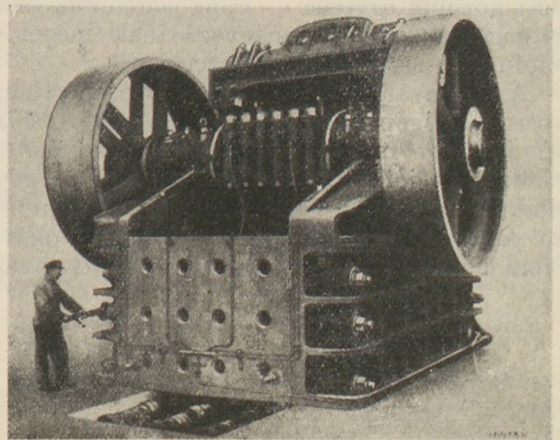
1. táblázat

	A zúzó gép		
	óránkénti teljesítménye	súlya	energia-szükséglete
VIII. sz. zúzó	18-22 m ³	14 000 kg	30-35 kW
X. sz. zúzó	50-60 m ³	38 000 kg	60-70 kW
XX. sz. zúzó	500-600 m ³	260 000 kg	110-150 kW

Néhány évvel ezelőtt általában a Ganz-gyár VIII. jelű egyingás pofászúzóját alkalmaztuk előtörőként. Ennek a zúzónak óránkénti teljesítőképessége 20 m³ körül mozgott.

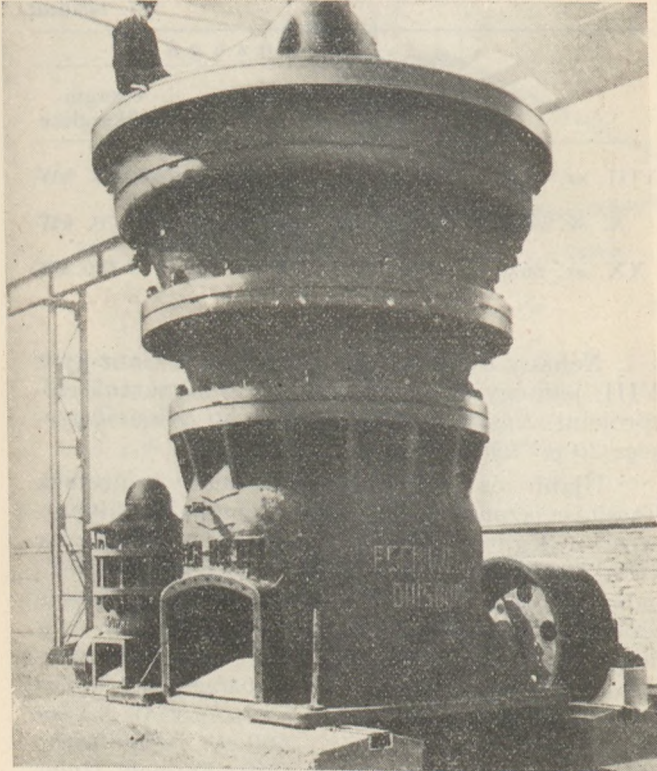
Újabb és nagyobb teljesítményű üzemek létesítése azonban nagyobb zúzógépeket kívánt, ezért a legutóbbi évek folyamán a Ganz-gyár kialakította X. jelű típusát, amelynek teljesítménye körülbelül háromszorosa a régi VIII-as törő teljesítményének. A kőszakas gépesítése és a hegybontók alkalmazása azonban most már általában ennél is sokkal nagyobb zúzógépeket követel, és a táblázat 3-ik sorában feltüntetett XX-es zúzó teljesítménye óránként 5—600 m³, tehát mintegy tízszerese a X-es zúzó teljesítménynek. Ilyen hatalmas zúzó gépet két műszakban 900—1000 m³-t, tehát körülbelül 1500 vagon is megzúzna, de ekkora zúzási teljesítményre nincs is szükségünk. Az új zúzó gépeket nem is teljesítőképességük miatt választjuk, hanem azért, mert ezek a gépek méternyi élhosszúságú köveket is könnyen befogadnak, tehát mentesítik a bányát a költséges és az üzemet gátló bunkózási és aprító-robbantási munkától.

A táblázat második rovata szemlélteti, hogy ez a követelmény milyen nagy fejlődést okozott a zúzó gépek területén. A VIII-as zúzó gépet



4. ábra.

még csak 14 000 kg volt, a X. jelűé már 38 000 kg, a XX. sz. gépe pedig 260 000 kg. Ez utóbbi gépet a 4. kép ábrázolja. Méreteit pedig szemlélteti az a körülmény is, hogy elhelyezéséhez és kiszolgálásához közel 16 m-es magasságkülönbségre van szük-



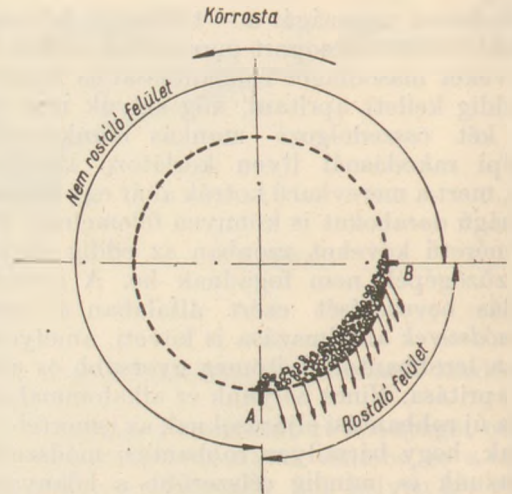
5. ábra.

ség az etetési és a kiömlési szint között. Ez 4—5 emeletes ház magasságának felel meg.

Érdekes adatot mutat a táblázat 3. rovata is, mert láthatjuk, hogy a XX-as zúzó energiaszükséglete csak két és félszerese a X-es zúzóénak, holott teljesítménye tízszeres. Az új zúzógépek tehát sokkal olcsóbban dolgoznak a régiéknél.

A zúzógépek fejlődésére a legutóbbi időben ezeknek az óriásgépeknek a kiképzése nyomta rá bélyegét. Az egyéb területeken elért tökéletesítések csak másodrendű eredményeként szerepelnek, holott közülük egyesek — mint például az excenter-tengelyek golyós-csapágyazásának megoldása szintén igen szép sikert jelentenek.

A kőbányaipar másik fontos gépcsoportjának, az osztályozógépeknek a területén a körrostákat a *vibrátorrosták* már csaknem teljesen kiszorították. A körrosták jól és megbízhatóan dolgozó gépek voltak, a vibrátorrosták előnyeivel azonban mégsem voltak képesek megbirkózni. Ennek okát az 5. ábra mutatja. A körrosta a beléje töltött anyagot



6. ábra.

forgás közben magával emeli. Ennek következtében azt a kődarabot, melyet az *A* pontnál a már függőlegesen álló rostfal nem emeli, a kődarab saját súlya következtében visszaesik, hogy a rosta újra a *B* pontig emelje. A kőanyag tehát csak az *A* és a *B* pont között mozog és osztályozódik, mert a kiosztályozás az emelések és a visszaesések között történik meg. A körrostába beépített osztályozófelületnek ezért mindig csak az *A* és a *B* pont közötti negyedede dolgozik, további háromnegyed része pedig üresen forog. Ezzel szemben a *vibrátorrostáknak* állandóan teljes felületük dolgozik hasznosan, ezért természetes, hogy sokkal kisebb súlyú és helyszükségletű berendezésekkel lehet bizonyos teljesítményt elérni, ha körrosták helyett vibrátorrostákat alkalmazunk.

A kőbányaipar műszaki fejlődésének kisebb jelentőségű eredményeivel ez alkalommal nem foglalkozhatunk. Összefoglalólag azonban meg kell állapítanunk, hogy míg a technológiai berendezések és az új, a kőbányászatban eddig nem alkalmazott berendezések felhasználása terén igen nagy a haladás, addig a szorosan vett kőbányászati gépeknél az elért eredmények elsősorban a gépek méreteinek növekedésén és anyagának javulásán alapulnak. A kőbányászati gépek működésének elméletét illetően azonban viszonylag kevés haladás történt a múltban. A jövő fejlődés alapjait a *szovjet kutatási eredményekkel* és azok hazai viszonylatra való kikísérletezésével és alkalmazásával építjük ki elméleti és gyakorlati téren.

Üzemi és laboratóriumi hőmérés a szilikátiparban

SZABÓ GYÖRGY

Bevezetés

A hőmérséklet pontos betartása kevés iparágban fontos oly döntően, mint az üveg- és kerámiaiparban, amelyben elengedhetetlen feltétel a kemencehőmérséklet jó és pontos vezérlése s tényleges értékének ismerete. A hőmérőberendezések ellenőrzése és karbantartása lényegesen kisebb munkát igényel, mint a nem kielégítő ellenőrzésükből származó üzemi bajok kiküszöbölése. Ugyancsak könnyebb a műszer hibájának kijavítása, mint a technológiai előírás változtatása, mert a kifogástalan és selejtnélküli gyártást csakis a kemence hőfokának a technológiai előírás szerinti pontos betartása biztosítja. A szilikátiparban a mérendő hőmérsékletek értéke általában 0...2000 C° között van. A pontosabb mérés 0...300 C°-ig ellenállás-hőmérővel, 0...500 C°-ig esetenként higanyhőmérővel, 300...1600 C°-ig hőelemmel, 1600 C°-on felül pedig optikai pirométerrel történik. Mielőtt az egyes mérőmódszerekkel részletesebben foglalkoznánk, röviden ismertetjük az 1948-ban elfogadott nemzetközi hőfokskálát, amely hőmérsékletmérésünk alapja.

Nemzetközi hőfokskála

A hőmérsékletmérés alapja valamely anyag fizikai tulajdonságának a hőmérséklet hatására történő változása. A nemzetközi hőfokskála alapja a termodinamikai skála. Mivel a termodinamikai hőfokmérés nehézséggel jár, állandó mérési pontokat (fix pontokat) határoztak meg, amelyek értéke a mai mérési pontosság határain belül egybeesik a termodinamikai skála pontjaival. A skálabeosztás alapja a víz fagy- és forráspontja közötti hőmérsékletkülönbség $\frac{1}{100}$ része, normál atmoszférikus ($p=1\ 013\ 250\ \text{dyn/cm}^2=760\ \text{mm Hg/nyomásnál}$) jele „C°”. A nemzetközi hőfokskálapontok normál atmoszférikus nyomásnál (7) a következők:

- Oxigénpont: gáz- és folyékonyállapotú oxigén egyensúlyhőfoka
 $t_p - t_{760} + 0,0126 (p - 760) - 0,0000065 (p - 760)^2$ — 182,97 C°
- Jégpont: egyensúlyi hőfok jég és a levegővel telített víz között ± 0,000
- Vízforrpont: egyensúlyi hőfok víz folyékony és gőz állapota között...
 $t_p - t_{760} + 0,367 (p - 760) - 0,000023 (p - 760)^2$ + 100 000
- Kénpont: egyensúlyi hőfok kén folyékony és gázállapota között
 $t_p - t_{760} + 0,0909 (p - 760) - 0,000048 (p - 760)^2$ + 444,60
- Ezüstpont: egyensúlyi hőfok ezüst folyékony és szilárd állapota között + 960,8
- Aranypont: egyensúlyi hőfok arany folyékony és szilárd állapota között + 1063

A másodlagos 0 C° fölötti fix pontok a következők:

	C°
Naftalin (C ₁₀ H ₈) forráspontja	217,96
Ón dermedési pontja	231,9
Kadmium dermedési pontja	320,0
Ólom „ „	327,35
Cink „ „	419,5
Antimon „ „	630,5
Alumínium „ „	660,15
Réz-ezüst (28,1% vörösréz és 71,9% ezüst) eutektikus ötvözet dermedési pontja..	778,8
Vörösréz dermedési pontja.....	1083,0
Palládium olvadási pontja	1555
Platina „ „	1773

Mérési pontosság

A 0...500 C° közötti hőmérséklet legegyszerűbben folyadék hőmérővel mérhető. Pontossága lényegesen kisebb, mint a platina-hőmérőé; hátánnya, hogy a mérés helyén kell leolvasni és ezzel az üzem áttekinthetőségét zavarja. A nyomásfolyadék mérő már kisebb távmérésnél is sok járulékos hiba forrása. Ezért, bár az ellenállás-hőmérő drágább, mindinkább áttérnek, a távmérés előnye miatt is, az ellenállás-hőmérőre.

A platina-ellenállás hőmérő lehetővé teszi, hogy a nemzetközi hőfokskála fix pontjai között laboratóriumiilag 0,01...0,05 C°-nyi pontossággal határozhatassuk meg a hőmérsékletet 0...630 C° (antimonpont) között, míg 0...100 C° között megfelelő felkészültség esetén a hőfok 0,001 C°-nyi pontossággal állapítható meg. A legnagyobb különbséget a termodinamikai hőfok és a platina-hőmérővel mért hőfok között 400 C°-nál mérték, és pedig 0,15 C°-ot.

