

SZINTER VAGY ÉRCBRIKETT?

SCHEDER ANDOR

[Beérkezett 1966. január 25-én]

A szerző a zsugorítvány és brikett előnyeinek és hátrányainak összehasonlítása után részletesen ismerteti a vasércporok brikettálására hazánkban eddig végzett kísérleteket. Rámutat arra, hogy a brikettálás kétségtelen előnyei csak akkor realizálhatók, ha kohászati szempontból teljesen megfelelő kötőanyagot sikerül előállítani. Az erre vonatkozó kísérletek eredményeként előállított cement kötőanyaga tetrakalciumaluminátferrit, s ennek alkotói kohászati szempontból hasznosak. Ismerteti e kötőanyaggal készített brikettek tulajdonságait, a laboratóriumi és félüzemi kísérletek eredményeit, és arra a következtetésre jut, hogy a nagyüzemi kipróbálásra már érett a helyzet. Külön foglalkozik a mészkönek, valamint a kokszpornak brikettbe adagolásával kapcsolatban észlelt redukció gyorsító jelenségekkel. Végül pár összehasonlító adatot közöl a zsugorító és brikettáló éredarabosító berendezések beruházási és termelési költségeiről.

I. A zsugorító éredarabosítás

A vasérctermelés nagyüzemi módszerei, a rendkívül nagy hatóerejű robbantószerkek használata, valamint a hosszú szállítási utak miatt a vasérccek oly durva behatásoknak vannak kitéve, hogy a jó minőségű darabos érc lassanként már csak az öreg kohászok fiatalkori emlékei közt szerepel. Ehhez járul még az is, hogy a vasművekhez közel fekvő érctelepek kimerülőben vannak, ezért messziről, gyakran 4 ÷ 5000 km távolságból kell az ércet beszerezni, vagy pedig a gyengébb érceket is fel kell használni. Az első esetben a meddő szállítási költsége, a második esetben pedig a meddő kohósítási költsége kényszeríti a bányákat a vasérccek dúsítására, ahol a végtermék minden esetben por, ami közvetlen felhasználásra nem alkalmas, ezért darabosítani kell. A darabosítandó ércek mennyisége ezért ma már meghaladja az egész vasérctermelés 50%-át.

A zsugorító éredarabosítás immár több mint ötven éves tapasztalatai nemcsak a technológiai eljárások kifinomításához vezettek, hanem a zsugorító éredarabosítási eljárás műszaki és gazdasági hátrányait is napfényre hozták. Ezért mindjobban elszaporodnak azok a kísérletek, melyek különböző más eljárások, köztük az ércbrikettezés nagyüzemi bevezetésével járó előnyöket és hátrányokat vizsgálják. Az e téren szerzett értékes tapasztalatok indokoltá teszik, hogy a zsugorító és brikettező éredarabosító eljárásokat összehasonlítsuk.

1. A zsugorító darabosítás előnyei

A zsugorító darabosítás mellett felhozott főbb érvek a következők:

- a) A zsugorítás folyamán a nehezen redukálható magnetitek könnyen redukálható hematittá alakulnak;
- b) a szinter erősen pórusos, fajlagos felülete nagy, s így a redukáló gáz nagyobb felületen fejtheti ki redukáló hatását;
- c) a kéntelenítés jelentős, mert a kén nagy része a zsugorítószalagon kiég, és fűtőértéke hasznosul;
- d) a kohót mentesíti a kötött és szabad víz elpárologtatásának, valamint a karbonátok elbontásának hőszükségletétől, s ennek következtében csökken a fajlagos kokszfogyasztás, a kohó kapacitása növekszik.

2. A zsugorító darabosítás hátrányai

A tapasztalatok azonban kihozták a hátrányokat is, s ezek közül a legfontosabbak a következők:

- a) A jól oxidált szinter könnyen redukálható, de lágy, porlékony, magasabb hőmérsékleten szilárdsága rohamosan csökken, s a nagy porlódás a betét gázáteresztőképességét csökkenti. Ennek igazolásául az I. táblázatban közöljük BAUKLOCH és EGER kísérletsorozataiból 11 ércnek hidegen és 30—50 percig 550 °C-on való izzítás után, meleg állapotban mért törőszilárdsági adatait [1].

I. táblázat

Sorszám	Ércfajta	Törőszilárdság, kg/cm ²		A szilárdság- esés, %
		hidegen	550 °C-on	
1.	Darabosított érc	41,0	7,0	82,95
2.	Darabosított érc	150,0	7,0	95,34
3.	Darabosított érc	270,0	7,0	97,41
4.	Siegeni pátérc nyers	228,0	14,0	95,16
5.	Siegeni pátérc pörkölt	571,0	29,0	94,92
6.	Marokkói rif érc	650,0	15,0	97,70
7.	Gränsbergi magnetit	157,0	50,0	68,15
8.	Mínett	471,0	86,0	81,77
9.	Gelivaarai magnetit	300,0	172,0	42,70
10.	Kiirunavaarai magnetit	643,0	343,0	46,70
11.	Újfoundlandi vörös vasérc	643,0	460,0	28,50

A darabosított érc 7 kg/cm² törőszilárdsága megfelel a kézzel morzsolható állapotnak.

Ez a nagymértékű szilárdságcsökkenés lehetett az egyik oka a *Youngstown Sheet* 1500 t napi teljesítményre épített kohójában tapasztalt nagymértékű teljesítménynövekedésnek, amikor az addig 50% szinterrel és 50% brikettel

járatott kohót 100% brikettre állították át. A napi teljesítmény ugyanis 2767 t-ra emelkedett [2]. Az előző elegendőnél a szinter — morzsalékos volta miatt — valószínűleg kitöltötte a brikettek közeit, s így az elegy gázáteresztőképessége csökkent. A brikett egyenlő darabnagyságának előnyei tehát nem jelentkeztek. Azt, hogy ennek mily nagy a jelentősége, a teljesítménynövekedés kellően bizonyítja, bár az is lehetséges, hogy a brikett vastartalma nagyobb volt a szinterénél. Ez azonban egymagában ily nagy teljesítménynövekedést nem okozhatott.

Ha a kohóbetét gázáteresztőképessége romlik, a fúvósél nyomását kell növelni, ennek pedig szükségszerű következménye a szállópor mennyiségének növekedése. Hazai vasműveink átlagos szállópor mennyisége 150—200 kg/t nyersvas.

b) Kohászatilag az ideális állapot az volna, ha az érc teljesen egyenlő darabnagyság mellett gömbformájú lenne, mert ez adja az optimális gázjáratot, a legkevesebb szállóport és a kohó egyenletes járatát is biztosítja. FOURNAS [3] kísérletei szerint az osztályozatlan érc kokszfogyasztása 1180 kg/t nyersvas volt. Ha az ércet darabnagyság szerint kétfelé osztályozták, és egy-egy adagba csak egy osztályba tartozó érc került, a kokszfogyasztás 1070 kg/t-ra, ha pedig háromfelé osztályozták, nyersvastonnánként 960 kg/t-ra csökkent. De már tíz évvel FOURNAS előtt VISZTAVKIN, KATEJEV és OSZTASKEVICSNÉK — a *Domez* 1930. évi 12. számában közölt kísérletei szerint — a kokszfogyasztás terén kiváló eredményeket értek el, ha a vasércet 3÷75 mm határok közt három kategóriába osztályozták.

