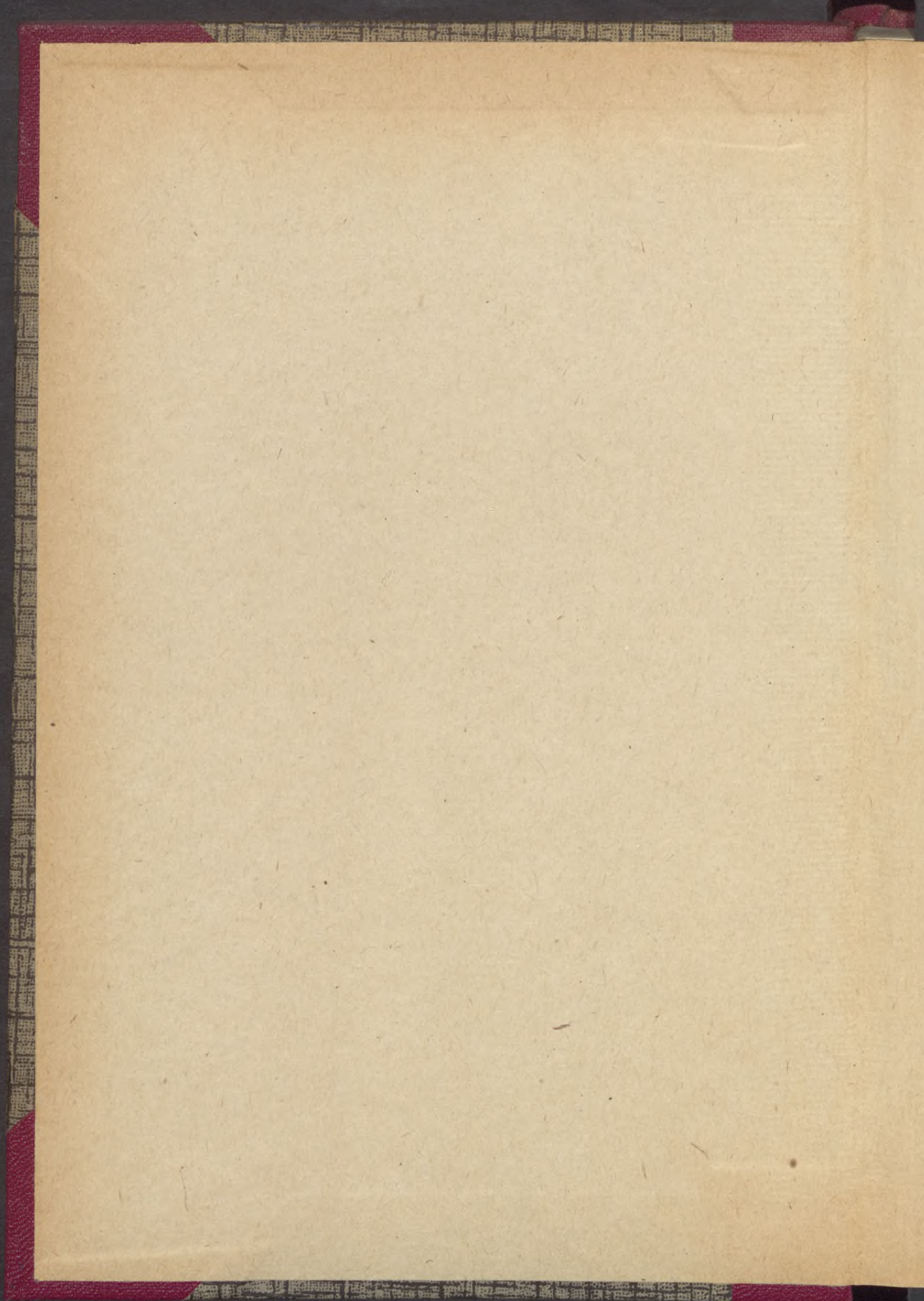


176.494









176

N



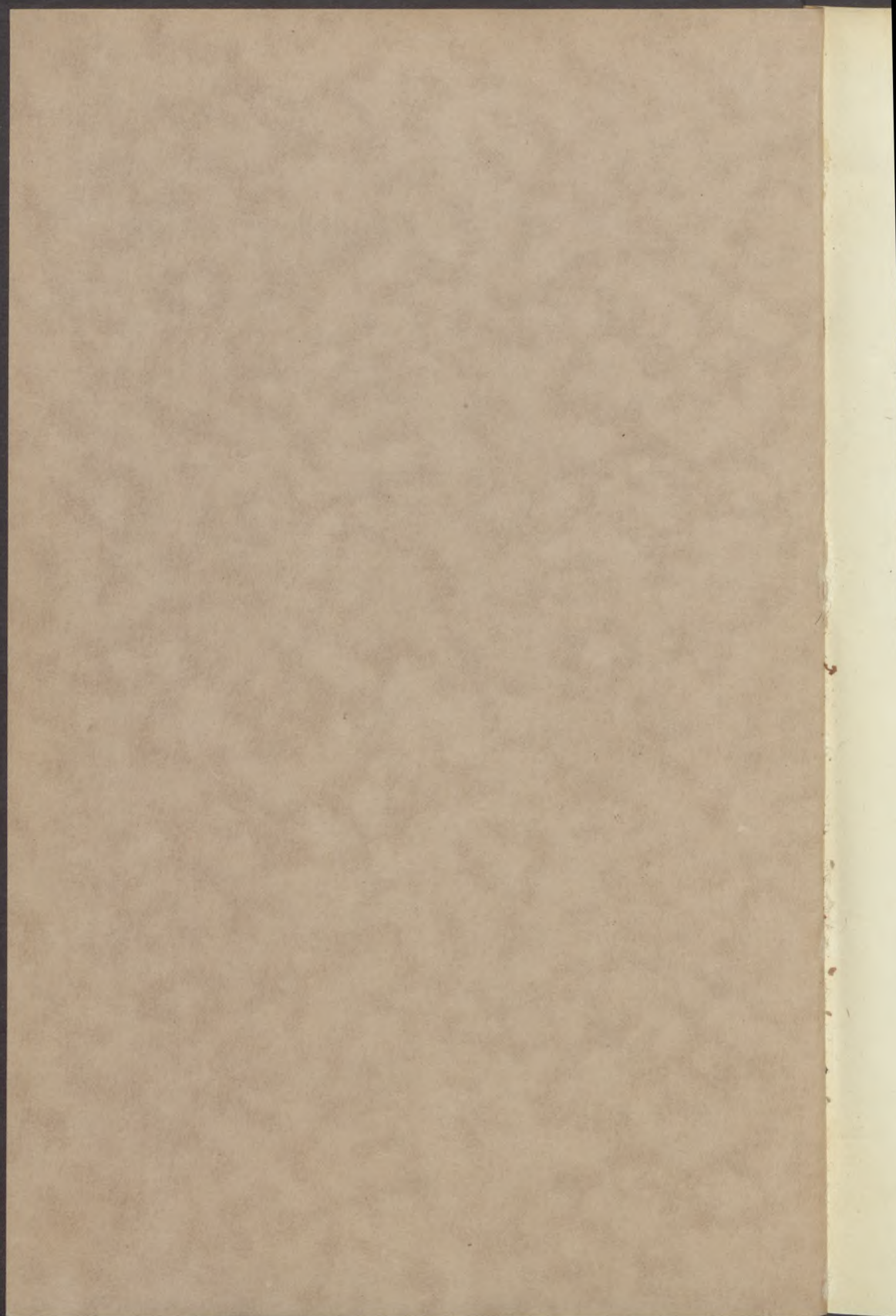
176494

2

COTEL ERNŐ

A  
NYERSVASGYÁRTÁS  
ALAPELVEI







# A NYERSVASGYÁRTÁS ALAPELVEI

Írta

**Cotel Ernő**

m. kir. bányamérnöki és erdőmérnöki főiskolai  
nyilv. r. tanár,  
v. vasgyári igazgató

**23 ábrával és 12 táblázattal**

A m. kir. Bányamérnöki és Erdőmérnöki Főiskola  
könyvkiadó alapjának kiadása

S O P R O N

1933





176494

*Tech.*

3A, 2A0

M. N. MUSEUM KÖNYVTÁRA  
I. Nyomat. Novéba. 1965  
1933 év. 497 sz.



NYOMTATTÁK: RÖTTIG-ROMWALTER NYOMDA BÉRLŐI  
SOPRONBAN



## Előszó.

Azalatt a tíz esztendő alatt, mely azóta telt el, amióta a Bányamérnöki és Erdőmérnöki Főiskolán a vaskohászat tanára vagyok, a nyersvasgyártás terén annyi új kutatás eredménye látott napvilágot, hogy előadásaim e részének anyagát évről-évre ki kellett egészítenem. Minthogy a legutóbbi két-három év kutatásainak rendkívül értékes eredményei a nagyolvasztóra vonatkozó ismereteinknek határozott, új rendszert is adtak, időszerűnek vélem, hogy a nyersvasgyártás főiskolánkon előadott anyagának vezérfonalát önálló munka alakjában közzé tegyem.