A PtRh-Pt hőelemmel mért pontosság már kisebb. A nemzetközi mértékügyi intézetekben vizsgált, három különböző országban előállított PtRh-Pt hőelemek, amelyek egyik szára 90 Pt + Rh, másik szára fizikailag tiszta Pt, 600...1063 C° között 0,1 C° egymás közötti maximális hőfokkülönbséget mutattak (7). Ezek a pontosságok csúcseredmények: a gyakorlati pontosságok lényegesen alacsonyabbak. Az üzemszerűen elérhető maximális mérési pontosságok PtRh-Pt termoelemmel 300...1200 C° között ± 1 C° és 1500 C°-nál ± 3 C°.

Optikai pirométerrel, ha az különlegesen precíziós kivitelű, 0,2 C° hőfokkülönbséget is lehet mérni. A kereskedelmi elsőosztályú optikai pirométer 1300 C°-nál ± 5 C°-ra reprodukálható, míg a kereskedelmi standard pirométer mérési reprodukálhatósága 1300 C°-nál ± 2 C° és 2300 C°-nál ± 4 C°, hitelesítési pontossága 1300 C°-nál ± 7 C° és 2300 C°-nál ± 15 C°. Ezek a mérési pontosságok elsősorban a mérés reprodukálhatóságára vonatkoznak, mert a termodinamikai hőfoktól való eltérés megállapítása sokkal nehezebb. Pl. az 1900 és 1910. évek között különböző laboratóriumok-

ban mért érték szerint az arany olvadási pontja 1062,7 és 1063,8 °C között volt. A ma is érvényben lévő nemzetközileg elfogadott érték 1063 °C. Ha azonban az arany olvadási hőfokát a nemzetközileg elfogadott fénysebesség c , a Planck-féle állandó h és a Boltzmann-féle k értékeivel a Planck-féle sugárzási egyenlettel számítjuk (lásd 6,2 egyenlet) az elméleti olvadási pont kb. 5 °C-kal magasabb, mint a jelenleg nemzetközileg elfogadott dermedési pont. Ezt a számítást a legújabb mérések is alátámasztják (15).

Új pirométerek beszerzése esetén rendkívül fontos, hogy meghatározzuk azt a mérési tűrést, amelyet a technológiai előírások megkívánnak. Meg kell szabadulni attól a hibás felfogástól, hogy a műszer használhatóságát csak pontossága határozza meg. Ugyanis — eltekintve nagyobb áratól — pontosabb műszer gondosabb kezelést igényel, felállításának helyét is gondosabban kell kiválasztani, egyenletesebb környezeti hőmérsékletet kell számára biztosítani és esetleg külön helyiségre is szükség van. Ha precízebb műszert nem megfelelően, nem a szükséges gonddal kezelünk és helyezzük el, akkor rövid idő után nemcsak gyakori javítására lesz szükség, de pontatlanabb lesz, mint egy kezdetben kevésbé pontos műszer, amely az üzemi viszonyoknak jobban megfelel, s nagyobb igénybevételt és durvább kezelést bír ki. Ha az üzemi viszonyok és technológiai előírások ténylegesen kisebb hibatűrést kívánnak, nem elég a drága műszer beszerzése, hanem megfelelő elhelyezésével és karbantartásával, valamint ellenőrzésével is biztosítani kell, hogy a gyártó szavatolta tűrés az üzemi használat alatt is állandó maradjon.

Az 1. táblázat összehasonlítja a 3, 1,5, 0,5 és 0,2%-os műszerek beszerzési árát és karbantartási idejét.

1. táblázat

A műszerek költségalkulása a mérési tűréstől függően

Hőmérséklet mérési tűrés %-ban	Beszerzési ár szorzó (5)	Évi ellenőrző munkaóra ¹	Évi karbantartó munkaóra
3	1	10	20
1,5	2...3	12	30
0,5	15...20	20	50
0,2	30...50	100...150	200

¹ A fenti munkaóraérték a kályhák hőmérsékletétől és a műszerek számától függően változik. A táblázatban megadott értékek irányértékek. Nagyobb számú műszer esetén az egy műszerre eső karbantartási és ellenőrzési idő megfelelően csökken.

Ellenállás-hőmérők

Az ellenállás-hőmérőknél az anyagoknak azt a fizikai tulajdonságát értékesítjük, hogy a hő hatására elektromos vezetőképességüket megváltoztatják. A gyakorlatban általában fémeket, ritkábban félvezetőket, vagy folyadékokat alkalmaznak, bár az utóbbiak hőfoktényezője általában a fémeknél

nagyobb és könnyen változik. Az ellenállás-hőmérésnek a pirometria kezdeti fejlődésében volt nagy jelentősége, amikor még nem voltak megbízható hőelemek, érzékeny galvanométerek és územileg használható kompenzátorok; de változatlanul megtartotta jelentőségét ma és laboratóriumi és precíziós méréseknél. Üzemen ma alacsonyabb hőmérsékletek pontosabb mérésére, kis mérési határok közötti mérésekre és távolsármérésekre alkalmazzák. Mivel külön áramforrása többletmunkát igényel, a hazai szilikátiparban nem használják abban a mértékben, mint ahogy az szükséges és helyes lenne, és nem egyszer a szükséges mérési pontosság rovására az alacsony hőmérsékletnél kevésbé pontos, de kényelmesebb hőelemes mérőmódszert használják.

Szükségesnek tartjuk, hogy az ellenállás- és hőelem-hőmérésnél az egyes kapcsolásokra és előnyekre is kitérjünk. Régi kemencék méréstechnikai korszerűsítése esetén ugyanis az üzemérnököknek ismernie kell az elektromos hőmérés lehetőségeit, hogy kiválaszthassa katalógusok segítségével az adott üzemi viszonyoknak legjobban megfelelő mérési módszert és kapcsolási elvet. Ezért csupán a módszereket ismertetjük, anélkül, hogy a kivitelezőt érdeklő számítás részleteivel foglalkoznánk, mert azok e cikk kereteit meghaladnák.

A hőmérő anyaga

Platina. Az ellenállás-hőmérés lényeges feltétele, hogy egyrészt az ellenállás-változás és a hőfok közötti matematikai összefüggést egyszerű egyenlettel lehessen kifejezni (ezáltal a fix pontok közötti hőmérsékletérték könnyen meghatározható), másrészt a mért eredmények megismételhetők és az előírt tűrésen belül állandók legyenek. Ezt a feltételt a fémek közül a platina elégíti ki legjobban. A gyakorlatban általában 0,04...0,2 mm \varnothing -jú platinahuzalt alkalmaznak. Ellenállás-hőmérésénél a platina tisztasága nem oly lényeges, mint a hőelemnél. Míg a vegyileg tiszta platina (0,01% alatti szennyeződés) ellenállásának hőfoktényezője —0,390...0,391% °C, ellenállás-hőmérésre alkalmas az olyan platina is, amelynél a szennyeződés következtében —0,385% °C. A platina tisztaságát legkönnyebben úgy ellenőrizzük, hogy a vizsgálandó anyagot egy ismert tulajdonságú tiszta platinával (lehetőleg oxigén-lángban) összehegesztjük. A hegesztés helyét 80...100 mm hosszú kvarccső közepébe húzzuk és a cső közepét Bunsen-égő felett 1100...1200 °C-ig hevítjük. Ha az így hevített hegesztési helyen fellépő termofeszültség nem nagyobb, mint 100 mikron V, akkor a platina a célnak megfelelő.

A hőmérők ellenállásértéke kisebb hőfokhatárok közötti, vagy alacsonyabb (600 °C) hőmérésénél 0 °C-nál 100 ohm, néha használnak azonban 50 ohmos hőmérőt is. Magasabb hőmérsékletek mérésére 600...1100 °C között vastagabb 0,4...0,6 mm \varnothing -jú huzalt kell alkalmazni, mert ott a 0 °C-nál mért ellenállás 8—10 ohmra is csökken. Callendar állapította meg és később pontos mérések is igazolták, hogy a platina ellenállása

és a hőmérséklet közötti összefüggés $0 \dots 630$ C°-ig

$$R_t = R_0 (1 + at + bt^2) \quad (1)$$

R_t a platina ellenállása a mérendő t hőfokon,
 R_0 a platina ellenállása jégponton.

Az a és b állandók értéke meghatározhatók a nemzetközi hőfokskála elsődleges, vagy másodlagos két fix pontjából, t_1 -ből és t_2 -ből.

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{1}{t_2 - t_1} \left(\frac{R_1 - R_0}{R_0} \cdot \frac{t_2}{t_1} - \frac{R_2 - R_0}{R_0} \cdot \frac{t_1}{t_2} \right) \\ b &= \frac{1}{t_2 - t_1} \left(\frac{R_1 - R_0}{R_0} \cdot \frac{1}{t_1} - \frac{R_2 - R_0}{R_0} \cdot \frac{1}{t_2} \right) \end{aligned} \right\} (2)$$

A két fix pont megválasztása a mérési körülményektől függ. Szűk méréshatár esetén a két legközelebb eső fix pontot alkalmazzuk, ha pedig a teljes mérési határt kihasználjuk, távol fekvő fix pontokat választunk. Több fix pont és a Gauss-féle legkisebb négyzetek módszerének alkalmazásával nagyobb pontosság érhető el (20.).

2. táblázat

0 C°-on, 100 ohmra hitelesített huzaellenállás értéke a hő függvényében

Hőfok C°-ban	Ellenállás ohm-ban		
	Platina kereskedelmi tiszta	„Nemzetközi hőfokskála 1948” előírásai szerint	Nikkel
0	100,0	100,0	100,0
100	138,5	139,2	167,2
200	175,7	177,3	253,2
300	211,8	214,2	366,0
400	246,5	249,9	
500	280,0	284,4	
600	312,4	317,8	

Ha az ellenállás-hőmérőt laboratóriumi célra használjuk, előzetesen 1...2 óráig 600...800 C°-on vagy 20...30 percig levegőn elektromos árammal 900...1000 C° hőfokra izzítva, öregíteni kell attól függően, hogy a platinahuzal csillámra kvarcra, vagy kerámiára van-e szerelve. Csillámtól nem szabad 600 C° fölé hevíteni. A platinahuzalt, a hőmérő elkészítése előtt célszerű levegőn néhány percig 1450 C°-ra hevíteni, hogy az olvasztásánál a tégelyből visszamaradt mikroszenyveződések (kalcium cirkon, tórium) a levegőn oxidálódjanak és ezzel a platina elektromos tulajdonságai megjavuljanak.

A nikkel és ötvözetei

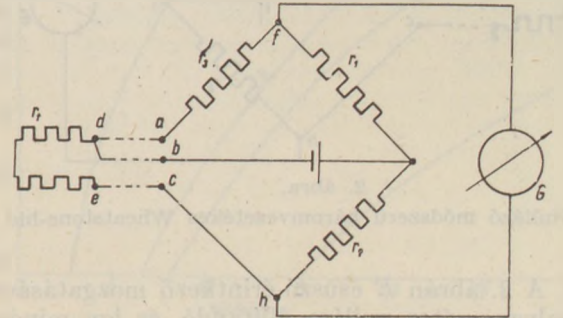
Hőmérő céljaira 300 C°-ig a platinán kívül leggyakrabban tiszta karbonilnikkelt alkalmaznak. Ez 300 C° felett már nem használható, mert 350 C° körül molekulárisan átváltozik. Előnye a platinával szemben, hogy hőfoktényezője nagyobb ($-0,67\%$ C°) ezért hőmérsékletváltozásra érzékenyebb. Magasabb hőmérsékletre (550 C°-ig) alkalmazható egy 70% Ni és 30% Fe ötvözet, amelynek hőfoktényezője (9) $-0,44 \dots 0,48\%$ C°.

Ellenállás-mérés

Mivel a hőmérsékletet az ellenállás értéke határozza meg, minden módszer, amely ellenállás mérésére alkalmas, a hőmérséklet mérésére is megfelelő. Ennek ellenére gyakorlati tapasztalatok alapján bizonyos mérési módszerek alakultak ki.

A háromvezetékes Wheatstone-híd

Az iparban az egyik leggyakrabban használatos kapcsolás a háromvezetékes — vagy Siemens-kapcsolás (1. ábra).



1. ábra.