A zsugorított érc azonban törés és osztályozás után durva, érdes felületű, kiálló éllel, csúcsokkal, melyek a kohóban a levonulás során — különösen a magasabb hőmérsékletű zónákban — lemorzsolódnak, letöredeznek, s így jelentős a porképződés. Az így keletkező törmelék — a legkisebb ellenállás irányában való kitérés törvényének megfelelően — a nagyobb darabok közt levő hézagokban helyezkedik el, és a kohó ellenállása a gázárammal szemben növekszik [4]. Az egyenlő darabnagyságra való osztályozás előnyei tehát csak mérsékelten jelentkezhetnek.

Arra, hogy a zsugorított érc lemorzsolódása már a kohó előtt mily nagymértékű lehet, jellemző adatok a cserepoveci zsugorítómű szitaelemzéseit. Ezek szerint a lehűtött szinterben rostálás előtt a 25 mm szemnagyságot meghaladó rész 61,2% volt. Rostálás után e hányad 55,9%-ra, a nagyolvasztó bunkerei előtt 44,6%-ra és a bunkerben 33,5%-ra csökkent [5]. A *Dunai Vasműben* a zsugorítmány 25%-a nem alkalmas a kohóba adagolásra, és mint visszatérő anyag, ismét a zsugorítószalagra kerül.

c) Önjáró zsugorítmány készítése nehézségekbe ütközik, mert ha eléggé finomra őrljük a mészkövet ahhoz, hogy nagy fajlagos felülete következtében a zsugorítás folyamán a vasérc SiO_2 tartalmával — ebben a formájában nem higroszkopikus — kalciumszilikáttá alakuljon, a zsugorítandó massa

légáteresztőképességének csökkenése miatt a teljesítmény visszaesik. Ha pedig a mészkövet nagyobb darabokban adjuk a zsugorítandó érchez, a mészkő túlnyomórészt CaO formájában ég ki, s egyrészt a mészkő eltérő hőtágulása. másrészt az égetett mész higroszkopikus volta miatt a szinter lehűlés közben repedezik, porlik [6].

d) Finom porok darabosítására a zsugorító darabosító berendezések nem alkalmasak. Ha csak $10 \div 20\%$ finom port kell a zsugorítószalagra rávinni, előpelletező berendezés közbeiktatásával az megoldható, de ez mind a fajlagos beruházási, mind a termelési költségeket növeli. Ha azonban túlnyomórészt finom porok darabosításáról van szó, indokoltabb más megoldást keresni.

e) Ugyancsak súlyos hátránya az a nagy hőenergia pazarlás, ami annak következtében áll elő, hogy az ércet a zsugorításhoz szükséges $1200\text{ }^\circ\text{C}$ körüli hőmérsékletre kell felmelegíteni, majd le kell hűteni, s a kohóban újra fel kell melegíteni. Ez a hővesztesség 40% -os vaskihozataalt feltételezve kb. $1\,700\,000$ kcal/t nyersvas.

f) A zsugorítmánnyal szemben a legsúlyosabb kifogás az, hogy gazdaságtalan.* Fajlagos önköltsége 220 Ft/t körül van.

g) A zsugorítmány frissítőérc céljára sem műszaki, sem gazdasági szempontból nem megfelelő, mert egyrészt a nagy porozitása következtében térfogatsúlya kisebb a martinsalakénál, a salakfürdő felületi feszültsége miatt annak felületén úszik, így frissítőhatása lassú, másrészt a zsugorítás folyamán a részleges redukció következtében az érc oxigéntartalma és ezzel frissítőhatása csökken.

Szovjet adatok szerint [7] a zsugorítmány oxigéntartalma az eredeti frissítőércéhez viszonyítva 9% -kal csökkent s azonos frissítőhatás eléréséhez 13% -kal több zsugorítmány volt szükséges. A *Dunai Vasmű* adatai szerint a zsugorítás folyamán a frissítőérc $21,5\%$ O_2 tartalma 19% -ra csökkent, s ez a 11% csökkenés az előbbi adatok szerint $16,7\%$ -kal több frissítőérc felhasználását jelenti.

h) Végül részletes vizsgálat alá kellett venni azt az általánosan elterjedt nézetet is, hogy a nagy fajlagos felülete miatt a szinter lényegesen könnyebben redukálható, mint a darabos érc. Ez a nézet abból a már erősen kétségbe vont feltevésből alakult ki, hogy a közvetlen redukció hőgazdálkodás, s így gazdasági szempontból is kedvezőtlenebb a közvetett redukciónál. Ez a felfogás

* Ez az önköltség is úgy alakul ki, hogy a zsugorításhoz felhasznált kokszport 850 Ft/t árral számolják el, pedig a *Dunai Vasmű* kokszolóművében gyártott 14% hamutartalmú kohókoksz önköltsége meghaladja az 1700 Ft/t-t, és még az importkoksz irreális önköltsége is 1100 Ft/t körül van. Így, ha a zsugorítmány készítéséhez felhasznált átlagosan 90 kg/t kokszpor árát az importkoksz 1100 Ft/t egységárán számoljuk (amihez jogunk van, mert tudomás szerint a kokszpor túlnyomó részét darabos koksz őrlése útján állítják elő) ez egymagában kb. 10% -kal, ha pedig a hazai gyártási önköltséggel számolunk, kb. 30% -kal növelné a zsugorítmány 220 Ft/t önköltségét.

azonban legalábbis egyoldalú. Így például PAVLOV [8] szerint az indirekt redukció kedvezőbb kokszfogyasztása . . . „csak azokban a nagyolvasztókban mutatkozik ideálisnak, amelyek a hőgazdálkodás szempontjából kedvezően feltételek közt dolgoznak. Számos modern nagyolvasztó ma már egységnyi nyersvasra, vagyis a nagyolvasztóban lejátszódó összes folyamatokra kevesebb tüzelőanyagot fogyaszt, mint a kizárólag közvetett redukcióra kiszámított fogyasztás. Ez az eredmény csak a közvetlen redukció fokozott kiterjesztésével érhető el . . .”

A fajlagos felület és a porozitás jelentőségének túlértékelésével a szerző „A vasércék felületének, porozitásának és darabnagyságának jelentősége a redukció lefolyásánál” [4] című tanulmányában már részletesen foglalkozott.