A nagyolvasztó építésével és felszerelésével ez a szerény munka nem foglalkozik. A metallurgia elveivel való kapcsolat sokkal fontosabb, mint az építésnek és a műszaki felszerelésnek a segédkönyvekben mindig fellelhető adatai. A kohászati szerkesztés (Konstruktive Hüttenkunde) Németországban például nemcsak külön tárgy, hanem külön tanszék anyaga is.

Főiskolánk nem régen megszerzett doktoravatási joga — úgy érzem — egyenesen kötelességemmé tette, hogy legújabb előadásaim vezérfonalát a nyersvasgyártás terén is megismertessem azokkal a kartásaimmal, akik a doktori szigorlaton a vaskohászatot választják melléktárgyuknak és akik a nyersvasgyártásnak csak régebbi főiskolai anyagát ismerték részletesebben. Az újabb vizsgálatok és kutatások lényegesebb eredményeit egészen 1933. április haváig feldolgoztam.

Hallgatóimtól a közismert segédkönyvekben (Hütte, Eisenhütte, Anhaltzahlen) való tájékozódást megkívá-



#### IV

nom s ezért az ezekben található adatokra munkámban is többször hivatkozom.

A rajzokat mind D i ó s z e g h y Dániel okl. vas-kohómérnök, tanársegéd úr készítette, aki egyébként is a legkészségesebben volt segítségemre munkám kidolgozása során. E helyen mondok érte őszinte köszönetet.

S o p r o n, 1933. május havában.

A szerző.