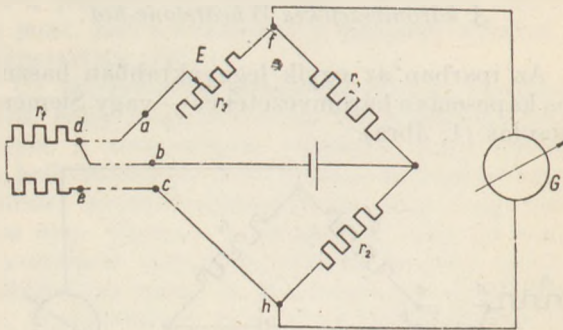
Mutatós kivitelű háromvezetékes Wheatstone-híd

A hőmérő ellenállását Wheatstone-féle kapcsolásban három ismert ellenállás beiktatásával mérjük és az ellenállások értékeit úgy választjuk, hogy a galvanométer árama a mérendő legalacsonyabb hőfokon nulla legyen. A hőmérő hőfokának növekedő ellenállása arányában növekszik a galvanométer árama, amelyet C°-ban hitelesítünk. A hőmérőt a Wheatstone-híd többi részeivel az ad , bd és ce három vezeték köti össze abból a célból, hogy az ad és ce egyforma hosszú és közösen fektetett vezetéknek a hőfokváltozás következtében előálló ellenállásváltozás egymást kiegyenlítsék és ezzel egy járulékos mérési hibát kiküszöböljünk. Ha a három (ad , bd és ce) vezetékdarab egyforma hosszú, $r_1 - r_2$ és a galvanométerben nem folyik áram, akkor

$$r_3 + ad - r_1 + ce, \text{ vagyis } r_3 - r_1 \quad (3)$$

A galvanométer akkor a legérzékenyebb, ha az ellenállások viszonya $\frac{r_3}{r_1} \rightarrow \infty$, de már $r_3 = 4 \dots 5 r_1$ érték esetén is kielégítő eredményt kapunk. Hőmérsékletváltozásnál a műszer a változásnak megfelelően kileng. Mivel a műszer kilengése a feszültségváltozással is arányosan változik és 10% feszültség-ingadozás 10% mérési hibát okoz, stabilizált feszültségforrást alkalmaznak. Ha a mérendő hely üzemi hőmérséklete állandó és stabilizált feszültségforrás nincs, akkor a hidat úgy kell beállítani, hogy a híd diagonális árama az állandó hőfokon nulla legyen. Például egy kályha előírt üzemi hőmérséklete 420 C°, amely 380...460 C° között ingadozik. A műszer 0...500 C°-ig van hitelesítve. Ha a hidat úgy állítjuk be, hogy diagonális árama 0 C°-on nulla, a hiba $\pm 10\%$ feszültség-ingadozás esetén 420 C°-on ± 42 C°,

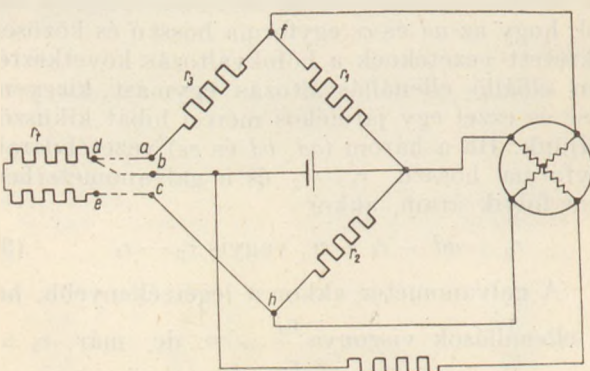
azaz a végértékre vonatkoztatva $\pm 8,1\%$, tehát megengedhetetlenül nagy. Az r_3 értékének megfelelő megválasztásával ($rt = 420\text{ C}^\circ = r_3$), a híd diagonális árama 420 C° -on nulla. Ebben az esetben $\pm 10\%$ feszültségingadozásnak 420 C° -on 0° és 380 , illetve 480 C° -on pedig ± 4 , azaz $\pm 0,8\%$ hiba felel meg, ami legtöbb esetben kielégítő.



2. ábra.

Nullázó módszerű háromvezetékes Wheatstone-híd

A 2. ábrán E csúszó-érintkező mozgatásával a galvanométer nullára állítandó, és így minden r_t ellenállás értékkel azonos r_3 értéket kapunk. Ha a galvanométer egy nullamotort vezérel, amely az E csúszó-érintkezőt mozgatja, a kapcsolás alkalmas regisztrálásra is. Az írszerkezet E csúszó-érintkezőn van elhelyezve. A 3. ábra az 1. ábra szerinti kapcsolásnál kereszttekerceses műszert alkalmaz, amely elméletileg a feszültségtől független, de a hibája a lengőtekeres hozzávetéseinek nyomtatéka miatt jó kivitelnél is $\pm 0,1 \dots 0,5\%$, ha $\pm 10\%$ a feszültségingadozás.



3. ábra.

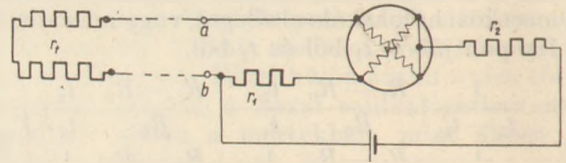
Háromvezetékes Wheatstone-híd kereszttekerceses műszerrel

Differenciál-kereszttekerceses mérőrendszer (Burger-kapcsolás)

A 4. ábrán vázolt kapcsolás a differenciál-kereszttekerceses műszer alkalmazásának egyik legyszerűbb kiviteli formája. A háromvezetékes kapcsolás alkalmazásával (5. ábra) a hozzávetés befolyása lényegesen csökkenthető. A 6. ábra a kereszttekerceses mérőrendszernek Wheatstone-híd-ban való alkalmazását mutatja.

Kivitel. Táv mérés

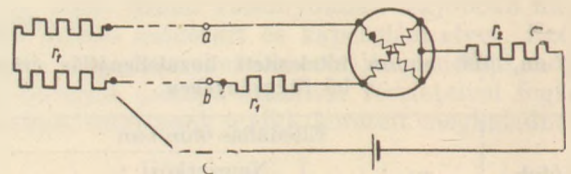
Az ellenállás-hőmérők a mérés helyének megfelelően a különböző alakban állíthatók elő. Egyszerű és házilag könnyen előállítható formája, ha $2\text{ mm } \varnothing$ -jű zsríkőbe (szteatit) 25 mm hosszban



4. ábra.

Differenciál kereszttekerceses mérőrendszer kétvezetékes kivittel

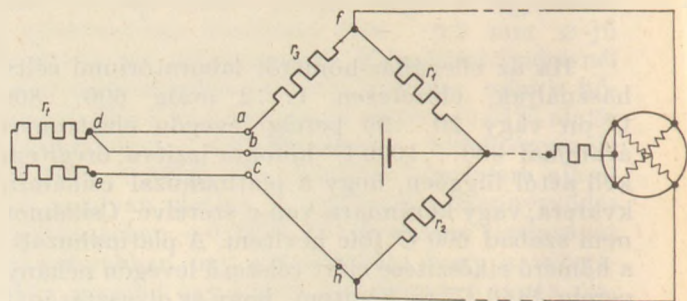
$0,2\text{ mm}$ mély, $0,3\text{ mm}$ emelkedésű bifiláris csavarmentet esztergálunk. A zsríkővet a megmunkálás után 1000 C° -on $2 \dots 4$ órán át levegőn kiizzítjuk és a már közölt módszer szerint öregített platinahuzalt óvatosan és nem túlfeszesen fel-



5. ábra.

Differenciál kereszttekerceses mérőrendszer háromvezetékes kivittel

tekerceseljük. Erős hajlítás, vagy húzás belső feszültséget idéz elő, amely idővel az ellenállás hőfoktényezőjét megváltoztatja és ezzel hibás hőfokmérésre vezet. Precíziós méréseknél a platina mérőellenállás és a csatlakozócsavar közé arany,



6. ábra.

Differenciál kereszttekerceses műszer Wheatstone-híd-ban

vagy ezüst huzalt iktatnak, amelynek ellenállásértéke a mérőellenálláshoz viszonyítva kicsiny. Üzemi kivitelnél nikkelt, vagy konstantánt, 300 C° -ig vörösrezt használnak.

A hőmérőt egyszerűen és könnyen elkészíthetjük oly módon is, hogy platinahuzalt körülbelül $2 \dots 6\text{ mm } \varnothing$ -jű kvarc-, vagy keményüvegcsőre, illetve rúdra tekerceseljük. A megtekerceselt rúdra vékonyfalú, azonos összetételű csövet viszünk, és a külső csövet a tekercesre ráolvasztjuk. A kész mérőrészt egy védőcsőbe erősítjük (lásd 3. táblázat), amely egyúttal a csatlakozót is védi.

Fontos, hogy az ellenállás-hőmérő és mérőműszer közötti vezetékeket jól szigeteljük. Ennek ellenőrzése a következőképpen történik. A kályhát üzemi hőfokra melegítjük. A hőmérő mindkét pólusánál és a műszer egy pólusánál a vezetéket megbontjuk. A lefektetett vezetékek egymás közötti és a földhöz viszonyított szigetelő-ellenállásának legalább 20 M ohm-nak kell lennie, tehát többnek, mint az erősáramú berendezésekre előírják (25). Ezért a vezetéket párhuzamosan, erenként, a mérőműhelytől a levegőben kell vezetni és csak olyan falra szabad felerősíteni, amelynek hőfoka 65 °C alatt van. Ha ez nem keresztülvihető, a fal és a vezeték közé hőszigetelő (pl. szteatit) iktatandó be. A falon az átvezetés erenként, külön porcelán, vagy más kerámiai szigetelőcsőben történjék, a porceláncsövek között 1...2 cm távolság legyen és legalább 3...4 cm-rel nyúljanak ki a falból. A komplett védőcsővel szerelt hőmérő szigetelési ellenállása üzemi méréseknél maximális üzemi hőfokon a mérési tőréstől függően legalább 0,5...1 M ohm legyen.

A hőmérőn átfolyó áram következtében előálló melegedési hiba típusoktól és terhelésektől függően változik, pl. 10 mA hőmérőáram esetén kb. 0,02...1 °C között van, mint a 7. ábrán láthatjuk.

Ha pontos mérésnél az áram okozta melegedés következtében fellépő hőhibát ki akarjuk küszöbölni, azt a következőképpen határozhatjuk meg. Megállapítjuk a hőhibát 20 °C vízben és 20 °C nyugodt levegőben. Ekkor a mérendő X anyagban a hőhiba képlete:

$$H_x = \frac{\alpha_x}{\alpha_x} (H_1 - H_v) + H_v \quad (4)$$

α_x a hőátadási tényező levegőben,

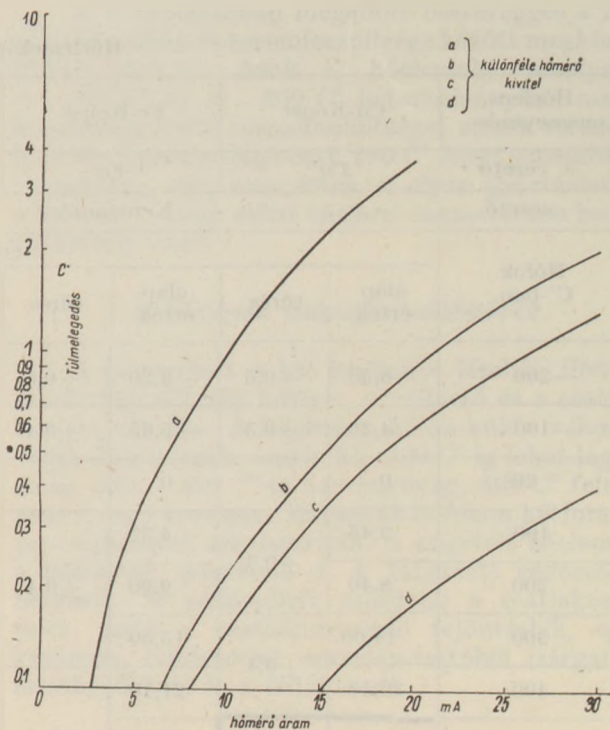
α_x a mérendő anyagban,

H_1 illetve H_v a hőhiba levegőben, illetve vízben (14).

A hőmérő és a leolvasóműszer közötti legnagyobb távolság 1,5 mm²-es vörösrézvezeték használata esetén az 1. ábra kapcsolása szerint 430 m, ami 10 ohm-nak felel meg. Az 1., 2., 3., 4., és 5. ábrán alkalmazott háromvezetékes kapcsolással 12,5 km távolság is áthidalható, ami kb. 300 ohm hozzávezető ellenállásnak felel meg. A járulékos hiba 10 ohmos vörösrézvezetékénél ± 10 °C, hőfokváltozásnál $\pm 0,02...0,25\%$. A 6. kapcsolás alkalmazásakor az áramforrás a híddal együtt a mérőhely közelében (10 ohmnál kisebb hozzávezetéssel) van elhelyezve, a műszer és a mérőhely között kb. 500 ohm hozzávezetési ellenállás engedhető meg (kb. 21 km);

Hőelemmérés

Hőelemet képezünk, ha két különféle anyagú drót végeit összekötjük úgy, hogy zárt vezetőrendszert alkossanak, és az egyik összekötés helye melegebb, mint a másik. A melegebb kötés helyén elektromos erő lép fel, amely a vezetőkörben áramot idéz elő. A melegebb kötési helyet meleg-



7. ábra.
Mérő-áram által előidézett túlmelegedés

pontnak, vagy hegesztési pontnak nevezzük. A fellépő elektromos erő (termofeszültség) és a hőfok között elméleti összefüggést eddig nem sikerült megállapítani. Az ismert összefüggések tisztán kísérleti eredményeken alapulnak (7. ábra). A hőmérés oly módon történik, hogy a hőelem hegesztési pontját, p -t (7. ábra) a mérés helyére tesztjük. A hőelemhez az A és B pontban kompenzációs vezeték csatlakozik. A C és D pont állandó hőmérsékleten van (pl. 0 vagy 50 °C). A hőelem termofeszültségét rendszerint érzékeny mV mérővel méri, melyet közvetlenül C -ban hitelesítenek. Ha a hőmérés helye távolabb esik a műszer-től, a CG és a DG vezeték 1,5 mm² vörösréz- vagy alumíniumhuzal. Méréstechnikai szempontból a vörösréz huzal előnyösebb.