Itt kell megjegyezni, hogy a Vasipari Kutató Intézet a brikettek és szinterek redukálhatóságára vonatkozóan már 1961-ben végzett összehasonlító kísérleteket. E kísérletek a következők voltak:

Magnetitkoncentrátumból 30 mm átmérőjű és 30 mm magas vízzel kötött briketteket sajtoltak. Ugyanilyen briketteket sajtoltak 7% vízzel és 5, 8, 11 és 14% vörösiszapcementtel kötött hematitból, és végül krivoj-rogi ércből hasonló alakú és méretű próbadarabokat faragtak ki. E darabokat, valamint az Ózdi Kohászati Üzemek zsugorítóművéből származó zsugorítmány darabokat faszén közé helyezve kvarccsőbe zárták, s a csövet csőkemencében 1000 °C-ra hevítve egy órán át e hőfokon tartották, majd a kemencében lehűtötték. A redukálhatóság mértékének alapegységül a magnetitkoncentrátum redukálhatóságát 1-nek véve, az egyes próbadarabok viszonylagos redukciófoka a következő volt:

Magnetitkoncentrátum	1;
darabos krivoj-rogi érc	1,3 ÷ 1,5;
vörösiszapcementtel kötött ércbrikettek	1,3 ÷ 1,5;
ózdí zsugorítmány	0,5 ÷ 1,3.

A darabos érc, vagy a brikettek redukálhatósága tehát számottevően jobb volt, mint az ózdí zsugorítmányé.

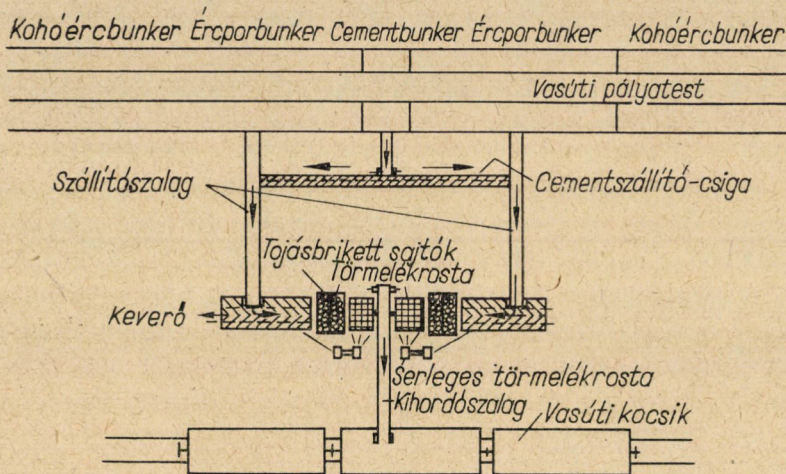
II. Az ércdarabosítás egyéb formái

A zsugorító darabosítás előbb felsorolt hátrányai tették szükségessé, hogy az ércdarabosítás többi formáival, s ezek közt a brikettezés problémáival foglalkozzunk. Ezt indokolta az is, hogy például az Amerikai Egyesült Államokban, az alabamai Woodward Vasműben immár két évtizede működik az 1. ábrán feltüntetett elrendezésű két, egyenként 60 t/óra teljesítőképességű

ércbrikettsajtó [9], amelyek portlandcementtel kötött ércbriketteket készítenek oly módon, hogy a darabosított érc a sajtóról egyenesen a vagonokba folyik. A vagonokat 48 órára félreállítják, mert a portlandcement lassú szilárdulása miatt a brikettek csak két nap múlva érik el a kezelésükhöz szükséges szilárdságot.

Hazánkban az első üzemi méretű vasérc brikettezési kísérletek Miskolcon, a *Diósgyőri Vasmű* ércrakodóján, majd később az *Ózdi Vasműben* 1954–55. években folytak.

A miskolci kísérleteknél szénbrikettsajtón kátránnyal, szulfitszenny-lúggal és bentonittal kötött briketteket gyártottak. A kátrány e célra nyilvánvalóan nem lehetett megfelelő kötőanyag, mert a kohóban meglágyulva a



1. ábra. A Woodward Vasmű ércbrikett üzemének helyszíni rajza

brikettek szétmennek. A kátrány frissítőérc brikettálására sem volt alkalmas, mert a martinkemencébe karbont vitt be, ami a frissítőérc oxigénjének nagy részét lekötötte, s így ugyanazon frissítőhatás eléréséhez ily brikettből kétszerannyi kellett, mint darabos ércből. Ugyancsak nem vált be a szulfitszenny-lúg, vagy bentonit kötésű brikett sem, mert a szulfitszenny-lúg 6 ÷ 8% kéntartalma, vagy a bentonit 65% SiO_2 tartalma kohászati szempontból káros. Ezért e kísérletek eredményeit nem is publikálták.

Az ózdi kísérleteknél az ottani salaktéglagyár sajtóin készült mintegy 500 t ércbrikett, melynél a kötőanyag salakportlandcement, vagy bauxitcement volt. E kísérletek bebizonyították azt, hogy a cement-kötőanyagú brikettek ellen felhozott az az érv, amely szerint a cement magasabb hőmérsékleten elveszti szilárdságát, illetve kötőképességét és az ily brikettek szétesnek, nem helytálló. A brikettek 900 °C-on 4 ÷ 5 órán át izzítva sem estek szét, és

még tetemes szilárdságuk volt annak ellenére, hogy ezen a hőmérsékleten a redukció mértéke már meghaladta az 50%-ot [10].

A cementtel kötött brikettek ellen felhozott legnyomósabb érv az volt, hogy a szilikátcementek savas jellegük miatt jelentősen növelik a salakmennyiséget, az e szempontból kevesebb kifogás alá eső bauxitcement pedig drága. A kérdés tehát az volt, lehet-e a vasércporok brikettálásához oly kötőanyagot előállítani, mely gyorsan köt, gyorsan szilárdul, kohászati szempontból káros alkotókat nem, vagy csak jelentéktelen mértékben tartalmaz, és emellett olcsó is. Ezért az *Építőanyagipari Központi Kutató Intézetben* végzett kísérletek során először kovasavtartalom szempontjából vizsgálták át az összes hazai cementklinkereket. E szempontból a hejőcsabai cementklinker bizonyult a legjobbnak, mert könnyen be lehetett állítani gyorsan kötővé, de a szilárdulás továbbra is lassú maradt [11].

A hosszadalmas vizsgálatok során megállapítható volt, hogy az eddig ismert klinkerásványok közül a vaskohászat követelményeit egyedül a brownmillerit (tetrakalciumaluminátferrit, $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) elégíti ki, mert 46,1% CaO és 32,9% Fe_2O_3 tartalma a kohóban közvetlenül értékesül, a 21% Al_2O_3 tartalma pedig a salak cementipari értékét növeli. A tiszta brownmilleritből készített cement 600 kg/cm^2 törőszilárdságúnak bizonyult, tehát egyenértékű a legjobb minőségű portlandcementekkel. Ezért sorozatos kísérleteket végeztünk annak megállapítása végett, hogy mily alapanyagokból lehetne a legkönnyebben és leggazdaságosabban nagy brownmillerit-tartalmú cementet előállítani.