## Tartalomjegyzék.

	Oldal
1. A nagyolvasztó történeti fejlődésének vázlat. . . . .	1
A schmalkaldeni kemence 2. — A rómaiak erzbergi kemencéje 5. — Az ősi vasgyártó gödrök 8. — A faszenes és koksos olvasztók szerkezeti fejlődése 9	
2. A nagyolvasztók napi és fajlagos termelése és a velük összefüggő tényezők . . . . .	14
A fajlagos termelés jelentősége 15. — Nagyolvasztók adatai és üzemeredményei 16. — A fajlagos kokszelégetés 18. — A fajlagos vastermelés 19. — Az olvasztóhatás 20. — A szélnyomás szerepe és az anyagszlop sebessége 22. — A köbtartalom és a fajlagos termelés 24.	
3. A nagyolvasztó vízszintes és függőleges szelvénye; ezek méretezése. . . . .	25
A szelvényrészek 26. — A kettős csomakúp alkalmazása 26. — A nyugvószög 27. — A nyugvónélküli függőleges szelvény 28. — A nagyolvasztók magassága 30. — Az égés öve és az inaktív tér 33. — A hasznos kohómagasságok 35. — A méretezés elve és kivitele 41. — Profilméretek táblázata 42.	
4. A nyersanyagok tűzi előkészítésének elvei . . . . .	46
A vasérccek fajai és magyar vasérccek összetétele 47. — A tűzi előkészítés célja és elvei 49. — Az Apold-Fleissner-féle pörkölés 52. — Az oxidfokozatok redukálhatósága 53. —	



5. A nyersvasgyártás tüzelőanyaga. — A tüzelőanyag elégetésének módja . . . . .	55
A kohóban használható tüzelőanyagok 55. — A kohó- koks minősége 56. — A koks reakcióképessége. 57. — Az elégetés módja 61. — A levegő előkészítésé- nek kérdése 62.	
6. A nyersvasgyártás műveletének fizikai és kémiai lefolyása . .	65
A folyamatok vázlatos áttekintése 65. — A szilárd anyagszlop fizikai és kémiai változásai 66. — A redukció egyenletei 70. — A nagyolvasztó dia- gramja 72. — Az érc porozítása és szemmagysága 73. — Az akna redukciós munkája 74. — A kísérő elemek mennyiségének változásai a nyugvóban és a medencében 76. — A fúvósík oxidáló hatása 79. — A közvetlen és közvetett redukció arányának meg- ítélése 80. — A redukciós szám és a kokszfogyasz- tás hatása a torokgázra 82. —	
7. A nagyolvasztó hőgazdasága .	84
A hőbevétel és a hőkiadás tételei 84. — Egy hő- mérleg adatai és részletes kidolgozása 85. — A nagy- olvasztó műveletének különféle hatásfokai 91. — Az indirekt redukció részesedésének megállapítása 92.	
8. Az elegyszámítás . . . . .	94
A bázishiány kiszámítása 94. — A koksztülszükséglet megállapítása 96. — A salakszámok 100.	
9. A nyersvas . . . . .	101
A nyersvas fogalma 101. — A nyersvasfajták jel- lemző sajátosságai 102. — Maurer diagramja 104. — A $\text{Fe-Fe}_3\text{C}$ és $\text{Fe-grafit}$ -rendszerek állapotábrája 107. — A nyersvas vegyi összetétele és fizikai tulajdon- ságai (keménység, szilárdság, fogyás, hígfolys, sav- állóság) 109. — A nyersvasfajták vegyi összeté- tele 112.	



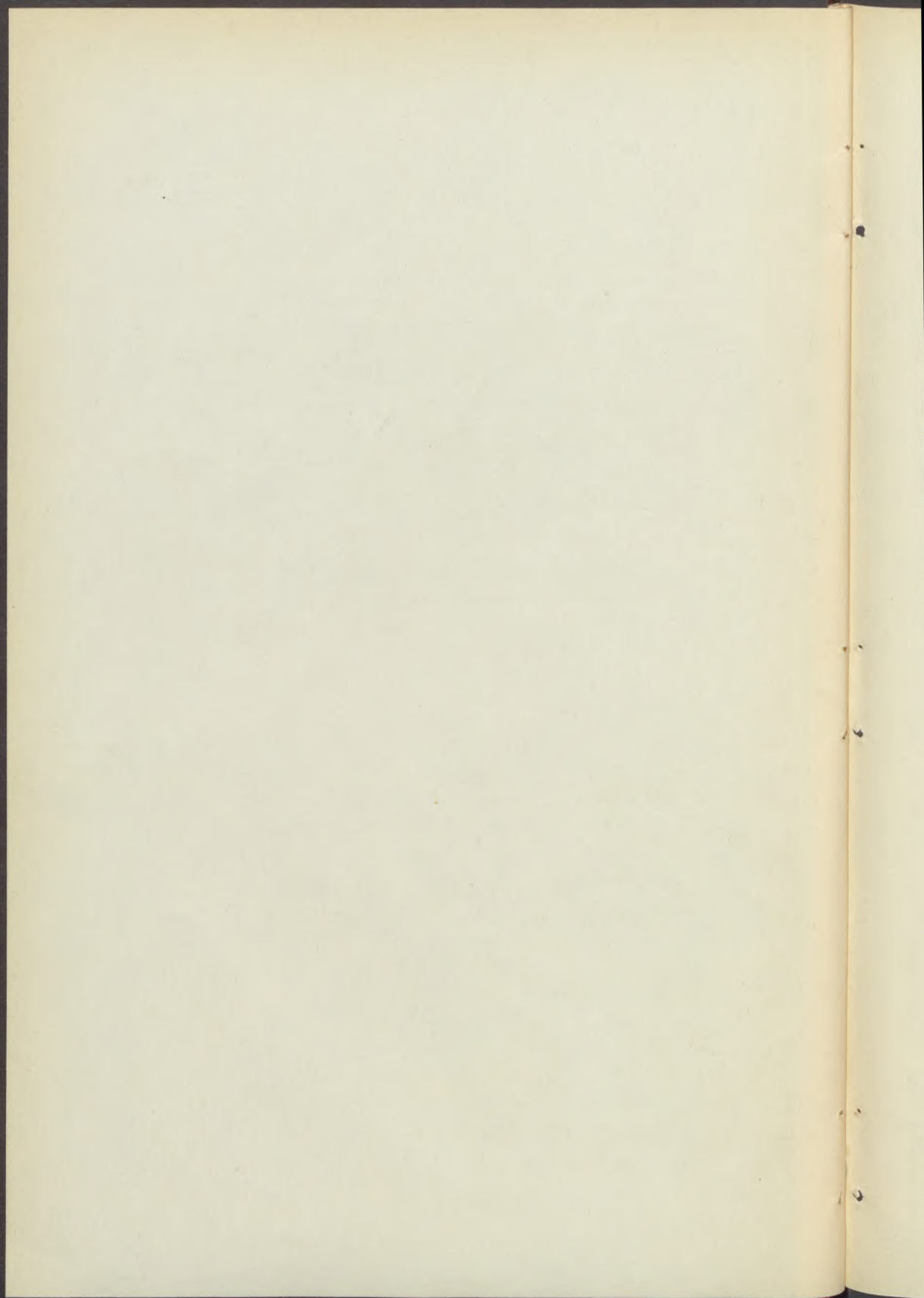
## 10. A nyersvas salakja . . . . .