A hőelem anyaga

Hőelem céljára csak azok a fémek és ötvözetek alkalmasak, amelyek hőfok- és termofeszültség-összefüggése egyértelmű, ismételhető és különböző gyártmányokkal is előírt tűréssel reprodukálható, valamint a megadott mérési határokon belül kielégítő élettartamúak. Ezeket a követelményeket leginkább a 3. táblázatban közölt, nemzetközileg bevezetett hőelemek elégítik ki.

Ezen túlmenően ismertetünk még a fenti táblázatban nem szereplő néhány különleges hőelemet is.

A vörösréz-konstantán hőelem —200...+400 °C-ig használható. A vörösréz elektrolites legyen. 99,5%-nál nagyobb réztartalommal, a konstantán összetétele 45% nikkel és 55% vörösréz. A hőelem termofeszültsége a vörösréz tisztaságától függ. Oxidáló gázok tönkreteszik.

Hőelemek termofeszültsége

Hőelem megnevezése	Cu-Konst		Fe-Konst		Ni Cr-Konst		Cromel Alumel és Ni Cr-Ni		PtRh-Pt	
+ vezető	Cu		Fe		Ni Cr		Cromel ill. NiCr		PtRh	
+ vezető	Konstantán						Alumel ill. Ni		Pt	
Hőfok C°-ban	termofeszültség mV-ban									
	alap érték	tűrés	alap érték	tűrés	alap érték	tűrés	alap érték	tűrés	alap érték	tűrés
-200	-6,50	+0,5	-9,20	+0,5						
-100	-4,20	±0,3	-5,65	±0,4						
20°	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—
100	3,45	±0,3	4,32	±0,4	4,98	±0,4	3,22	±0,3	0,54	±0,05
200	8,40		9,90		12,13		7,32		1,33	
300	14,09	±0,4	15,50	±0,5	19,70	±0,5	11,42	±0,4	2,22	±0,05
400	20,10		21,10		27,49		15,58		3,15	
500	26,60	±0,4	26,79	±0,5	35,50	±0,5	19,82	±0,5	4,12	±0,05
600	33,50	±0,8	32,61	±0,8	43,73		24,12		5,13	
700			38,67	±0,8	52,06	±0,8	28,33	±0,5	6,16	±0,05
800			45,18		60,20		32,45		7,23	
900			52,10		88,00		36,50		8,36	
1000							40,50	±0,5	9,50	
1100							44,40	±0,6	10,66	
1200							48,20		11,85	
1300							51,60		13,04	
1400							55,00		14,25	
1500									15,45	
1600									16,62	

Megjegyzés a 3. táblázathoz

1. Cromel-Alumel 1200 C° ig használható üzemszerűen. Az 1300 és 1400 C°-ra vonatkozó adatok a Cromel-Alumelre értendők.
2. 20 C° az alaphőfok, 0 C°-ra vonatkoztatva az 5. táblázat értékei megnövekednek: Cu-Konst-nál 0,8, Fe-Konst-nál 1,05, NiCrKonst-nál 1,25, NiCr-Ni, illetve Cromel-Alumel-nél 0,82 és PtRh-Pt-nél 0,11 mV-tal.
3. A vastag fekete vonal az üzemszerű használat határát jelzi.

A vas-konstantán hőelem —200...+600 C°-ig használható, oxidáló gázoktól védendő.

A nikkeltrom-konstantán hőelem 0...700 C°-ig használható. Redukáló és kéntartalmú gázoktól védeni kell.

A nikkeltrom-ötvözetek közül legismertebb a nikkeltrom-nikkel hőelem, amelyet Hoskins-elem vagy Cromel-Alumel néven ismerünk. A NiCr összetétele 89% Ni + 10% Cr + 1% Fe, a nikkeltrom 94% Ni + 2% Al + 1% Si + 2,5% Mn + 0,5% x

A hőelemeket redukáló és kéntartalmú gázoktól védeni kell. A Német Demokratikus Köztársaságban használatos és nálunk is bevezetett NiCr-Ni hőelem összetételében egy kissé eltér a Hoskins-elemtől. A NiCr összetétele 85% Ni + 12% Cr + dezoxidáló anyag. A Ni-é kb. 95% Ni + 2% Mn + dezoxidáló anyagok. Szintén érzékeny redukáló és kéntartalmú gázokra. Hőfok- és termofeszültség-értékei azonosak a Hoskins-elemével. Nikkelvas-nikkel hőelemet alkalmaznak körül-

belül 10% vastartalommal 400...1200 C°-ig. A hőelem előnye, hogy 0...100 C°-ig termofeszültsége gyakorlatilag nulla, tehát a hidegpont hőmérsékletére nem kell tekintettel lenni. Ezzel szemben nemcsak redukáló és kéntartalmú gázokra érzékeny, hanem 800 C° felett légmentesen oxidáció ellen is védeni kell.

Különösen figyelemreméltó *Kulbus és Kalinin* (19) kísérlete egy *DIP* nevű (Dognatij i Peregrnatj) hőelemmel. A nikkelt kb. 20% vassal, 20...25% vörösrézrel ötvözték és 1...2% mangánt adtak hozzá a kén okozta törékenység csökkentésére. A hidegpont változása 0...100 C° között kb. 2 C° hibát, 100...200 C° között pedig csak 6 C° hibát okoz. Egy 6 mm \varnothing -jú hőelem csőkályhában 900 C°-on, levegőn 800 óra után mindössze 4 C° hibát mutatott. 800 C°-nál a termofeszültség 20 mV.

A nemesfém-hőelemek közül a legelterjedtebb a *Le Chatelier-féle* vagy *PtRh-Pt hőelem*; 300...1500 C°-ig ritkábban, rendkívül rövid időtartamra 1600...1650 C° között használják. A PtRh-Pt (90% Pt + 10% Rh) hőelem a legmegbízhatóbb hőelemek közé tartozik. Új elemek 1000 C°-nál $\pm 0,05$ mV-ra pontosak, ami ± 5 C° hőkülönbségnek felel meg. Ha ennél nagyobb pontosság szükséges, minden elem egyénileg hitelesítendő három fix ponton, rendszerint antimon-, ezüst- és aranyponton. A *PtRh-Pt hőelemek* 1000 C° körül ± 20 mV-ra ismételtető eredményeket adnak. A hőelem céljaira felhasznált platinának vegyileg tisztának és az ellenállás hőfoktényezőnek 0...100 C° között $\alpha = 0,390$ C°-nak kell lennie. A spektrográfiailag tiszta platina hőfoktényezője $\alpha = 0,392$ C°. A hőfok t és a termofeszültség közötti összefüggést az

$$e = A + Bt + Ct^2 \quad (5)$$

egyenlet adja. Az A , B , C állandók a fix pontokon felvett értékek alapján számíthatók ki. Mivel az egyenlet A tagja t értékével nem változik, az egyenlet csak 300...1600 C° hőfokhatárok között használható. A hőelemet használat előtt öregíteni kell és ügyelni kell arra, hogy a hőelem öregítés után erősebb mechanikai igénybevételnek, vagy nagyszögű hajlításnak ne legyen kitéve.

Ritkábban használatos a *PtRh-Pt* (87% Pt + 13% Rh) hőelem, amelynek termofeszültsége nagyobb, mint a 10% PtRh hőelemé (1600 C°-nál 16,62 mV helyett 18,56 mV). Platin-platinrenium, továbbá aranypaládium-platinródium hőelemek bár magasabb termofeszültséget adnak (1400 C°-nál kb. 35 mV), az üzemi gyakorlatban nem honosodtak meg. 1600 C° felett csupán a wolfram- és molibdén-ötvözetek váltak be, de — minthogy 400 C° felett könnyen oxidálódnak — csak védőgázban használhatók. Rendszerint nyomás alatt lévő H₂ gázáramban alkalmazzák őket, amely meggyullad, amikor a védőcsövet elhagyja. 2000 C°-ig bevált egy Mo-W + 1% Fe ötvözet (13), amely 2000 C°-on 16 mV termofeszültséget ad. 2400 C°-nál használható egy W-WMo ötvözet is, 25% Mo tartalommal, amely 1500...2400 C°-ig 1,5...7,6 mV redukálható feszültséget ad (16).

A 3. táblázatban megadott összefüggés a hőelemek hőfoka és termofeszültsége között megközelítőleg lineáris. Azok a hőelemek, amelyek 0...100 C° és 0...200 C° hőtartományban megközelítőleg nulla termofeszültséget adnak és amelyek termofeszültsége csak 200 C° felett emelkedik meredeken, még nem értek el olyan gyártástechnikai fokot, hogy előírt tűréssel üzemszerűen használhassuk őket.

A hőelemek felépítése, védőcsövek

A pirométert a két különféle fémből, illetve fémötvözetből álló hőelem, a védőcső és a csatlakozófejt alkotja. A hőelemet külön-külön vékony védőcsőbe húzzák, amely kb. 300 C°-ig lehet lágyüveg, 450...550 C°-ig keményüveg, 500 C° felett kvarc, vagy kerámia. Magasabb hőfokon kétfuratú porceláncsövet alkalmazunk. A szigetelt hőelemet a hőfoknak megfelelő (l. 4. táblázat) védőcsőbe helyezik. A védőcsőhöz erősítjük a csatlakozófejt, mely a csatlakozó-védő fejtérből, egy kerámiai, rendszerint porcelán-tartóból (sárgaréz érintkezőkkel) és a fedőből áll.

A hőelem szerelése

A hőelemet úgy kell a hőtérben elhelyezni, hogy a csatlakozófejt hőfoka a 200 C°-ot ne lépje túl. Ez különösen nemesfém-hőelemnél fontos, ahol a csatlakozás kompenzációs vezetékkel történik. Az előírások szerint a kompenzációs vezeték termofeszültsége ugyanis csak 0...200 C°-ig azonos az eredeti hőelem termofeszültségével. Kompenzációs vezeték általában nikkelt-ötvözet, amely hőelemszáranként más-más ötvözetből áll. 0...200 C°-ig a pozitív kompenzációs vezeték a negatív hőelemszárral és a negatív kompenzációs vezeték a pozitív hőelemszárral összekötve ugyanazt a termofeszültséget adja, mint a hőelem. A kompenzációs vezeték a nemesfém hőelemeknél olcsóbb, a többi hőelemnél pedig kisebb fajlagos ellenállású, tehát kisebb keresztmetszettel kivitelezhető. A hőelem elektromos szerelése nem olyan kényes, mint az ellenállás-hőmérőé. A szerelés kielégítő, ha megfelel a „Biztonsági szabályzat erősáramú villamos berendezések számára“ 500 V-os hálózatra vonatkozó előírásainak. A hőelem-kályhába helyezésénél ügyelni kell arra, hogy vége a mérendő hőtérbe nyúljon. Ez a távolság nagyobb kemencéknél 150...200 mm is lehet. A mechanikai igénybevétel csökkentését függőleges elhelyezéssel érjük el.