E cementtípus előállítására kitűnő alapanyagnak látszott a Bayer-féle timföldgyártásnál melléktermékként keletkező vörösiszap, mely átlagosan 20% Al_2O_3 -ot és 40% Fe_2O_3 -ot tartalmaz. Az erre vonatkozó kísérletek eredményesek voltak, s az eredményeket a szerző „*A frissítőérc brikettézése*” [11] és „*Brikettieren von Eisenerzen mit Eisenerzement*” [12], SZÉKELY ISTVÁN pedig „*Cement gyártása vörösiszap felhasználásával*” [13] című tanulmányában ismertette.

Ezek szerint mészke hozzáadásával vörösiszaphból, vagy vasérc és bauxitból lehet oly cementet előállítani, mely 14–17% Fe és 42–46% CaO tartalmával maga is az ankerithez hasonló összetételű, csekély Fe tartalmú bázikus vasérc.

Kísérletképpen a rudabányai ankeritből is végeztünk próbaégetést, és a vörösiszapcementhez hasonló összetételű, jó kötőképességű és kellő szilárdságú cementet kaptunk. Az ankerit azonban rendkívül változó összetétele miatt üzemi méretű cementgyártásra nem alkalmas.

A vörösiszap cementgyártás szempontjából ideális nyersanyag, mert egyrészt már cementfinomságúra meg van őrölve, s így az előőrlés nem jelentéktelen költségének egy része megtakarítható, másrészt a vörösiszap millió tonna tételekben mint gyári hulladék áll rendelkezésre. További előnynek lát-

szik, hogy az ily típusú cement gyártásához a timföldgyáron belül is csak jelentéktelen beruházás szükséges. A timföldgyárak ugyanis rendelkeznek a cementhez adagolandó mészkő és esetleges bauxit őrléséhez szükséges őrlő kapacitással, másrészt e cementtípus kiegészítési hőfoka 1250 °C körül van, tehát a timföldgyárakban rendszerint meglévő pörkölő kemencében a cementklinker kiegészíthető, legfeljebb nagyobb égőfejjel és új béléssel kell a pörkölőkemencéjét ellátni. A szállítás és tárolás leegyszerűsítése végett az látszik leghelyesebbnek, ha a timföldgyár csak klinkert állít elő, s azt szállítja az ércdarabosító műbe. A klinkert a napi szükségletnek megfelelően a felhasználás helyén őrölnék cementté. Így egyrészt a szállításhoz bármilyen vagon is megfelel, a klinker minőségromlás nélkül hónapokig jól tárolható, s az üzem állandóan friss cementtel dolgozhat.

De mindezekről eltekintve a cementiparunkban ma már van e célra felhasználható fölös kapacitás, mert e célra az építőanyagiparban már elavultnak tekinthető 25 m-es forgókemencék is megfelelnek.

Az ércdarabosításra alkalmas kötőanyaggal szemben a vaskohászat további követelménye az volt, hogy annak nem szabad a vasércnél korábban lágyulni, zsugorodni, vagy megolvadni. VÉCSEY [14] és GUTHMANN [15] adatai szerint az egyes vasércnek lágyulásának, zsugorodásának és megolvadásának kezdő hőmérsékleteit a II. táblázatban tüntettük fel. Mint látható, e cement viselkedése nagy hőmérsékleten nagyjában egyezik a vasérckével.

II. táblázat

Sorszám	Ércfajta	Lágyulás	Zsugorodás	Olvadás
		kezdő hőfoka, °C		
1.	Kiruna érc	850	1200	1300 fölött
2.	Dill vörösvaskő	1000	1150	1300 „
3.	Wasseralfingen (Dogger)	1000	1070	1100 „
4.	Salzgitter Fortuna	950	1050	1100 „
5.	Baden (Dogger)	850	950	1080 „
6.	Rudabányai limonit	1110	1150	1250 „
7.	Rudabányai pátérc	1100	1180	1300 „
8.	Krivoj-rogi érc	1150	1200	1270 „
—	Ferroaluminát cement	1100	1200	1270

A laboratóriumi eredmények alapján a *Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya* 1960. december 15-én, felkérte a *Kohó- és Cépipari Minisztériumot*, hogy a vasércmenttel kötött ércbrikettek használhatóságát üzemi méretekben ellenőriztesse.

Az ellenőrző kísérleteket a *Lenin Kohászati Művek* 1961–1962. években végeztette el. Ehhez az *Építőanyagipari Központi Kutató Intézet* tatabányai kísérleti félüzeme kb. 15 t vörösiszapcementet égetett, s ezzel a diósgyőri

salaktéglagyár téglaprésain briketteket sajtoltak. E kísérletek fontosabb adatait a III. táblázat tartalmazza.

III. táblázat

A brikettált érc szemszerkezete, mm	Százalékos eloszlás, %
0,0— 0,5	33,6
0,5— 2,0	21,9
2,0— 5,0	23,6
5,0—10,0	16,2
10,0—20,0	4,3
20,0 fölött	0,2

A különböző cementmennyiségekkel készített próbadarabok átlagos törőszilárdságát a IV. táblázat tünteti fel.

IV. táblázat

Cement, %	Törőszilárdság, kg/cm ²			
	1 napos	2 napos	7 napos	28 napos
	korban			
8	123,0	68,9	105,9	102,0
10	99,3	74,3	115,9	85,4
12	131,7	151,3	130,1	122,8
14	130,0	121,2	140,9	120,5
16	91,1	108,9	149,5	121,9

A téglasajtó nyomását nem mérték, ami becslés szerint $240 \div 280$ kg/cm² közt lehetett. A 12% cement és 8,5% vízzel készített mintegy 100 t ércbrikettből kivett próbadarabok átlagos törőszilárdsága

1 napos korban 147,3 kg/cm²;

2 napos korban 122,9 kg/cm²; és

3 napos korban 136,2 kg/cm²

volt.

Összehasonlításként megemlítjük, hogy a jó minőségű kohókoksznál megkívánt törőszilárdság 80 kg/cm².

Az ejtőszilárdságot úgy mérték, hogy a 100 tonnás folyamatos gyártás során, meghatározott időközökben 5—5 db-ot kivettek és 2 m magasságból vaslapra ejtették, majd a 10 mm alatti törmeléket külön lemérték. Az eredmények az V. táblázatban láthatók.

V. táblázat

Sajtolás után eltelt idő, óra	10 mm alatti törmelék, %	Eredmény
1	37,0	Nem állta ki
2	27,9	Nem állta ki
3	30,1	Nem állta ki
4	21,2	Kiállta
5	8,7	Kiállta
6	0,9	Kiállta
24	1,7	Kiállta
48	1,3	Kiállta

Az érc összetétele a brikettezés után a VI. táblázat szerint változott.