A salak fogalma 113. — A salak három főalkotórésze 114. — A salakháromszög 115. — A salak kísérőoxidjai 115. — A fúvósík salakjának változásai a vascsapolónyílásig 116. — A szulfidoldó képesség 117. — Különféle nyersvasak salakösszetételei 118.

## 11. A torokgáz és a szállópor . . . . . 119

A nagyolvasztó mint gázfejlesztő 119. — A gáztömeg nagysága és fűtőértéke 120. — A torokgáz összefüggései a kokszfogyasztással és a redukációs művelettel 122. — A fúvósík gázösszetételei 125. — A szállópor 126.





## 1. A nagyolvasztó történeti fejlődésének vázlata.

Azt a kemenceszerkezetet, amelyben a nyersvasat évszázadok óta gyártják, nagyolvasztónak (Hochofen) nevezzük. Ez a név — főleg a német — jelzi, hogy a nagyolvasztónak a magassága az, amely különlegesen nagy méreténél fogva ezt a kemenceszerkezetet legjobban jellemzi. A technikának egyetlen más ága se dolgozik olyan kemencével, amelynek magassága a nagyolvasztó magasságát megközelítené.

Bár a mai nagyolvasztónak közvetlen őse — kétségtelen bizonyossággal — a korábban csak szilárd acélgomolyát gyártó „Stückofen”<sup>1)</sup> volt, szerkezetének alapelveire már a Krisztus előtti időkben használt és romjaikból kellő pontossággal újraserkeszthető kezdetleges vasgyártó kemencékben is ráismerhetünk.

A nyersvasgyártás a 14. század végén, vagy a 15. század elején indulhatott meg, mert 1443-ban Németországban már törvényes intézkedések tétetnek a nyersvastermeléssel kapcsolatban.<sup>2)</sup> Semmi kétség sincsen abban a tekintetben, hogy a nyersvasgyártás megindulásának ténye inkább véletlenségnek és nem tudatos kísérletezésnek köszönhető. A termelés gyorsítása és növelése érdekében mind több és mind nagyobb nyomású levegőt fújtattak a szilárd acélgomolyát gyártó aknás kemencébe. A vízzel hajtott fúvók alkalmazásával ez

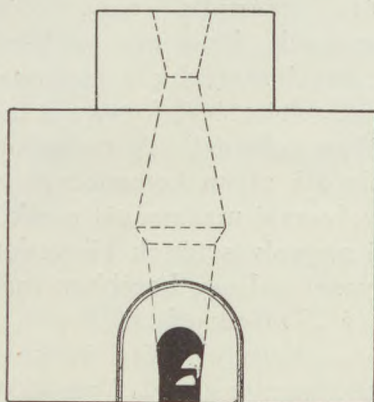
<sup>1)</sup> Ezt a kemencét Kerpely Antal és Edvi Illés Aladár bucakemencének nevezik.

<sup>2)</sup> Dr. L. Beck, Die Geschichte des Eisens, Braunschweig 1884. I. kötet 964.



azután olyan nagy mértékben sikerült, hogy a beállott nagy hőfokon a vastermény megolvadt és folyékonyan hagyta el a kemencét. Hogy ez csakugyan így volt, bizonyítja a nyersvasnak ebben az időben keletkezett angol (pig iron) és osztrák-német (Graglach) elnevezése, amelyet csakis a váratlan bosszúság érzete szülhetett.