A termofeszültség mérése

A termofeszültséget mutató mérőműszerrel vagy kompenzációs módszerrel mérhetjük (17). A mutató mérőműszerrel való mérés lényege az, hogy a műszer a termofeszültséggel előidézett i áramnak megfelelően — az $U = ir$ egyenlet szerint — kielég. A műszert közvetlenül C°-ban hitelesítik. A hőelem és a műszer áramkörének összes ellenállása

$$r = r_g + r_v + r_k + r_h = r_g + R \quad (6)$$

Védőanyagok tulajdonságai (8)

Anyag	Felső hőfokhatár C°	Véd	Reagál	Megjegyzés
Cu	500	Levegőtől Vízgőztől	O ₂ ellen Nikkelezve vagy krómozva	
Króm-molibdén acél, alacsony ötvözetű	600	Oxidáló, redukáló, erős C- és S-tar- talmú gáz ellen		
Krómacél 12...30% Cr	1000.. 1200	Oxidáló, redukáló és S-tartalmú gázoktól		
Krómnikkel acél (8% Ni, 16...18% Cr)		Oxidáló S-tartalmú gáz ellen	Redukáló S-tartalmú gázra, HCl és SO ₂ gőzre	Mo hozzáadásával ellenálló SO ₂ gőzre
Kvarc Kvarcüveg	10000 (1500)	O ₂ és CO ellen 1000°-ig, rövid ideig O ₂ ellen 1500 C°-ig	Redukáló gáz meg- támadja, alkáli, alkáli-só, vasoxid 600 C° felett meg- támadja	Gyors hőfokváltozásra érzékeny 1000 C° felett tartósan töré- kony és gáz-áteresztő, 1200 C°-nál lágyul, tehát függőlegesen kell használni
Kemény Porcelán	1200... 1300	Oxidáló és redukáló gázok ellen rövid idejű mérésekre, gáz ellen 1400 C°-ig	Alkáli és dénoxidokra	1200 C° felett függő- leges beépítés. Túl gyors hőváltozásra nem hőváltozásálló
Marquardt (30...40% Al ₂ O ₃)	Fényezve 1400, fé- nyezetlen 1600	Csak fényezetlen, gáz ellen védő, oxidáló és redukáló gázban	Alkáli és olvadt fém- oxidra	Érzékenyebb hőválto- zásra mint a kemény porcelán
Pythagoras anyag Silimanit (57/72 Al ₂ O ₃ 42/27 SiO ₂)	1600 (1650)	Gázok ellen		1580 C°-ig finom vakuumvédő, gyors hőfokváltozásra nem érzékeny
Szilíciumkarbid (Si C)	• 1200	Olvadt üveg és vas- salak ellen	Lúgos salakra, olvadt alkálira, alkálikar- bonatra, fémre, fém- oxidra és Cl-tartalmú gázra. N ₂ , H ₂ és vízgőzben nem hasz- nálható	1200 C° felett és Pt-elem- hez csak külső csőnek használható, mecha- nikai igénybevételre kényes
Elektrokorund (Al ₂ O ₃)	1700	Redukáló gáz ellen	Magas hőfoknál, sa- lakra, alkálira és fémoxidra	Gyors hőváltozásra érzé- ketlen, gázt nem ereszt át 1700 C°-ig a mechanikai igénybe- vételt állja

r_g a műszer, r_v a hozzávezetés, r_k a kompenzációs vezeték és r_h a hőelem ellenállása. Lényeges az r_g és az R ellenállás nagyságának viszonya, mert erősen befolyásolja a műszer hőhibáját. A kerámiai üzemekben az átlagos téli és nyári hőmérsékletkülönbség olyan járulékos hibát okoz, amely a megengedhető határt túllépi. A műszer hőhibája $10\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletváltozásra nem lehet nagyobb, mint a műszer osztálytűrése (23). Ha a műszer 10.5 osztályú, akkor hőtényezője $\alpha_g = 0,5\%/10\text{ }^\circ\text{C}$. A mérésnél fellépő teljes hőhiba $10\text{ }^\circ\text{C}$ hőváltozás esetén :

$$\alpha = \frac{\alpha_g \cdot r_g + \alpha_v \cdot r_v + \alpha_k \cdot r_k + \alpha_h \cdot r_h}{r_g + r_v + r_k + r_h} \quad (7)$$

$\alpha_v, \alpha_k, \alpha_h$ az ellenállásokhoz tartozó hőfoktényező $\%$ -ban, $10\text{ }^\circ\text{C}$ hőváltozásra. Az egyes anyagok jellemző értékeit az 5. táblázat adja.

5. táblázat

Hőelemek és vezetékek hőfoktényezője és fajlagos ellenállása

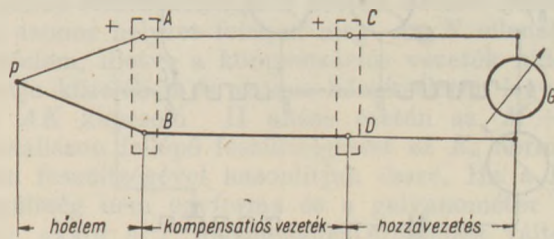
Anyag		
Cu	4,0...4,3	0,017...0,0155
Al	4,0...4,3	0,029...0,0241
Konst.	0,3	0,5
Fe	5,6	0,1
Ni	5,6...6,0	0,25...0,2
NiCr	0,25	0,8...0,7
PtRh 10% .	1,6...1,8(?)	0,2
Pt	0,39	0,107...0,098

Az érték lehetőleg ne haladja meg a műszer osztálypontosságát (23). E cél elérésére a hőfokleolvasó mV-mérőt nagy belső ellenállással készítik. A mangánin és vörösréz, illetve alumínium ellenállások arányait úgy kell megválasztani, hogy $R = 15...20$ ohm teljes külső ellenállás esetén, ha R hőfoktényezője $\alpha_R 4\%/10\text{ }^\circ\text{C}$, — a hozzávezetések és a műszer közös járulékos hőhibája az osztályhatáron belül legyen. A jó műszer áramfelvétele végkitérésnél ne legyen nagyobb, mint $0,08...0,1$ mA, amely egy PtRh-Pt hőelem leolvasóműszerénél $160...200$ ohm belső ellenállásnak felel meg. Normál üzemi viszonyok között a hőelem ellenállása kompenzációs vezetékkel és hozzávezetéssel együtt $3...20$ ohm. Ha több hőelemet átkapcsoló segítségével egy műszerrel kell ellenőrizni, kóbor áram elkerülésére előnyös, ha a hőelemeket két pólusra kapcsoljuk és a negatív pontokat nem kötjük össze. Ha egy hőelemre egyidejűleg két műszert kapcsolnak, akkor a két műszeren egyidejűleg mutatott feszültség alacsonyabb, mint egy műszernél. A két műszer bekapcsolása következtében megnövekedett áramfelvétel miatt ugyanis a hőelem és a vezeték feszültségesése nagyobb. Ez zavarja a műszerek, de különösen íróműszerek üzem alatti ellenőrzését. A hiba kiküszöbölhető a 9. ábra szerinti kapcsolással, ahol, ha a G_2 műszert k kapcsolóval bekapcsoljuk, a G_1 műszer árama nem változik meg, ha az ellenállások értékei az

$$R_1 R_4 = R_2 R_3 \quad (8)$$

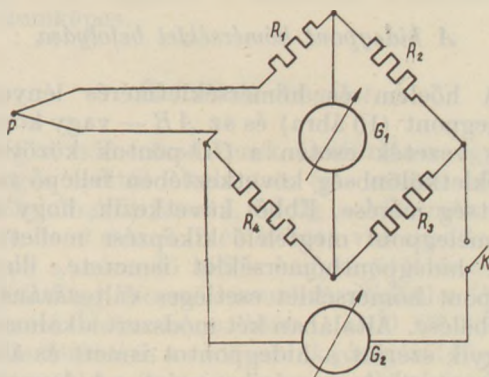
egyenletet kielégítik.

Ha az üzemi viszonyok pontos mérést kívánnak, vagy a hozzávezetés ellenállásának befolyását akarjuk kiküszöbölni (pl. nagy távolság van a hőelem és műszer között), akkor a termofeszültséget kompenzációs módszerrel mérjük. A kompenzációs módszer elvét a 10. ábra mutatja. Az Ak akkumulátor kapcsán T finom beállítású szabályozó tollellenállás, D precíziós dekadellenállás, N normál ellenállás és I árammérő van sorba



8. ábra.

Hőelem elvi elrendezése.



9. ábra.

Műszer befolyásmentes hozzákapcsolása

kötve. Az áramot T ellenállással úgy szabályozzuk az I műszer segítségével, hogy N ellenálláson a feszültségesés a Weston normálem feszültségével, $E_n = 1,01865$ (absz. Volt $20\text{ }^\circ\text{C}$ -on) megközelítőleg azonos legyen. Ha a normálem feszültsége $A'B$ pontnál E_n és az N normál ellenálláson i áram U feszültségesést idéz elő, akkor a K_1 kapcsoló zárásával az $A'B$ és az i áram irányának helyes megválasztásával AB feszültséget egymással szembe kötjük. Ha a G_n műszer ellenállása R_n , akkor a műszeren $i_n = \frac{E_n - U}{R_n}$ áram folyik,

ahol a normálem terhelési határára való tekintettel a galvanométer legnagyobb árama $i_n = 5 \cdot 10^{-5}$ A. A T ellenállás finom utánállításával a G_n galvanométert nullára húzzuk ($i_n = 0$), tehát $U = E_n$. Így $\pm 0,02\%$ -os pontossággal lehet az áramkörben i áramot biztosítani. A C csúszóérintkező helyét D ellenálláson állandó i áram mellett addig változtatjuk, amíg a G galvanométer nullát nem mutat. Ebben az esetben a BC ellenálláson fellépő feszültségesés azonos a szembe kötött termofeszültséggel. A termofeszültségmérés pontossága $\pm 0,04\%$. Gyakorlati kiviteleknel a D ellenálláson a termofeszültség közvetlenül le-

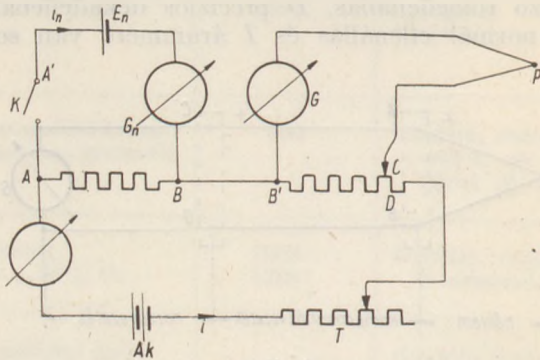
6. táblázat

Hidegpont-helyesbítő tényező (6)

PtRh-Pt		Cu-Konst	
C°	K	C°	K
265...450	0,6...0,65	0...50	1,0
450...650	0,55...0,6	50...80	0,95
650...1000	0,5...0,55	80...110	0,90
1000...1500	0,45...0,5	110...150	0,85
		150...200	0,80
		200...270	0,75
		270...350	0,70

Fe-Konst		Ni Cr-Ni	
C°	K	C°	K
0...100	1,0	0...800	1,00
100...600	0,95	800...1100	1,05
600...1000	0,85		

olvasható, s átkapcsoló segítségével G_n és G galvanométerek helyett csak egy galvanométer van (17,22). Üzemi kivitelnél, ahol megelégednek $\pm 0,3\%$ pontossággal, az E_n normálemet és az N ellenállást elhagyják és az áramot egy 0,2 osztályú műszer segítségével állítják be.



Termofeszültség kompenzálása.
10. ábra.

A hidegpont hőmérséklet befolyása

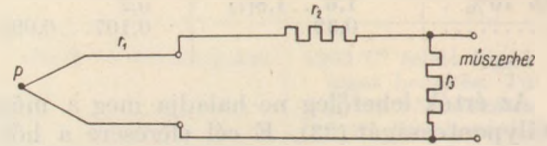
A hőelem és hőmérsékletmérés lényege a P melegpont (10 ábra) és az AB — vagy kompenzációs vezeték esetén a CD -pontok közötti hőmérsékletkülönbség következtében fellépő termofeszültség mérése. Ebből következik, hogy a hőelem-melegpont megfelelő kiképzése mellett fontos a hidegpont hőmérséklet ismerete, illetve a hidegpont hőmérséklet esetleges változásának kiküszöbölése. Általában két módszert alkalmaznak. Az egyik szerint a hidegpontot ismert és állandó hőfokon tartjuk, a másik szerint a hidegpontnak valamely (rendszerint 20 vagy 25 C°) hőfokot állítunk be és az eltérést e hőfoktól kézzel, vagy automatikusan kiegyenlítjük. Az első módszer ismeretebb, míg a másikat főképpen kompenzációs méréseknél alkalmazzák. Az első esetben a hőelem AB , illetve CD végeit (8. ábra) a mérés helyéhez közel fekvő termosztátba vezetik és ott a hőelem hidegpontját állandóan a környezet hőmérsékleténél magasabb hőfokon tartják (pl. 50 C°). Szokás még a hőelem végeit szigetelten egy gázcsőbe vezetni és azt 1,5...2 m mélyen a földbe ásni, mert ott már egész évben egyenletes hőmérséklet uralkodik. Természetesen vigyázni kell arra, hogy a hőelem hidegpontját ne gőz-, vagy hasonló vezeték közelében ássák le. Pontosabb mérésnél desztillált vízből készített és desztillált vízbe kevert apróra tört jégbe mártják a hidegpontot, amelynek hőfoka $0\text{ C}^\circ \pm 0,01\text{ C}^\circ$. Mutatós műszernél, ha a hidegpont a műszerre van kötve, mérés előtt a műszer mutatóját a korrekációs csavarral a környezeti hőfokra be lehet állítani. Ez az utánállítás bimetallal automatikusan is megoldható. Ha a műszert t_0 fokon hitelesítették, de a hidegpont hőfoka t_h , akkor a műszeren leolvasott értékhez

$$t = K t_h - t_0 \tag{9}$$

értéket kell hozzáadni, ahol $K = 0,3 \dots 1,5$ hidegpont-helyesbítési tényező, amelynek értéke a hő-

elem és a használati hőfok szerint változik (l. 6. táblázat). Platina hőelemnél általában a $K = 0,5$ a többi elemnél $K = 0,9 \dots 1$.