VI. táblázat

Alkotók	Aglo érc, %	Brikett, %
Fe	56,41	55,20
CaO	—	4,06
SiO ₂	14,98	14,34
Al ₂ O ₃	1,42	5,83

Időállóság tekintetében nem végeztek vizsgálatokat, de a legyártott brikettek egész télen át rendszertelenül, halmazba rakva feküdtek, s ezalatt a hőmérséklet több mint 15-ször esett fagypontra alá, de a briketteken legfeljebb 3÷5 mm-ig terjedő felületi mállás volt tapasztalható. A szabadtéri tárolás után vett próbatestek hirtelen hevítése sem okozott porlást, azok hevítése megömlésig alakváltozás nélkül ment végbe.

A briketteket frissítőéreként használták fel, s az itt nyert tapasztalatok kedvezőnek látszanak. A brikettek ugyanis a fürdőben porlás, pattogás nélkül azonnal lesüllyedtek, és fürdőt intenzív mozgásba hozták.

Ezek után a *Brikett Termelő és Széndúsító Vállalat* bevonásával az *Ózdi Kohászati Üzemek* végeztek szállópornak és szovjet koncentrátumnak szénbrikett sajtón való darabosítására kísérleteket. A szinte púderfinomságú ércpor kötéséhez — a rendkívül nagy fajlagos felülete miatt 20% cementet használtak. Az *Ózdi Kohászati Üzemek* vezetőségét nyilvánvalóan az a kérdés érdekelte, hogy a zsugorításra nem alkalmas finom porok mily feltételek mellett brikettezhetőek.

A laboratóriumi méretű brikettsajtón végzett kísérletek után Inotán, az ottani 10 soros, és szénből 25 t/óra teljesítőképességű, 650 mm átmérőjű hengerekkel bíró ikersajtólón két fajta brikettet gyártottak, melyek összetétele a VII. táblázat szerint alakult.

VII. táblázat

A brikettezés anyagai	I. fajta, %	II. fajta, %
Szovjet koncentrátum	69	48
Aglo érc	—	15
Mészkeőpor	11	11
Vörösiszapcement	20	20

A gyártáshoz felhasznált cement már ca 6 hónapos volt és csomókban összeállott, a csomókat azonban kézzel szét lehetett morzsolni. Minden valószínűség szerint ez lehetett az oka annak, hogy az *Építőanyagipari Központi Kutató Intézet*ben a cement legyártása után egy hónappal mért kötési és szilárdulási idők nagymértékben meghosszabbodtak, és a cementszükséglet is ily nagy lett.

Meg kell jegyezni, hogy ebben az esetben a cement mennyisége nem esik oly súlyos gazdasági elbírálás alá, mint a betoniparban. A vörösiszapot ugyanis vaskohászatunk vasércként úgyis hasznosítani igyekeznek, mészkövet pedig egyébként is kell a kohóba adagolni. E cement ca 47% CaO tartalma cementtonnánként ugyanannyi mészkő adagolását, sőt kiegészítését helyettesíti, a 14÷17% Fe tartalma pedig nyersvasként hasznosul. A cement kiegészítéséhez a cementipari kemencék jobb termikus hatásfoka miatt kevesebb hőenergia szükséges, mintha a vörösiszapot és mészkövet a zsugorítószalagon égetjük ki. Ily módon a népgazdaság szempontjából elsősorban csak az őrlési költségek jelentkeznek többletköltséggént.

A fagypontra körüli hőmérsékleten készített brikettekből megfelelő mennyiséget személykocsin Budapestre szállítottak, a szobahőmérsékleten tartás mellett a brikettek szilárdsága a VIII. táblázat szerint alakult.

VIII. táblázat

	I. fajta	II. fajta
Pontnyomás, kg 24 óra után	40	45
„ 48 „ „	90	91
„ 5 nap „	118	117
„ 6 „ „	130	fölött

A pontnyomást mérő gép mérési határa 130 kg volt, s így ennél nagyobb szilárdságok mérésére nem volt alkalmas.

Az Inotán gyártott briketteket a *Vasipari Kutató Intézet* részletes vizsgálatnak vetette alá, és pedig a következő eredménnyel.

A brikettek hideg ejtőszilárdsága, vagyis az a legnagyobb magasság, melyről betonlapra leejtve még nem törtek el 2÷2,5 m volt. Nagyobb magasságból ejtve a brikettek por- és törmelékkepződés nélkül 2÷3 darabra törtek.

A meleg ejtőszilárdság meghatározásához a briketteket a forró tokoskemencében, fél órán át a kívánt hőmérsékleten tartották.

800 °C-os vizsgálatnál a brikettek úgy viselkedtek, mint hideg állapotban. Ejtőszilárdságuk 2 m fölött volt. E fölött töréskor csak néhány nagyobb darab keletkezett, por és törmelék nem.

1000 °C-on a brikettek 0,5 m-nél nagyobb magasságról ejtve sok kisebb darabra törtek, de porképződés nem volt, s a brikettben a kezdő lágyulás jelei mutatkoztak.

A redukció hatásának vizsgálatára a briketteket világítógázban 900 °C-on egy óra hosszat redukálták és a gázban hűtötték le. Az ejtőszilárdság 0,5 m volt. Nagyobb magasságból ejtéskor törmelék és por képződött. A brikettekben levő Fe mennyiségnek az I jelű brikettnél 48, a II jelűnél 40%-a redukálódott fémvassá.

A vízállóság vizsgálatához a briketteket 24 óráig víz alatt tartották. A brikettek felületének ca 1 cm vastag rétege nedvesedett át, de az áztatás nem lazította fel a felületet, és az ejtőszilárdsága változatlanul 2 m fölött maradt.

A koptató szilárdságot 65°-os szögben felállított 30 fordulat/perc sebességgel forgó pelletező tányérba adagolt 4 kg briketttel mérték. A 4 perces koptatás után a I jelű brikettnél 5,8%, a II jelűnél 9,7% 1 mm alatti por képződött, de az utóbbinál néhány 10 mm-es darab is volt. Megjegyzendő, hogy a kohókoksza vonatkozó szabványok szerint jónak minősül az oly dob-szilárdságú kohókoksza, mely Simmerbach-Micum dobban 4 percen át, percenként 25 fordulattal forgatva 25%-nál kevesebb 40 mm lyukbőségű rostán áteső törmeléket ad. E vizsgálatok eredményeit a *Vasipari Kutató Intézet* a VI. táblázatban foglalta össze.