A középkornak egyik legismertebb és legtekintélyesebb vasipari telepe a schmalkaldeni vasgyár volt, amelyről számos hiteles adatot őriz a vaskohászat fejlődéstörténete. A gomolyaacélt gyártó



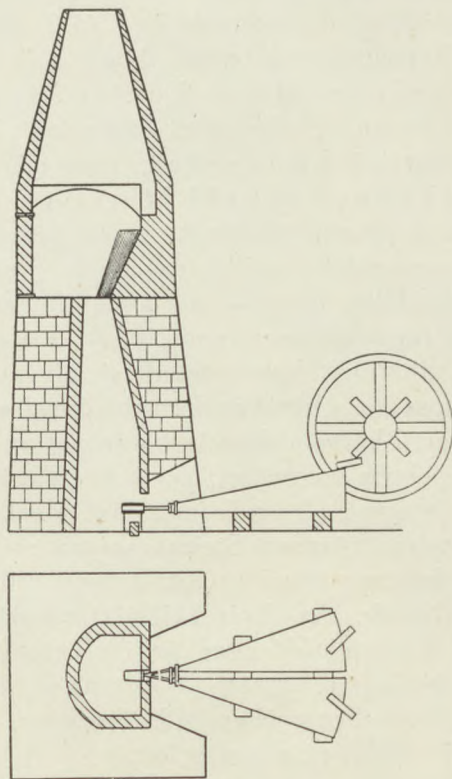
1. ábra.

A schmalkaldeni kemence. (Dr. O. Johanssen, Geschichte des Eisens, Düsseldorf, 1924. 38. oldal.)

schmalkaldeni kemence (Stückofen) rajzát az 1. ábrán látjuk. Bizonyára mindenkinek azonnal a szemébe ötlük, hogy a mai nagyolvasztót annyira jellemző kettőskúp alakú függőleges szelvény (profil) ebben a schmalkaldeni kemencében már hiány nélkül fellelhető. A tetejébe épített adagoló tölsér a szelvényalak velején mitsem változtat. Ennek a kemencének körülbelül 3'6 m volt a magassága és 0'75 m a medenceszélessége.<sup>3)</sup>

<sup>3)</sup> Dr. O. Johanssen, Die Geschichte des Eisens, Düsseldorf 1924. 38. oldal.

A gomolyaacélt gyártó aknás kemencék nagyobb-szabású üzeme Steierországban tartotta magát legtovább. A steier kemencék alakját és szerkezetét a 2. ábra mutatja be. Ezek a gomolyaacélra járó steier-



2. ábra.

A steierországi gomolyakemence. (Dr. O. Johannsen, Geschichte des Eisens. 40. old.)

országi kemencék a középkornak legnagyobb méretű ilyenmű építményei voltak. Magasságuk 4–6 m, mendenceméretük  $1'2 \times 1'5$  volt. A fújtatót a nyitott mell oldalán szerelték fel úgy, hogy azt az acélgomolya kiszedésének tartamára félre kellett húzni helyéből. (Megjegyzendő, hogy a 2. ábra profilján kívül a kettős-



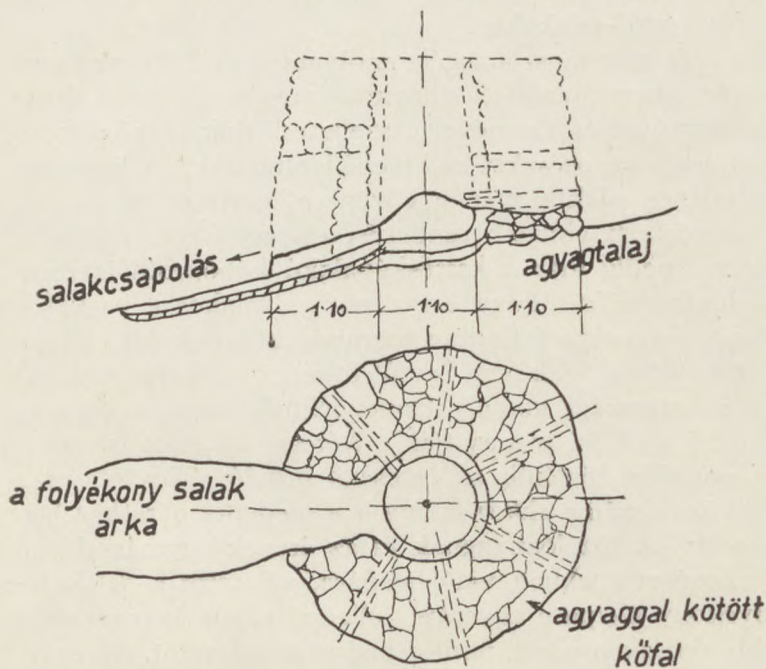
kúpalakú kemenceprofil is sűrűn alkalmazták a steier vasgyárak.) A nagyobb méretű vízikerekes fűjtatású steier „Stückofen” gomolyatermelését már úgyszólván állandóan kíséri a folyékony nyersvas is, amelynek mennyisége a teljes termelés 30—35%-át teszi ki.<sup>4)</sup>

Az elmondottak, valamint az 1. és 2. ábra szerkesztési elvei kétségtelenné teszik, hogy a középkornak gomolyára járó kemencéi és a mai nagyolvasztók között nemcsak szoros metallurgiai kapcsolat, hanem közvetlen szerkezeti átöröklés is van.