A hidegpont automatikus kompenzálásának egyszerű módszere a sönt és a soros ellenállás alkalmazása (11. ábra). A teljes kompenzáció egy



11. ábra.
Hidegpont hőfok-kompenzáló kapcsolás.

mérési hőfokra és két különféle hidegpont-hőmérsékletre alkalmazható. Az r_3 sönt nagy hőfok tényezőjű ellenállás, rendszerint karbonilnikkel, r_2 nulla hőfoktényezőjű ellenállás (manganin). Az r_2 ellenállás a hőelem ellenállásához, r_1 -hez viszonyítva nagy és ezáltal r_1 hőfoktényezője elhanyagolható. A kompenzáció feltétel egyenlete

$$\frac{r_3}{r_2} = \frac{\alpha (t_m - t_0) - 1}{1 + \alpha t_0} \tag{10}$$

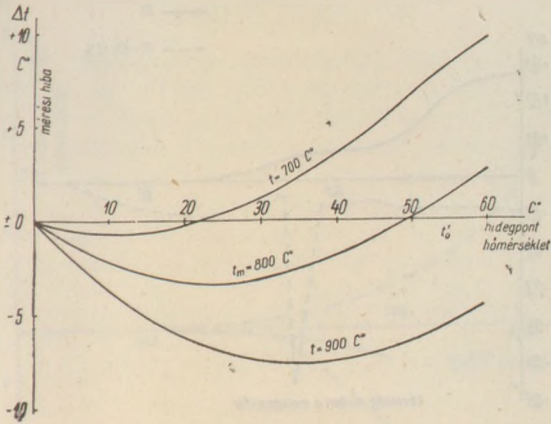
r_3 az ellenállás értéke 0 C° -nál,
 α az r_3 ellenállás hőfoktényezője,
 t_m a mérési hőfok, amelynél a hőfokhibát kiküszöböljük,

t_0 az a hidegpont-hőmérséklet, amelyen a kapcsolás 0 C° -on kívül a hőfokhibát teljesen kiegyenlíti. A bármely más t mérési és t'_0 hidegpont-hőfokon fellépő hiba:

$$\Delta t = t'_0 \frac{t_m - Kt}{t_m - Kt'_0} \tag{11}$$

$$K = \frac{1 + \alpha t_0}{1 + \alpha t'_0}$$

A 12. ábra egy vas-konstantan hőelem hidegpont-kompenzáció hibagörbéjét mutatja, amelyet



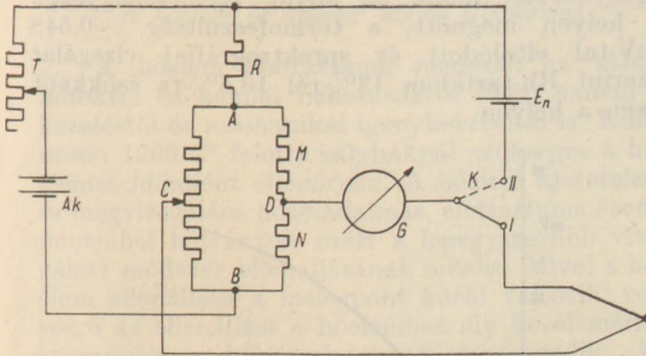
12. ábra.

Kompenzált hidegpont kapcsolás hibagörbéje

800 C° mérési hőfokra, valamint 0 C° és 50 C° hidegpontra kompenzáltak.

A kapcsolás hátránya, hogy érzékeny műszert igényel, mert az előtét-sönt kombináció erőfeszítésesést okoz. A kapcsolást főleg sugárzási pirométereknél használják.

A hidegpont-hőfokváltozás hőfok-kompenzációjának automatikus alkalmazását egy regisztráló kompenzátor mV-mérőnél a 13. ábra elvi kapcsolásban mutatja.



13. ábra.

Automatikus hidegpont kompenzáls

Az A akkumulátor kapcsán *T* toló- és *R* fix-ellenállással az *ACB* potencióméter sorba van kötve, amelynek söntje az *ADB* ellenállás. Az *ADB* sönt *AD* pontjai között lévő *M* ellenállás maganinból készül, hőfoktényezője $\alpha_m = 0$, *A DB* pontok közötti *N* ellenállás nikkelből készül, hőfoktényezője $\alpha_n = 0,6\%/1\text{ C}^\circ$. A *BC* pontok között U_1 és a *BD* pontok között U feszültség lép fel. Az ellenállások úgy vannak megválasztva, hogy előírt *i* áram esetén a *CD* ponton fellépő $U = U_1 - U_1$ feszültség a *K* kapcsoló *I* ellenállásban a *G* galvanométeren keresztül a hőelem termofeszültségével kiegyenlíthető. A *C* csúszó-érintkezőt addig mozgatjuk, amíg a galvanométer áramtól mentes és a *CD* ponton fellépő U feszültség a termofeszültséggel azonos. Az *N* és *M* ellenállás értékét úgy állapítjuk meg, hogy 20 C° környezeti hőmérsékletnél, a *C* csúszó-érintkező C°-ban kalibrált állásánál, a *CD* pontok között fellépő U feszültség a hitelesített hőfoknak

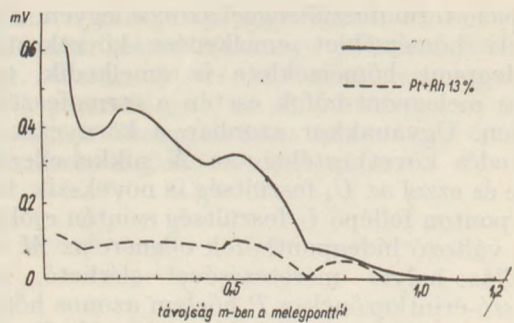
megfelelő termofeszültséggel azonos legyen. A környezeti hőmérséklet emelkedése következtében a hidegpont hőmérséklete is emelkedik, tehát azonos melegpont-hőfok esetén a termofeszültség csökken. Ugyanakkor azonban a környezeti hő-emelkedés következtében az *N* nikkel-ellenállás értéke és ezzel az U_z feszültség is növekszik, tehát a *CD* ponton fellépő U feszültség szintén csökken. Így a változó hidegponthőfok ellenére az *M* és *N* ellenállás helyes méretezésével elérhető, hogy *C* csúszó-érintkezőnek a *P* hőelem azonos hőfokánál azonos helyzet feleljen meg. Az *N* ellenállás a hőelem, illetve a kompenzációs vezeték hidegpontja közelében és azonos hőmérsékleten legyen. Az *AK* kapcsoló *II* állása esetén az *M + R* ellenálláson fellépő feszültségeseést az E_n normálem feszültségével hasonlítjuk össze. Ha a két feszültség nem egyforma és a galvanométer kileng, akkor a *T* tolóellenállás értékének változtatásával a *DE* feszültséget úgy állítjuk be, hogy E_n feszültséggel azonos legyen. Ebben az esetben az előírt *i* áram folyik az ellenálláson keresztül. Ezután a *K* kapcsoló *I* állásában a berendezés már üzemképes.

Élettartam-vizsgálat

Míg a hőmérőműszerek élettartama egy-két különleges esettől eltekintve (pl. magas hőfokú folyadék-hőmérő) hosszú, addig a hőelemek élettartama 1—2 óra és 2 év között váltakozik, ami főképpen a mérendő hőfok nagyságától és a környezettől függ. Normál üzemben például a PtRh-Pt hőmérő élettartama 1400...1500 C° között, az atmoszférától és a védőcsövek jószágától függően 1—3 hónap. Az élettartamra vonatkozó irodalmi adatok erősen „szórnak“, mert a vizsgálati feltételek is különböznek és sok esetben a mérések sem voltak elég pontosak. Az üzemvezetőt nemcsak az érdekli, hogy mennyi ideig használható a hőelem, hanem az is, hogy a használati idő alatt milyen változásokat szenved, és hogyan lehet neki a leghosszabb élettartamot biztosítani. Az egyseges kép miatt csak elektromos csókályhában, levegőn vizsgált hőelemek élettartam-adatait közöljük. (9)

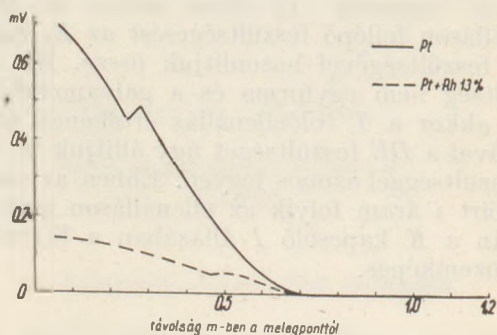
A kísérletek azt mutatták, hogy a hőelem élettartama szempontjából fontos minél kevesebb mozgatása, vagyis a fixen beépített hőelemek élettartama hosszabb (9). A vizsgált PtRh-Pt (13% Rh-tartalommal) hőelemek 1200 mm hosszúak voltak. Egy kísérlet a következőképpen folyt le: 1290 C°-nál a hőelemet hatvannégyszer behelyezték, mérték, majd kivették a kályhából és utána megvizsgálták az anyag homogenitását oly módon, hogy egy normál platinával összehasonlítva megmérték a hőelem hosszán 100 mm-enként a kezdeti állapothoz viszonyított termofeszültség-különbséget. A 14., 15. és 16. ábra mutatja a védőcső helyes alkalmazásának fontosságát.

Mindhárom hőelem külső védőcsövének 9 mm volt a külső és 6 mm a belső átmérője. A kettős furatú belső védőcsövek furata 0,85 mm volt,



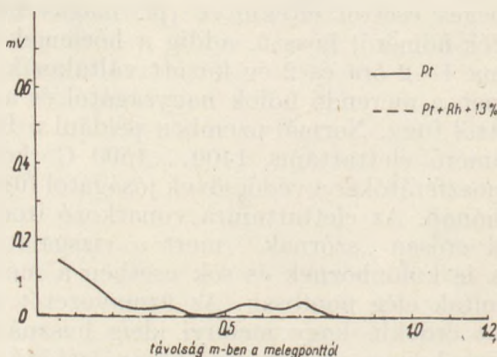
14. ábra.

1. sz. hőelem tartamvizsgálat eredménye



15. ábra.

2. sz. hőelem tartamvizsgálat eredménye



16. ábra.

3. sz. hőelem tartamvizsgálat eredménye

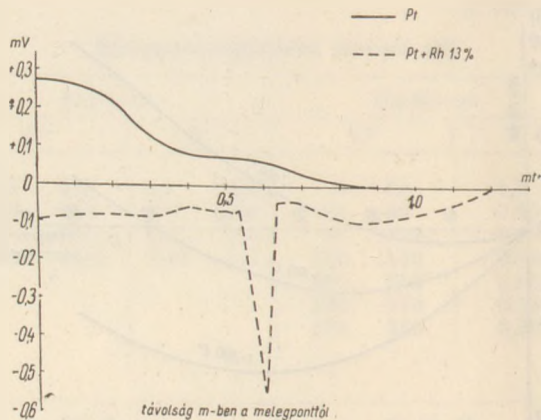
hosszméretük és külső átmérőjük kísérletenként változott. A 14. ábra az 1. sz., a 15. ábra a 2. sz., és a 16. ábra a 3. sz. hőelem mérési eredményeit ábrázolja. A kiértékelést a 7. táblázat mutatja.

7. táblázat

Élettartampróba különböző védőcsövel

Szám	Hőelem Ábra	Belső védőcső		Tönkrement hőelemhossz	
		Külső \varnothing mm	Hossz mm	mm	%
1	7,7	3	100	680	56,5
2	7,8	3	300	500	41,6
3	7,9	5	1200	120	10,0

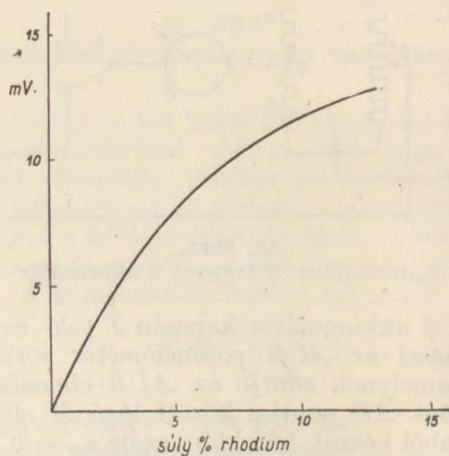
Feltűnő, hogy a melegpont közelében, a belső csövek érintkezésénél a platina termofeszültsége a nagyobb szennyeződés következtében pozitív irányba tolódott el.



17. ábra.

4. sz. hőelem tartamvizsgálat eredménye

A 17. ábra mutatja a 4. sz. hőelem elektromosan 1290 C°-ra fűtött csőkályhában 118 napig vizsgált termofeszültségének mérési eredményeit. A hőelem 1350 C°-on 31 C°-kal mutatott kevesebbet a tényleges hőfoknál. A platina az elszennyeződés következtében 0,27 mV-tal tolódott el a pozitív felé (max. túrés 0,05 mV), míg a PtRh-szár a Rh-tartalom csökkenése következtében a negatív feszültség felé tolódott el. A hőelem szét-szedésénél a PtRh szárban 600 mm-re a melegponttól egy kis hurkot találtak. A mechanikai igénybevétel miatt az anyag szemcsenagysága e helyen megnőtt, a termofeszültség -0,548 mV-tal eltolódott és sprektrográfiai vizsgálat szerint Rh-tartalom 13%-ról 10,5%-ra csökkent ezen a helyen.