VI. táblázat

	I	II
Ejtőszilárdság szobahőfokon, m	2÷2,5	2÷2,5
Ejtőszilárdság 800 °C-on, m	2,0	2,0
Ejtőszilárdság 1000 °C-on, m	0,5	0,5
Vízállóság 24 óra után	Nagyon jó	Nagyon jó
Koptatásnál képződő por, %	5,8	9,7
Nedvességtartalom, %	4,7	6,2
Fajsúly, gm/cm ³	3,55	3,75
Térfogatsúly, g/cm ³	2,65	2,89
Porozitás, %	25,3	23,1

III. Brikettezési lehetőségek a kohósításnál

Mint ahogy a laboratóriumi és félüzemi kísérletek igazolták, hogy a ferroaluminát cementtel kötött brikettek redukálhatóság szempontjából egyenrangúak, sőt egyenlő darabnagyságuk miatt jobbak a darabos ércnél, és nagy-

üzemi gyártásuk lehetséges, szükségesnek látszott megvizsgálni mindazokat a lehetőségeket is, amelyek a briketkezés révén a kohósításnál jelentkezhetnek.

Vizsgálataink először csak arra terjedtek ki, hogy ha a brikettbe kokszept is teszünk, vagyis a redukálószeret bevisszük az érc belsejébe, annak milyenek a kohászati és gazdasági következményei, továbbá, hogy önjáró brikettek készítésének mily előnyei volnának.

A *Vasipari Kutató Intézetben* végzett kísérletek eredményeit a szerző „*Az ércelőkészítés új útjai*” [16], valamint „*A mészró szerepe a kohóban*” [6] című tanulmányaiban ismertette. E kísérletek eredményeinek rövid összefoglalása a következő.

97% tisztaságú vasoxidból és 75,4% kARBONT tartalmazó gázgyári kokszból 25 mm átmérőjű és magasságú hengerkék készültek 0, 5, 10, 15 és 20% kokszept bekeverésével. Levegőn 15 pernyi előmelegítés után 45 percig voltak a kívánt hőmérsékleten oly módon, hogy a szilitrudas kemencébe helyezett kvarcsőbe tölt izzítócsónakba egy-egy 0, 5, 10, 15 és 20% kokszept tartalmazó darab került. A kvarcsővön mintegy 3 cm/sec sebességgel világítógáz áramlott keresztül. A redukció mértékét a vashoz kötött oxigén mennyiségének csökkenésével számítottuk. A magasabb hőmérsékleteken bekövetkezett redukció mértékét a IX. táblázat foglalja magába.

IX. táblázat

A brikett összetétele, %		A redukció mértéke, %			
Vasoxid	Kokszept	900 °C	1000 °C	1100 °C	1200 °C
100	0	67,70	52,50	70,66	73,28
95	5	60,90	50,90	82,60	87,44
90	10	59,50	53,80	92,30	97,50
85	15	62,40	51,90	100,00	100,00
80	20	63,80	67,16	100,00	100,00

A többszörös kontrollvizsgálatok is hasonló eredményekre vezettek, ezért megállapítható volt, hogy — legalábbis laboratóriumi szinten — az ércbrikettbe kevert kokszept a redukciót oly nagymértékben elősegítette, hogy az még szilárd fázisban, 1100 °C hőmérséklet alatt teljesen befejeződött. Természetesen a kohóbeli állapotok nem egyeznek a laboratóriumban mesterségesen előállított feltételekkel, mert egyrészt a kohógáz redukáló hatása feltétlenül kisebb a világítógázénál, másrészt e folyamatok a kohó 6–10 óras áthaladási ideje alatt nyilvánvalóan eltérő formában játszódnak le, mint az elektrokemence egy óránál rövidebb fűtési időszakokra alatt. A redukció meggyorsulása azonban el nem vitatható tény, és ez a hatás a direkt redukció aránya növekedésének volt tulajdonítható.

Egyesek a szerzőnek „*Study of The Direct Reduction*” [17] című tanulmányában, valamint a már előbb említett dolgozataiban közölt direkt reduk-

cióra vonatkozó definícióit tévesnek minősítették. E dolgozatokban ugyanis azt állította, hogy az érc és szén molekuláris finom őrlése esetén a direkt redukciónál elvileg csak CO_2 keletkezhetik. A tapasztalatok szerint jelenlevő CO pedig nem a direkt redukciónál keletkezik, hanem a direkt redukció hőfokán a CO_2 szén jelenlétében CO-dá redukálódik. Az észlelt CO tehát nem a vasérc, hanem a CO_2 redukciójának terméke, s így másodlagos folyamat. A szerző e megállapítását nem fogadták el, és a kísérletek feltűnő eredményeit a direkt redukció e szerintük téves értelmezése következményeinek minősítették [18].

E kérdés eldöntésére VISNYOVSKY LÁSZLÓ derivatograffal hosszú kísérletsorozatot végzett, s a mérések azt igazolták, hogy az FeO-ig menő direkt redukciónál CO_2 , az FeO-nak fémvassá való redukálásánál pedig CO keletkezik [19].

A szerző maga részéről azonban ezeket a vizsgálatokat még nem tartja befejezetteknek, mert a vasoxid és grafitpor fizikai állapotát, szemszerkezetét nem vették figyelembe, illetve erről a tanulmány nem tesz említést. A direkt redukció ugyanis csak a szén és vasoxid érintkezési pontjain következhet be, az érintkezési pontok száma pedig a szemcsenagyság függvénye. Így például egy 100 mm átmérőjű gömb felülete 314 cm^2 . Ha ebből a gömbből 1 mm átmérőjű gömböket készítenénk, változatlan köbtartalom mellett egymillió darab gömböcske keletkeznék, melyek felülete az eredeti 314 cm^2 helyett, annak ezerszeresére, azaz $31,400 \text{ cm}^2$ -ra növekednék. A 100 mm átmérőjű gömbök halmazában az érintkezési pontok száma tehát csak egy milliomodrésze annak, ami az 1 mm átmérőjű gömbök halmazában keletkezik. A direkt redukció mértéke tehát a szemcsenagyságnak is függvénye.

Ezért indokoltnak látszanék a derivatograf-kísérleteket egy oly kísérlet-sorral kiegészíteni, amelynél a vasoxid $10 \div 150$ mikron szemnagyság közt 5 kategoriára rostáltatnék szét, és a karbon egyenletes eloszlása végett nem grafitport, hanem vegytiszta kormot használnának. Ha ennél a kísérletnél a szemnagyság csökkenésével a keletkezett CO mennyisége is csökken, valószínűsíthető az a feltevés, hogy a CO nem a direkt redukciónál keletkezett termék, hanem egyrészt a pórusokban óhatatlanul jelenlevő levegőből keletkezik, másrészt — mint már ezt a szerző tanulmányaiban részletesen kifejtette — a CO_2 a direkt redukció hőmérsékletén szén jelenlétében a Boudouard reakció szerint redukálódik, tehát nem a vasoxid, hanem a CO_2 redukciójaként keletkezik.

De mindezekről eltekintve a kokszporos brikettek redukálásánál elért eredmények elvitathatatlan tények, s azokat az sem befolyásolhatja, ha a direkt redukciónak bármily más értelmezést adunk.