De ha a vasgyártásnak nemcsak századokkal, hanem két évezreddel korábbi idejébe is visszatekintünk, azt fogjuk találni, hogy — ha a metallurgiai folyamat kapcsolata természetesen nem is — a nagyolvasztók szerkezeti, illetőleg kemenceépítési elvének csaknem teljes azonossága a kereken kétezer évvel ezelőtt használt vasgyártó kemencéken is határozottan megállapítható. A 3. ábra szemlélteti azt a kemencét, amelyben a rómaiak *Noreia*ban (a jelenlegi Ausztriának részben Karintiára, részben Steierországra eső területein) körülbelül kétezer évvel ezelőtt kitűnő minőségű acéljaikat gyártották. Az ábrán tájékoztató méretek is láthatók. Dr. Schmid Walter grazi egyetemi tanár (akinek művéből a 3. ábrát átvettem) „*Norisches Eisen*” című könyvében (J. Springer, Stahleisen, Wien-Berlin, 1932) részletesen leírja *Lölling* és *Erzberg* vidékének római eredetű kemenceromjait, amelyek a helyszínen talált anyagtömegből és a különféle alkotórészekből úgyszólván tökéletes biztonsággal újszerkeszthetők. Ki tagadhatná, hogy a 3. ábra 2000 éves római kemencéje — kisebb méretei mellett is — szinte hiánytalanul hű mása a gomolyakemencéből lett nagyolvasztónak? A kemence egész felépítési módja, (sálak-) csapolónyílása, fúvókaelrendezése, bélés- és burokfala kivétel nélkül a kemenceszerkezet elvi azonosságának bizonyítéka. Schmid könyvének 14., 31. és



33. ábrája fényképeken mutatja be a kemencék fúvókáit, amelyeket vagy már a kemencék mellett, vagy még azok falában találtak. Ezeknek a fúvóknak (amelyeknek elhelyezését a 3. ábra jelzi is) anyaga néha vöröses, de legtöbbször fekete grafitos agyag és fúvónylásuknak átmérője 3,5–4,0 cm. A fúvókák belső végei



3. ábra.

A rómaiak erzbergi kemencéje. (Dr. Walter-Schmid, Norisches Eisen, Wien—Berlin, 1932. 205. old.)

mind el vannak salakosodva. Hogy a művelet salakja nagyrésztben folyékonyan került ki a kemencéből, annak kétségtelen bizonyítéka egyrészt a rombadőlt kemencék salaknyílása előtti folyókában talált megmerevedett salakréteg, másrészt az egyik-másik kemencében talált tűzálló agyagból való salakdugó, amelyen — egész

<sup>a)</sup> Dr. Johansen előbb idézett munkája, 39. old.



hosszában — salaktapadék látható. Schmid munkájának egyik salakfényképe (211. old.) különben is világos bizonyítéka annak, hogy a salak folyékony volt. A kép pontosan olyan, mintha valamelyik mai ingot- vagy bugaizzító kemencénk kifolyt salakjának fényképe lenne; a római idők eme salakjának vegyi összetétele is igen közel áll a mai izzítókemencék salakjához, az ú. n. „forrasztó”-salakéhoz.

Ha már most az acélgomolyára járó 2000 éves vasgyártó berendezést és ennek üzemmenetét a mai nagyolvasztóval és üzemével összehasonlítjuk, a következő lényeges egyezéseket kell megállapítanunk. A kemence általános alakja már a középkor legelején is nagyolvasztószerű, aknás berendezés, a középkor második felében pedig már a kettőskúpalakú kohóprofil is megjelenik anélkül, hogy ezt a szelvényalakot a vaskohászat történelmi fejlődése bármivel is indokolná. (Hogy ez a szelvényalak nem is volt feltétlen szükségesség, azt a steierországi gomolyakemencéknek sokszor egészen eltérő profiljai bizonyítják.) Kétezer év előtt is, ma is fúvószéllel történik az ércekből induló vasgyártás s a fúvókák száma akkor is, ma is a medencemérethez igazodik. A tüzelőanyagnak és az ércnek egymással váltakozó rétegekben való beadása, valamint a salak folyékony állapota egyaránt jellemzi úgy a kétezer éves kis aknaskemencét, mint a mai nagyolvasztót. Az egyedüli lényeges különbség tehát csakis a vastermék fizikai és vegyi állapotában mutatkozik. A vasgyártás ősi aknás kemencéje ugyanis az akkori műszaki fejlettség kezdetleges fúvóival (kézi és lábfújtatók) csak viszonylag alacsony hőfokot érhetett el, amelyen a redukált vas nem olvadt meg, hanem képlékeny állományú acélgomolyát alkotott a kemence fenekén. A képlékeny (szilárd) állapottal együttjárt a gomolyának és a tüzelőanyagnak (a faszénnek) felületesebb érintkezése is, ami viszont az erőteljesebb karbonizációt eleve kizárta.

Minthogy az eddig elmondottakból kétségtelenül



megállapítható, hogy a nagyolvasztónak általános szelvényalakja és fúvólevegővel dolgozó üzemi módszere több mint 2000 esztendőös multra tekint vissza, azt is mondhatnók, hogy a nagyolvasztó eredete a krisztusi idők tájáról való, bár az is bizonyos, hogy maga a nyersvasat gyártó nagyolvasztó — amint kimutattuk — még csak körülbelül 550 éves. Nem hallgathatom el itt azt a meggyőződésemet, hogy amint az igazi nyersvasgyártás megindulása maga is a nagyobb szélfeszültség véletlenségének köszönhető, éppen úgy tiszta véletlenség az is, hogy a krisztusi idők vasgyártó aknáskemencéi nem folyékony nyersvasat, hanem csak képlékeny acélgomolyát termeltek. Ha ugyanis valami véletlen ötlet folytán az akkori idők kis kohóját (3. ábra) jó magas kéménnyel toldják meg (ami pedig módjukban volt, mert tűzálló agyagból készült, máig fennmaradt kitűnő fúvókáik tanúsága szerint agyagsövet jól tudtak gyártani), úgy a vasterméknek legalább egy része már akkor is folyékony nyersvas lett volna. Ha kohójuk gyenge szélfeszültségét a kemence torkának depressziója is támogatta, illetőleg ha a kemence belső ellenállását — az amúgy is kisnyomású fúvószéllal szemben — egy magas kémény huzata csökkentette volna, akkor a folyékony nyersvas kisebb-nagyobb mennyisége már abban az időben is megjelenik. Kezdetleges életükből azonban hiányoztak a magas kémények képzetei, bárha ilyet — mint láttuk — készíteni tudtak volna. Ellenben saját testük mechanikájának közvetlen megfigyelése a gépi fűjtatás felé vonta az akkori idők embereit, holott a gépszerkezeteknek megfelelő műszaki fejlettségére még majdnem másfélezer évig kellett várniuk.