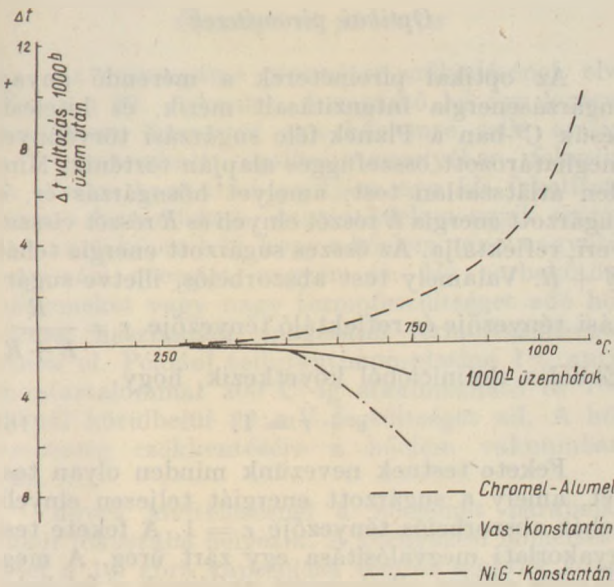


18. ábra.

Termofeszültség az Rh tartalom függvényében

A 18. ábra mutatja a PtRh-Pt hőelem termofeszültsége és Rh-tartalma közötti összefüggést 1200 C° hőfokon (13).

A nem nemesfém hőelemek sorozatos élettartam-vizsgálatának eredményeit a 19. ábra mutatja. A vizsgálat oly módon történt, hogy a hőelemek termofeszültségét száranként külön-külön összehasonlították egy normál platinaszárral. Utána elektromosan fűtött csőkályhában levegőn 530...1080 C° között különböző hőfokokon az egyes hőelemeket azonos hőfokon 1000 órán át élettartam-vizsgálatnak vetették alá.



19. ábra.

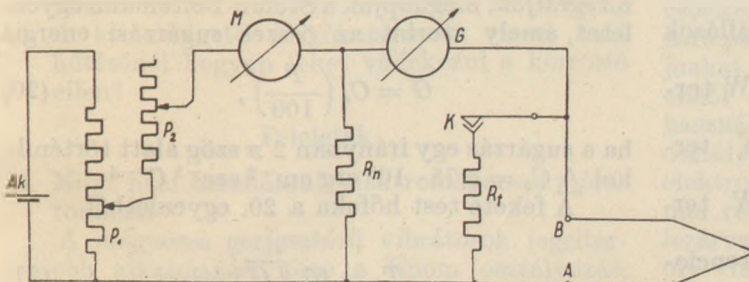
Hőelem mérési hiba 1000 óra tartamvizsgálat után

Az élettartampróba után a termofeszültséget újból összehasonlították a normál platinával. A vizsgálat előtti és utáni méréseredmény különbségét C°-ban, a hőfok függvényében a 19. ábra mutatja.

A hőelem és műszer üzemi ellenőrzése

A hőelem élettartama nemcsak az üzemi hőfoktól és kémiai behatásoktól függ, hanem a kezeléstől és mechanikai igénybevételtől is. Különösen 1200 C° feletti kályhánál szükséges a hőelemet időnként ellenőrizni. A hőelem kiszerelese és megvizsgálása hosszadalmas, élettartama szempontjából hátrányos, ezért a legegyszerűbb vizsgálati módszer ellenállásának mérése. Mivel a hőelem ellenállása a melegepont körül változik, célszerű az ellenállást a hőelemhez oly közel mérni, amennyire a helyi viszonyok megengedik. Az ellenállás bármely ellenállásmérő hiddal mérhető, de a gyakorlatban olyan ellenőrző műszer vált be, amely a hőelem feszültségét és ellenállását egyidejűleg méri.

A hőelem ellenállását mérhetjük és feszültségét kompenzálhatjuk a gyakorlatban bevált kis technikai kompenzátorral, amelynek kapcsolását a 20. ábra mutatja. Az *M* precíziós mA-mérő mV-értékre van hitelesítve. A hőelem a kompenzátorhoz az *AB* pontokon csatlakozik. Nyitott *K* kapcsolóállásban addig változtatjuk a *P*₁ durva és a *P*₂ finom beállítású potenco-

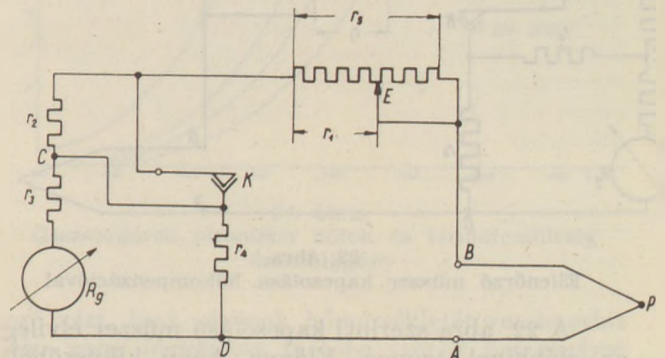


20. ábra.

Termofeszültségkompenzátor és hőelemellenállás-mérő

méterrel az *R_n* normál ellenálláson átfolyó áramot, amíg a feszültségés az *R_n* ellenálláson, mely a hőelemével szemben van kötve, azonos a hőelem *e* feszültségével, tehát a *G* galvanométeren nulla áram folyik. A feszültség értéke *e* az *M* műszeren leolvasható. A *K* kapcsolót lenyomva a hőelemet *R_t* ellenállással terheljük. A hőelem *R* ellenállásán feszültségés lép fel, tehát a hőelem *AB* pontjain alacsonyabb *e*₁ feszültséget kapunk. Ezt az *e*₁ feszültséget *M* műszeren leolvashatjuk, ha a *P*₁ és a *P*₂ potenciométerrel az áramot addig szabályozzuk, amíg a *G* galvanométer újból áramtól mentes. A hőelem ellenállását a következő képletből kapjuk meg:

$$R_t = R_n \left(\frac{e}{e_1} - 1 \right) \tag{12}$$



21. ábra.

Ellenőrző műszer kapcsolása

A 21. ábrán megadott kapcsolású műszer a hőelem feszültségét az ellenállás nagyságától függetlenül méri, ha az 20 ohm-nál nem nagyobb. Az „*AB*” pontokra bekötjük a hőelemet. *E* csúszó-érintkező *r*₅ potenciométeren úgy van beállítva,

$$\text{hogy } r_1 = \frac{r_2}{2}$$

A mérés menete:

1. A műszer kilengését leolvassuk,
2. a *K* kapcsolót lenyomva, a csúszó-érintkezőt addig mozgatjuk, amíg a műszer az „1” mérési értékre beáll,
3. szükség esetén a 1. és 2. ismétlése.

A mérés elve a következő:

A „*K*” rúgós kapcsoló nyitott állása esetén a *CD* pontokon a feszültség

$$U = \frac{U_t (r_3 + r_4)}{R + r_1 + r_2 + r_3 + r_4} \tag{13}$$

U_t a hőelem termofeszültsége,
R a hőelem ismeretlen ellenállása az *AB* pontokon.

Ha a műszer a kapcsoló lenyomásakor ugyanarra a skálaértékre leng ki, akkor a CD pontokon a feszültség

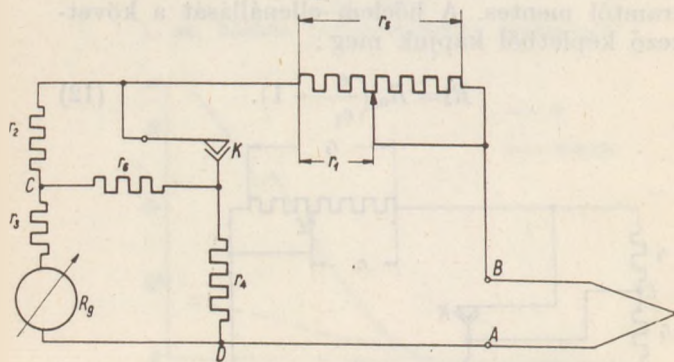
$$U = \frac{U_i (r_3 + r_g) r_4}{(R + r_1) (r_3 + r_g + r_4) + (r_3 + r_g) r_4} \quad (14)$$

A 13. és 14. egyenletből

$$R + r_1 = \frac{r_2 r_4}{r_3 + r_g} = r_5 \quad (15)$$

„ r_1 ” értéke könnyen beállítható, ha

$$\frac{r_3 + r_g}{r_4} = n > 5.$$

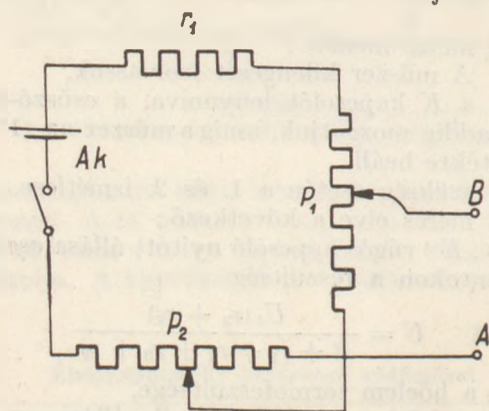


22. ábra.

Ellenőrző műszer kapcsolása hőkompenzációval

A 22. ábra szerinti kapcsolású műszer elvileg az előbbivel azonos. Előnye, hogy kiküszöböli a mérésből a K kapcsoló átmeneti ellenállását, és a műszer csillapítása könnyebben beállítható (26). Ha az r_6 ellenállás rézből, az r_2, r_3 és r_4 mangánból készül, a műszer a környezeti hőmérsékletre is hőkompenzálható.

A 22. és 23. kapcsolású műszerekkel a hőelem feszültsége mellett a leolvasó- és íróműszereket is ellenőrizhetjük, ha a 23. ábra kapcsolása szerinti hordozható áramforrást állítjuk össze.



23. ábra.

Hordozható áramforrás műszerellenőrzésre

Ak 1,5 V-os zseblámpaelem, az ellenállások értéke:

$r = 130 \dots 150$ ohm huzallellomás 1 W terhelésre,

$P_1 = 6$ ohm körpotenciometer 6 W terhelésre,

$P_2 = 15$ ohm körpotenciometer 6 W terhelésre,

$P_1 =$ dúrva és P_2 finom beállító potenciometer.

Optikai pirométerek

Az optikai pirométerek a mérendő anyag sugárzásenergia intenzitásait mérik, és hitelesítésük C° -ban a Planck-féle sugárzási törvénnyel meghatározott összefüggés alapján történik. Minden átlátszatlan test, amelyet hőszugárzás ér, a sugárzott energia E részét elnyeli és R részét visszaveri, reflektálja. Az összes sugárzott energia tehát $E + R$. Valamely test abszorpciós, illetve sugárzási tényezője és reflektáló tényezője $r = \frac{R}{E + R}$.

Ebből a definícióból következik, hogy

$$\varepsilon + r = 1. \quad (16)$$

Fekete testnek nevezünk minden olyan testet, amely a sugárzott energiát teljesen elnyeli, tehát abszorpciós tényezője $\varepsilon = 1$. A fekete test gyakorlati megvalósítása egy zárt üreg. A megfigyelés céljára alkalmazott nyílásnak a fal belső felületéhez képest elenyészően kicsinek kell lennie. A gyakorlati szempontból előnyös, hogy a legtöbb anyag (mint például egy kályha belső fala stb.) a tiszta fémfelületektől eltekintve megközelítőleg fekete testként sugároz. A Planck-féle sugárzási törvény szerint adott λ hullámközre F fekete test sugárzási energia és a T_s hőfok között az összefüggés

$$E \quad (17)$$

$$C_1 = 2hc^2 = 5,88 \cdot 10^{-6} \text{ erg cm}^2 \text{ sec}^{-1},$$

$$C_2 = \frac{c \cdot h}{k} \text{ nemzetközileg elfogadott értéke}$$

$$C_2 = 1,438 \text{ cm C}^\circ (\lambda \text{ cm-ben}),$$

h a Planck-féle hatáskvantum,

c a fénysebesség,

k a Boltzmann-féle állandó,

λ a hullámhossz.