A kokszporos briketteknel tapasztalt jelenségek azonban egy új gondolatot is felvetettek. A brikettbe adagolandó kokszporral szemben ugyanis nincsenek szilárdsági követelmények, tehát e célra bármilyen csekély hamu-

tartalmú gázgyári koks is megfelel. A kohókokszt-behozatalunk csökkentése érdekében is indokoltnak látszik megvizsgálni azt, hogy a brikett kohósítás szempontjából fontos tulajdonságainak épségbentartása mellett mi az a legnagyobb koks mennyiség, amennyi a brikettbe olcsó gázgyári kokszból bevihető. A vaskokszzal nyert tapasztalatok szerint ugyanis meg van a valószínűsége annak, hogy a teljes kokszzükségletnek esetleg 40÷50%-a olcsó kokszipor formájában a brikettbe bevihető, s csak a fennmaradó részt kell drága kohókokszt formájában adagolni. Ez a kérdés azonban csak nagyüzemi kísérletekkel tisztázható.

Teljesen külön vizsgálat tárgyává kellett tenni azt, hogy a mészkőnek a brikettbe való bevitele mily jelenségekkel jár. E célból a *Vasipari Kutató Intézetben* HOLLÓ TIBORNÉ a szerző kérésére a következő kísérleteket végezte:

a) Tiszta hematitből;

b) 83,33% hematitből, 16,67% 1 mm átmérő alá őrölt mészkőből; és végül

c) 76,92% hematitből, 15,39% 1 mm átmérő alá őrölt mészkőből és 7,69% 0,5 mm átmérő alá őrölt koksziporból vízzel sajtolva briketteket készítettek.

E briketteket az előbbiekből leírt módon, csökevényekben, világítógáz áramban 900, illetve 1000 °C-ra felhevítette, egy órán át e hőfokon tartotta, majd világítógáz áramban lehűtötte. A redukálás mértékét az előbbi kísérletekhez hasonlóan, az O₂ veszteségből számította. A kapott eredmények a X. táblázatban szerepelnek.

X. táblázat

Jel	Kísérlet	A redukció mértéke, %	A C tartalom, %
a.	Tiszta hematit		
	900 °C-on	82,1	0,38
	1000 °C-on	81,9	0,40
b.	Hematit és mészkő		
	900 °C-on	87,4	0,60
	1000 °C-on	96,5	0,69
c.	Hematit, mészkő és koks		
	900 °C-on	63,5	5,72
	1000 °C-on	98,7	5,00

E kísérlet hebizonyította, hogy a mészkőporoknak az éreporba való keverése a redukciót elősegítette, és igazolta a „Mészkő szerepe a kohóban” című tanulmányban részletesen kifejtett elgondolást, hogy ha a mészkövet koksziporos brikettbe adagoljuk, 900 °C-on felül, a mészkő kiegészésénél keletkező

CO₂ nem káros melléktermék, hanem szén jelenlétében CO-vá redukálva visszavezethető a redukáló körfolyamatba, s így a redukción elősegíti.

Kísérleti lehetőség hiányában sajnos nem volt módunk arra vonatkozóan kísérleteket végezni, hogy az ércbrikettbe bevitt mészkőnek nagyobb-e a kéntelenítő hatása mint a darabos mészkőnek. Feltehető ugyanis, hogy a vasércel nagy felületen való közvetlen érintkezés következtében a kéntelenítő hatás nagyobb.

IV. A kísérletek eredményei

Az eddig végzett kísérletek eredményeit összefoglalva megállapíthatjuk a következőket:

a) Magából a kohóelegy alkotóiból, azaz vasoxidból és mészkőből alumíniumoxid hozzáadásával lehet a vasércet darabosítására alkalmas és a kohászati követelményeket kielégítő kötőanyagot előállítani;

b) az ércbrikettek redukálhatósága nem rosszabb a darabos ércnél, és jobb az ózdi szinternél;

c) a szokásos méretű hengeres szénbrikettprések üzemi méretű ércbrikettgyártásra is alkalmasak;

d) a ferroaluminát cementtel kötött brikettek hideg és meleg ejtőszilárdsága, koptatószilárdsága, víz- és fagyállósága a kohászati követelményeket kielégítik;

e) mészkőnek a brikettbe való bevitele a redukálhatóságot növeli;

f) kokszipornak a brikettbe adagolása a redukción nagymértékben meggyorsítja;

g) elvileg semmi akadályja sincs annak, hogy a koks egy részét is beleértve, a teljes kohóelegyet összeőrölve, teljesen önjáró brikett formájában adagoljuk a kohóba.

Ezeknek a következtetéseknek alapjául az eddigi laboratóriumi és félüzemi kísérletek eredményei szolgáltak. Végleges bizonyítékokat azonban csak hosszabb ideig tartó nagyüzemi kísérlet eredményei adhatnak. De még egy ily nagyüzemi kísérlet is csak kezdeti stádiumnak tekinthető, mert a cement és brikett gyártása terén az optimális műszaki és gazdasági technológia csak hosszabb üzemi tapasztalatok alapján alakulhat ki.

V. A gazdaságosság kérdése

Bár mindaddig, amíg a ferroaluminát, cementtel kötött brikett kohósításra való alkalmasságáról egy nagyüzemi kísérlet közelebbi tájékoztatást nem nyújt, időelőtti a gazdasági kérdésekkel foglalkozni, mégis szükségesnek látszik legalább nagy vonalakban rámutatni a valószínűnek látszó gazdasági

kihatásokra is, mert elsősorban ezek indokolják a nagyüzemi kísérlet mielőbbi elvégzését.

A briketkezés gazdaságosságának vizsgálatánál könnyű helyzetben vagyunk, mert az országban több szénbriketező üzem működik, s azok költségadatai ismertek. Az összehasonlításnál azonban figyelembe kell venni, hogy a fajsúlykülönbség miatt egy darab szénbrikett súlya $40 \div 60$ gr, egy ugyanakkora ércbriketté $110 \div 150$ gr, tehát több, mint két és félszerese. Így, ha szénbrikettsajtón ércbrikettet gyártunk, teljesítménye mintegy két és félszeresére emelkedik, s ennek következtében a vasérc brikettálás fajlagos technológiai önköltsége legfeljebb fele a szénének.

A tatai szénbrikettáló üzem 1964. évi teljes fajlagos önköltsége kötőanyag nélkül 51 Ft/t volt. Így teljesen jogos az a feltevés, hogy az ércbriketkezés technológiai önköltsége kötőanyag nélkül a 30 Ft-ot nem haladja meg.

A ferroaluminát cementből eddig gyártott legnagyobb mennyiség 15 t volt. Nagyüzemi égetés még nem volt, de az eddigi félüzemi égetéseknél nyert tapasztalatok szerint nincs okunk annak feltételezésére, hogy e téren különös nehézségek mutatkoznának, vagy e cement gyártási költsége meghaladná a szokványos építőipari cementekét, annál is inkább, mert a portlandcementeket 1450°C -on kell kiégetni, a ferroaluminát cementet pedig 200°C -kal kisebb hőmérsékleten.