A krisztusi idők római telepeseinek vaskohóját csak azért emeltem ki kissé határozottabban, mert benne a mai nagyolvasztók kezdetleges alakját és üzemi módszerét, tehát 2000 éves őst kétségtelenül megtaláltuk. Magának a vasgyártásnak eredete azonban



sokkal korábbi időknek homályában vész el. Dr. O. Johansen már idézett könyvének (*Geschichte des Eisens*, Düsseldorf, 1924) 12. és 13. oldalain olvashatjuk, hogy Herodotos szerint már a Kr. e. 3000 évben épült Cheops-piramis gránitkockáit is acélszerszámokkal faragták. Herodotost igazolja a Cheops-piramisban talált acélszerszám. Ninive romjai között (Sargon királynak Kr. e. 712-ben épült palotájában) az ásatások 160 tonna acéltárgyat, főként lyukasztott és előkovácsolt acélgomolyát tártak fel. Indiában Kr. e. 600 évből való sírokban kitűnő acélfegyvereket találtak.

Amíg azonban a krisztusi idők római aknáskemen-céjének (3. ábra) alakja és építőmódja határozott rokonságban van a mai nagyolvasztóval, addig a Kr. e. századokban az acélgomolyát leginkább egyszerű, huzatos domboldal talajába vájt, agyaggal kikent gödrökben gyártották. Ilyen gomolyaacélt gyártó, agyaggal kitapasztott gödröket évezredek óta ismert vasércelőfordulások közelében Európa számos helyén találtak; így többek között Waltendorfban (Krajinában) 24 ilyen ősi gödörmedencére bukkantak.<sup>5)</sup>

Azóta, amióta a nagyolvasztó nyersvasat gyárt, körülbelül a következő fejlődési fokozatokon ment keresztül ez az igen nagy multra visszatekintő kemenceszerkezet.

A gomolyára járó kemencéből való átmenet idején és még sokáig azután a nagyolvasztók medencéjének nyitott melle volt, ami azt jelenti, hogy a csapolónyílás oldalán a medencefal egy része — falvékonyítással, vagy más módon — úgy volt alakítva, hogy a medence kibontása ne járjon nagyobb költséggel, vagy időpazarlással. A nagyolvasztók ugyanis ebben az átmeneti időben — felváltva — majd acélgomolyát, majd pedig folyékony nyersvasat gyártottak. Ez az át-

<sup>5)</sup> Dr. H. Jüptner, *Das Eisenhüttenwesen*, Leipzig 1912. 26–27. oldal.



meneti idő természetesen egészen addig tartott, amíg a vasiparban a frissítő művelet és a friss tűz általánosan el nem terjedt.

A vasöntés (mintába való öntés) ismeretének és a frissítésnek gyors elterjedésével persze együtt járt a nyersvas iránti kereslet rohamos növekedése úgy, hogy a nagyolvasztók nagy számban tértek át a folyékony nyersvas kizárólagos termelésére. A nyitott mellű olvasztókra nem volt tehát többé szükség s a medencék inntól jobbra teljesen zárt körfallal épülnek.<sup>6)</sup>

A nagyolvasztók termelése állandóan növekszik, a kohók méretei fokozatosan nagyobbodnak s a 18. század elején már sokfelé az a helyzet, hogy a nagyolvasztókban eladdig kizárólagosan használt faszenet ásványi tüzelőanyaggal kell helyettesíteni. Darby Ábrahám az első, aki (Angolországban) koksznagyolvasztót sikeresen hoz üzembe a 18. század harmincas éveiben.<sup>7)</sup> A koksnak nagyolvasztókban való használata, majd később a vasutak építése és üzeme a nyersvasgyártásnak s vele sok új nagyolvasztó építésének hatalmas további lendületet ad. A kokszos nagyolvasztók olcsó nyersvasa és a vasúti szállítás fejlődése teszi lehetővé, hogy a 19. század elejétől kezdve vasöntőművek ott is létesülhessenek, ahol nincs nagyolvasztó, vagyis ahová a szilárd nyersvasat más-honnan kellett szállítani.<sup>8)</sup>

A nagyolvasztó építő módjának fejlődési vázlata az alábbiakban foglalható össze.

┌ A gomolyakemencéből fejlődött nagyolvasztónak kettős falazata volt; a külső, vagy burokfal és a

<sup>6)</sup> Az ipar terén fejletlenebb országokban az átmenet ideje századokon át tartott és nálunk pl. még a múlt század hatvanas éveiben is több nyitott mellű kis kohó dolgozott hol acélgomolyára, hol meg nyersvasra. (Lásd Cotel E.-nek a „vaskohászat”-ról szóló cikkében a „Technikai fejlődésünk története” című kötet 685. oldalán, Budapest 1928. Stádium-kiadás.)


<sup>7)</sup> L. Beck, Die Geschichte des Eisens, 3. köt. 162. old.