Ha valamely nem fekete test intenzitását mérjük, amelynek sugárzási tényezője λ hullámhossznál ε_λ annak sugárzási energiája:

$$E'_\lambda = \varepsilon_\lambda E_\lambda$$

A 17. egyenletből, mivel a gyakorlati alkalmazás területein

az l értékét elhagyva és logaritmust képezve megkapjuk a c_2 számszerű értékét. Ha ezt behelyettesítjük, akkor

$$\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s} = \frac{\lambda \log \varepsilon_\lambda}{6232} \quad (19)$$

T a valódi és T_s a pirométerrel mért fekete test hőmérséklet. Ha a 17. egyenletet 0 és ∞ között integráljuk, megkapjuk a Stefan-Boltzmann egyenletet, amely szerint az összes sugárzási energia

$$G = C_s \left(\frac{T}{100} \right)^4, \quad (20)$$

ha a sugárzás egy irányban 2π szög alatt történik, hol $\Delta C_s = 5,75 \cdot 10^8 \text{ erg cm}^{-2} \text{ sec}^{-1} \text{ C}^\circ^{-4}$

A fekete test hőfoka a 20. egyenletből

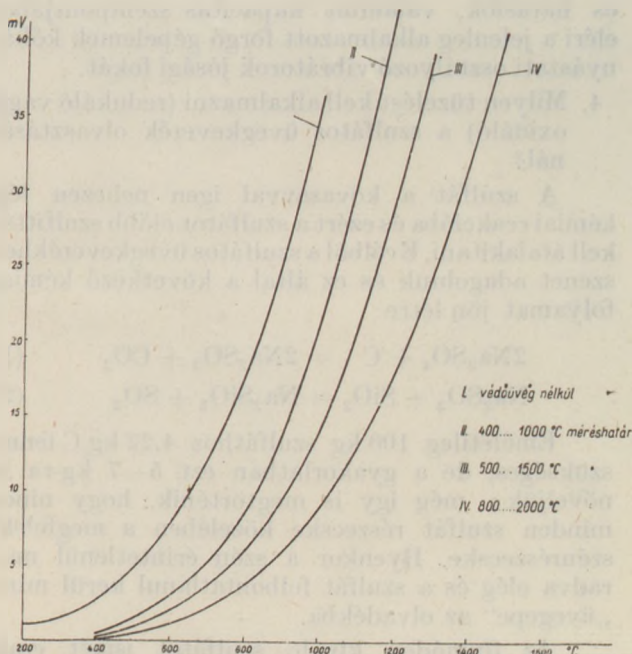
$$T_s = 67 \sqrt[4]{G}. \quad (21)$$

Össz sugárzó pirométer

Az össz sugárzó pirométer működésének elvi alapja a 21. egyenlet. A sugárzó hő egy lencserendszeren keresztül egy hőelemre esik, amely a lencserendszer optikai tengelyében fekszik. A hőelem hegesztési pontjára egy kis feketített lemezt forrasztanak, vagy a hőelem egyik szárát lemeznek képezik ki, hogy a hőelem minél nagyobb sugárzási energiát vegyen át. Ha sorbakötött hőelemeket vagy nagy termofeszültséget adó hőelemet használnak, magasabb termofeszültséget érnek el. Például tellurantimon-platina 1% anti-montartalommal 300 C°-ig alkalmazható és 100 C°-nál körülbelül 22 mV feszültséget ad. A hővesztés csökkentésére a hőelem vákuumban van.

Egyes kivitelezésnél a hőelemet parabola-tükör fókuszába helyezik. A környezeti hőmérsékletet a 10. ábra kapcsolása szerint szokták kompenzálni.

A 24. ábra mutatja az összefüggést a hőfok és az össz sugárzó pirométer hőelemeinek feszültsége között különböző szűrők alkalmazása esetén. Minthogy a lencserendszer a sugárzás egy részét a hullámhossztól függően elnyeli, a pirométereket empirikusan hitelesítik. A mérendő test beállításánál vigyázni kell arra, hogy a sugárzóenergia a teljes hőelemet érje, ami akkor sikerült, ha a hőelem képe körül a látómező egyenletesen fényes. A hőelem képe a legtöbb kivitelnél kerek vagy keresztalakú. Össz sugárzó pirométer nemcsak leolvasó, de regisztráló műszerrel is használható. Állandó regisztrálás esetén a kályhába egy kerámiai észlelőcsövet építünk, amely 150...200 mm-nyire nyúlik be a kályha terébe. Az észlelő-



24. ábra.
Össz sugárzó pirométer hőfok és termofeszültség összefüggése

cső zárt, izzó végének hőmérsékletét rendszerint víz- vagy léghűtéses tartóba szerelt össz sugárzó pirométerrel mérik. Mérési pontossága 1400 C°-nál ± 15 C° és 2000 C°-nál ± 25 C°, ahol ± 5 C° hitelesítési bizonytalanságot vettek figyelembe. Az össz sugárzó pirométer hátránya, hogy a mérés csak nagyobb izzó felületen végezhető kifogástalanul.

(Folytatjuk)

Kérdés — Felelet

Kérdések

11. Mennyi az üveget alkotó oxidok izzítási vesztesége a közönséges üvegek olvasztási hőfokán és miképp korrigálhatjuk a veszteségeket a keverék számításánál?
12. Mi az oka annak, hogy némely agyag (Karcag, Miskolc) felhasználásával készült durvakeramiai áruk szárításánál, a szárítás utolsó időszakában is előfordulhatnak száradási repedések?
13. Csigatranszporthörök alkalmasak-e szénszállításra?
14. A klinkerégető forgókemencék vízzel való hűtésénél hogyan lehet védekezni a korrózió ellen?

Feleletek

3. Miért nem használunk elektromágneses vibrátorokat?

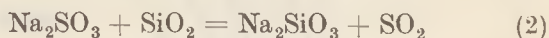
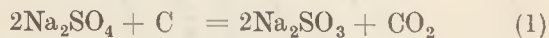
A mágneses gerjesztésű vibrátorok legelterjedtebb alkalmazási köre a finom osztályozás,

mert az elérendő magas frekvenciához kis amplitudójú vibráció tartozik. Majdnem minden típusnak van különleges gerjesztő, vagy átalakító berendezése, melynek feladata, hogy a rendelkezésre álló ipari áramot a vibrátor igényeinek megfelelően átalakítsa. Ez megdrágítja a berendezést. Legkedvezőbbben osztályoznak ezek a vibrátorok abban az esetben, ha az osztályozandó anyagrészek 12 mm szemnagyságnál kisebbek és az adagolásnál sincs 25 mm-nél nagyobb méretű anyag rész. A beadagoltban lévő legkedvezőbb anyag rész méret az amplitudó csökkentésével szintén csökken. Kapacitás és hatásfok szempontjából a zárt pályájú vibrátorok felülmúlják a nyílt pályájukat. A kőbányaszatban Magyarországon éppen ebből az okból csak zárt pályájú vibrátorokat használnak a kőanyag szemnagyság szerinti szétosztályozására. A zárt pályájú vibrátorok, az elektromágneses gerjesztésűek is, forgó gépelemmel rendelkeznek. Ezzel azonban a kérdés nincs lezárva. Az út nyitva áll az újítók előtt. Építsenek oly vibrátor típust, amelyen nincs forgó gépelem

és hatások, valamint kapacitás szempontjából eléri a jelenleg alkalmazott forgó gépelemek kőbányászati osztályozó vibrátorok jóságát.

4. Milyen tüzelést kell alkalmazni (redukáló vagy oxidáló) a szulfátos üvegkeverék olvasztásánál?

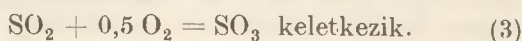
A szulfát a kovasavval igen nehezen lép kémiai reakcióba és ezért a szulfátot előbb szulfittá kell átalakítani. E célból a szulfátos üvegkeverékhez szenet adagolunk és ez által a következő kémiai folyamat jön létre



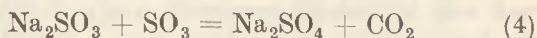
Eméleltleg 100 kg szulfáthoz 4,22 kg C lenne szükséges, de a gyakorlatban ezt 5—7 kg-ra is növeljük; még így is megtörténik, hogy nincs minden szulfát részecske közelében a megfelelő szénrészecske. Ilyenkor a szén érintetlenül maradva elég és a szulfát felbontatlanul kerül mint „üvegepe“ az olvadékba.

Az ilymódon kiváló szulfátot ismét csak azáltal tudjuk az üveg olvadékba átvinni, ha előbb szén közbenjöttével szulfit-tá alakítjuk át. A szén hozzájuttatását ilyenkor úgy végezzük el, hogy az üveg olvadékra szenet, fűrészpport, nedves fát dobunk, vagy pedig erősen redukáló lánggal „leégetjük“. Az ilyen utólagos „leégetés“ elkerülését biztonság okából az olvasztást már eleve redukáló lánggal végezzük.

Az üvegepe a kemencében nemcsak az olvasztási folyamat alatt válhat ki, hanem ennek keletkezése később is bekövetkezik a kemence olyan részein, hol a hőmérséklet 1250 C° alatt van. A keletkezés feltétele az SO₂ és O₂ jelenléte, amikor



Teljesen mindegy, hogy az SO₂ a szulfát elbontási termékeként maradt vissza a 2. egyenlet alapján, avagy a generátorgáz kéntartalma folytán került a kemence atmoszférába. Ez utóbbi esetben tiszta szóda olvasztásnál is keletkezhetik szulfát.



Ezzel magyarázható az üvegepe sokszor megfigyelt időszakos képződése is. A fenti folyamat csak oxidáló tüzelés esetén lép fel, amikor a kemence légkörében oxigén van jelen, tehát a változó és időszakosan egyenlőtlen kéményhuzat által is előállhat.

Ezek alapján tehát redukáló lánggal kell végeznünk az üvegolvasztást, ha szulfátos keverékkel dolgozunk, de még tiszta szóda olvasztásnál is jó redukáló lángot használni, ha a generátorgáz kéntartalmú.

5. Hol és hogyan kell alkalmazni az üvegkemencék hősugárzását csökkentő szigeteléseket és melyek azok előnyei?

Ismeretes, hogy az üvegolvasztó kemencék igen rossz hatásokkal dolgoznak, (12—16%) és a kemencék hőegyenlegében a falazatokon keresztül eltávozó hő az egész felhasznált hőmennyiségnek 40—50%-át teszi ki.

A hőgazdálkodás szempontjából tehát előnyös a kemencék szigetelése. De a szigetelést a kemencének csak azokon a részein hajthatjuk végre, ahol a falazatnak a szigetelés után beállott hőmérséklete a kemence statikai szilárdságát nem veszélyezteti és nem befolyásolja károsan az üveg minőségét. Ha a kemence építésénél felhasznált tűzállóanyag olyan minőségű, amelynek lágyulási hőmérséklete a szigetelés után beálló hőmérséklet felett van, akkor a szigetelést a kemence állagának veszélyeztetése nélkül végre hajthatjuk.

Tehát ismerve a kemence kérdéses részében uralkodó hőmérsékleteket és ismerve a beépített anyag tűzállóságát (lágyulási hőmérsékletét) ki kell számítani a falazatnak a rendelkezésünkre álló szigetelőanyag alkalmazása esetén beálló hőemelkedését és ettől függően alkalmazhatjuk azután a szigetelést.

Az üvegiparban általában használatos samott tűzállósága 1700 C° felett van, ezért az ilyen anyagból épült regenerátorokat veszély nélkül szigetelhetjük 12,5 cm vastag szigetelő téglával alkalmazása esetén (ha a λ = 0,1) az elérhető hőmegtakarítás kb. 3,5%.

Szilika falazatok szigetelésénél elővigyázatosnak kell lenni, elsősorban a kövek fajsúlyát kell megállapítani. Olyan szilika köveket ajánlatos használni, amelyeknél a kiégetés alatt lejátszódtak kristály átváltozások (Fs = 2,38—2,40) és összetételük megfelelő a tűzállóság szempontjából (lásd CaO—Al₂O₃—SiO₂ állapot diagramm). Az olvasztókád boltozatának és az égetőfejeknek homokkal és 6,5 cm szigetelő téglával (λ = 0,1) való befedésével 8—10% hőmegtakarítás érhető el.

Csupán a tényleges hőmegtakarításból még nem lehet a szigetelés előnyeiről teljesen tiszta képet alkotni, mert pl. a regenerátorok szigetelésével a gáz és levegő hőmérséklete, ezáltal pedig az égési hőfok is emelkedik, a hőátadás az üveg felé kedvezőbb, az olvasztás gyorsabb, a kemence teljesítménye növekszik és az üveg minősége javul.

Azoknál a kemence részeken, ahol az üveg a tűzállóanyaggal érintkezésbe jut, az alkáliák és a kövek anyaga között kémiai reakciók jönnek létre, amelyek a hőmérséklet hatására gyorsan növekednek. Ilyen helyeken a szigetelés káros hatású és itt a kövek hűtéséről kell gondoskodni, hogy a hőmérsékletet csökkentjük és az üveg viszkozitását növeljük.

Felhívjuk olvasóink figyelmét a márciustól kezdve kéthavonta megjelenő

*„Építőanyagipari
Irodalmi Tájékoztató“*

című kiadványunkra.

*Tájékoztatónk a legfrissebb külföldi — elsősorban szovjet és népi demokra-
tikus — szaklapok és szakkönyvek tartalmát és építőanyagiparunk tapaszt-
alatcseréit, újításait ismerteti.*

*Egy példány ára 6.— Ft, évi előfizetés 30.— Ft. Megrendeléseket és elő-
fizetéseket elfogad az*

ÉPÍTŐANYAGIPARI KÖNYV- ÉS LAPKIADÓ
Budapest, V., Kálmán-utca 16

KIADJA AZ ÉPÍTŐANYAGIPARI KÖNYV- ÉS LAPKIADÓ VÁLLALAT

Kiadóhivatal: Budapest, V., Kálmán-utca 16.

Megjelenik havonta. Egyévi előfizetés: 72.— Ft. Egyes példányok ára: 8.— Ft.