Mint hogy az építőipari cementek ára a leadóállomáson ömlesztve 340—690 Ft/t közt van, joggal feltételezhetjük, hogy a ferroaluminát cement nagyüzemi gyártási költsége nem lesz nagyobb a legdrágább építőipari cement áránál.

A ferroaluminát cement azonban maga is $14 \div 17\%$ Fe és $42 \div 45\%$ CaO tartalmú bázikus vasérc, ezért az *Ózdi Kohászati Üzemek* e cementnek a kohóban értékesülő Fe és CaO tartalmát cement-tonnánként 160 Ft-ra értékelte. Ha ezt a legdrágább 690 Ft/t cementárból levonjuk, a cementnek a darabosítást terhelő költséghányada legfeljebb 530 Ft/t. Ezzel az árral számolva az ércbriketgyártás maximális technológiai önköltségét a kötőanyag árával együtt a XI. táblázatban tüntettük fel.

XI. táblázat

Cementmennyiség, %	Technológiai	Kötőanyag	Összesen,
	költség, Ft/t		Ft/t
10	30,0	53,0	83,0
15	30,0	79,5	109,5
20	30,0	106,0	136,0

Mint hogy a valószínű cementszükséglet az érc szemszerkezetétől és a présnyomástól függően $8 \div 12\%$ közt lesz, feltehető, hogy a briketkezés teljes

önköltsége jelentősen a szinter mai önköltsége alatt marad, annál is inkább, mert a szükséges beruházási költségek lényegesen kisebbek.

Egy 16 soros, 850 mm hengerátmérőjű brikettsajtó helyszükséglete $3 \times 4,5$ m, teljesítménye szénből 35 t/óra, vasérből 80 t/óra. Fajlagos energiaszükséglete anyagszállítással, keverővel és kihordószalagokkal együtt szénből $7 \div 10$, vasérből $3 \div 5$ kWóra/t. Ára keverővel, szállítóberendezéseivel, villanymotorokkal, alapozással és beépítéssel együtt $5 \div 6$ millió Ft.

A *Bányászati Kutató Intézet* gépészeti osztályának vezetője SZIGETVÁRI JÓZSEF és társai által konstruált új típusú brikettsajtó nyomása fantom fogaskerékpár beépítésével $4 \div 500$ atmoszférára emelhető. E 650 mm hengerátmérőjű gépnek teljesítőképessége percenként 6 fordulatonál szénből 35, vasérből 80 t/óra, percenként 10 fordulatonál szénből 60, vasérből 130–140 t/óra. Prototípusának gyártása rövidesen befejeződik. Gyártási költsége egyedi gyártásnál ca 1 millió Ft-ra tehető.

Egy 80 t/óra teljesítőképességű Dwight-Lloyd rendszerű zsugorítószalag építési költsége mellékberendezéseivel együtt ca 25 millió Ft, fajlagos koksfogyasztása $65 \div 70$ kg/t, fajlagos gázfogyasztása 150,000 kcal/t, fajlagos villamosenergiafogyasztása 32 kWóra/t.

Egy négy darab, egyenként 80 t/óra teljesítőképességű zsugorítószalag elhelyezésére szolgáló épület építési költsége 77 millió, a zsugorítószalagokkal és egyéb gépészeti berendezéseivel együtt kb. 240 millió Ft. Ezzel szemben 6 db előbb említett típusú, $80 \div 130$ t/óra teljesítményű brikettsajtó, a hozzájuk tartozó szállító és keverő berendezésekkel, bunkerekkel és épülettel együtt $50 \div 60$ millió Ft beruházási költséget jelent.

Ezek az adatok csak megerősítik azt az egyébként is közismert tényt, hogy a brikettezés mind beruházás, mind termelési költségek szempontjából gazdaságosabb a zsugorító darabosításnál.

A teljesen egyenlő darabnagyság, a teljesen önjáró brikett, a szállópor elmaradása, valamint a kokszpornak a brikettgyártásnál való felhasználása révén feltételezhető megtakarítások gazdasági jelentőségével csak a különböző összetételű brikettekkel végzendő nagyüzemi kísérletek kiértékelése során érdemes foglalkozni.

IRODALOM

1. Бауклох, В. — Егер, Ф.: *Сталь 11* (1939).
2. Rationalisierungs-Investitionen werden verstärkt. *Continentaler Eisenhandel* (1962), November.
3. FOURNAN, C.: *Blast Furnance* (1941); 635–640, 668–669.
4. SCHEDEL A.: A vasérc felületének, porozitásának és darabnagyságának jelentősége a redukció lefolyásánál. *Kohászati Lapok* (1961), 9.
5. JAKAB, V.: Szovjet ércelőkészítése mutatószámok, Budapest 1961; 108.
6. SCHEDEL A.: A mészko szerepe a kohóban. *MTA VI. Osztály Közleményei* 32 (1963), 187–198.
7. ВЕЧЕР, Н.А. — ЛЕБЕДЕВ, А.А. — КОРНЕЕВ, Н.Д.: Опыт применения агломерата в маргеновских печах. *Сталь 12* (1956), 1080–1083.
8. PAVLOV M. A.: A nyersvas kohászata, Budapest 1951; 89.

9. ZIKA—BAUMGARTEN: Erzbergbau und Erzaufbereitung in USA, Wien 1953.
10. SCHEDEL, A.: Reve és torokgáziszap hasznosítása. *Kohászati Lapok* (1956), 3.
11. SCHEDEL, A.: A frissítőérc brikettezése. *Kohászati Lapok* (1960), 1.
12. SCHEDEL, A.: Brikettieren von Eisenerz mit Eisenerzement. *Stahl und Eisen* 1 (1963), 47—49.
13. SZÉKELY, I.: Cement gyártása vörösiszap felhasználásával. *Építőanyag* 1 (1960).
14. TARJÁN G.—VÉCSEY B.: A vasérc és a nagyolvasztó elegyének előkészítése, Budapest 1956.
15. GUTHMANN, K.: Hochofenentlastung durch warmetechnische Möllervorbereitung. *Stahl und Eisen* (1938), 857—865.
16. SCHEDEL A.: Az ércelőkészítés új útjai. *MTA VI. Osztály Közleményei* 32(1963), 239—249.
17. SCHEDEL A.: Study of the Direct Reduction. *Acta Techn. Hung.* 49 (1964), 132—147.
18. HORVÁTH J.—HALÁSZ J.: Megjegyzések Schedel Andor „Az ércelőkészítés új útjai” és „A mészke szerepe a kohóban” c. tanulmányaihoz. *Kohászati Lapok* (1965), 4.
19. VISNYOVSKY L.: Redukciós folyamatok mechanizmusának vizsgálata termikus elemzésel. *Kohászati Lapok* (1965), 6—7.