<sup>8)</sup> A. Ledebur, Handbuch d. Eisenhüttenkunde, Leipzig 1906. V. kiadás. II. köt. 32. old.



belső vagy (tűzálló) bélésfal együtt alkotta ezt a századokon át divatos kettős falazatot. A burokfal olyan négyszögletes alaprajzú egységes tömböt alkotott, amelynek az aknafal is szervesen egybefüggő része volt és vele együtt, egyszerre épült is fel. A medence és a nyugvó csak a burokfal és az akna felépítése után épült fel az akna alá, illetőleg az aknába. A nagyolvasztó építésmódjának ez az utóbbi része tehát egyező a mai nagyolvasztó építésének módjával. A burokfalat magában foglaló faltömb négy sarokpilléren épült az alapzatra s innen ered az akkori nagyolvasztóknak („pilléres nagyolvasztó”) általánosan elterjedt elnevezése. A pillérek közé feszített négy boltozat alatt lehetett csak a medencéhez hozzáférközni.

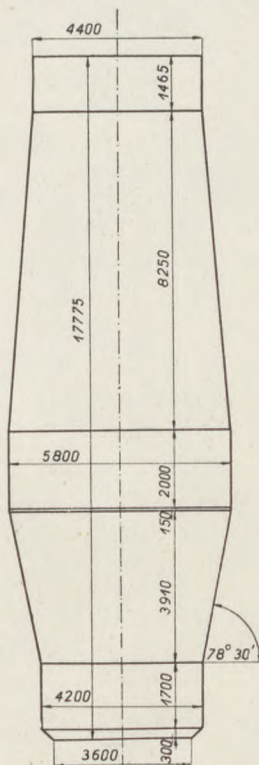
A négy sarokpilléren nyugvó egységes faltömb vízszintes szelvénye hosszúkás négyszögalakú volt, ami annál inkább természetes, minthogy az első időben a nyersvasra járó nagyolvasztónak magának is ez volt a vízszintes szelvénye.

Így épültek a nagyolvasztók a 19. század közepe tájáig és Magyarország északi vármegyéiben még ma is állanak ilyen (30—40 évvel ezelőtt leállított) nagyolvasztók. 

Mikor azután a fűvólevegőt hevíteni kezdték és a fűvókák száma is mind nagyobb lett, a nagyterjedelmű pillérek igen kellemetlen akadályai lettek a forrószélvezeték és a fűvókák célszerű elhelyezésének, valamint a nagyolvasztó legfontosabb részéhez, a medencéhez való szabad hozzáférés lehetőségének. Ennek az akadálnak elhárítása vezetett az ú. n. skó t n a g y o l v a s z t ó szerkezetéhez, amelyet Skótországbán építettek meg először; innen a neve is. Ez a megoldás elhagyja a burokfalat s az aknát előbb öntöttvasból való, utóbb pedig szegecselt hengereltvasból való oszlopokra építi. Az aknafal alaktartását és kellő merevségét a skót olvasztó építésmódja úgy oldja meg, hogy eleinte az egész aknát lemezzpalástba foglalja,

később pedig rendesen megelégszik az akna téglaoveinek acélabroncsokba való foglalásával.

A skót nagyolvasztó építőköltsége kisebb, falazatának tartóssága nagyobb, medencéjének és bármely más részének hozzáférhetősége pedig szinte összehasonlítható.



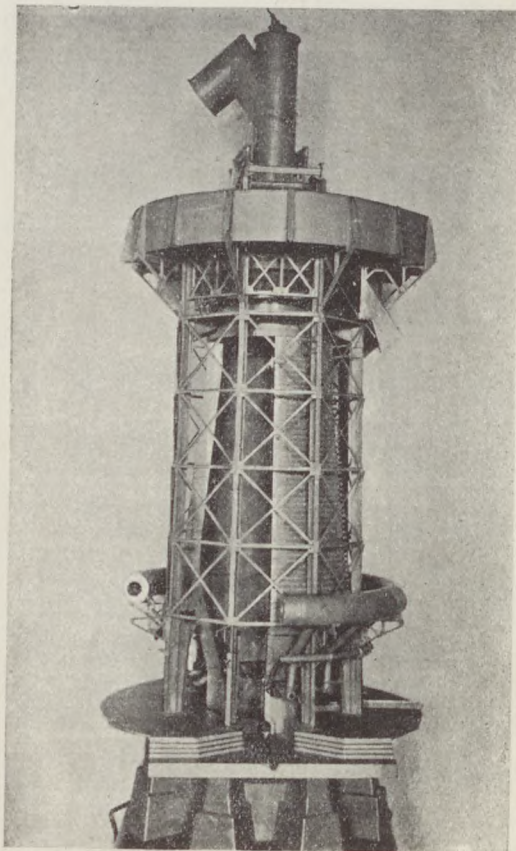
4. ábra.

Közepes termelésű, jól menő nagyolvasztó függőleges szelvénye.

hatatlanul tökéletesebb, mint a pilléres olvasztóké volt. A skót nagyolvasztó rendszere lassan, de biztosan terjedt el s mind a mai napig tartja kizárólagos uralmát. Borbély Lajos emlékének örök dicsősége, hogy Magyarországon (Likéren, Gömör vármegyében) már a múlt század nyolcvanas éveinek legelején megépített



és üzembe hozza az akkor legtökéletesebb kivitelű és legjobb felszerelésű skót nagyolvasztókat olyan tökéle-



5. ábra.

Nagyolvasztó tanulmányi modellje a soproni m. kir. Bányamérnöki és Erdőmérnöki Főiskolán.

tes telepítés keretében, amilyenre Európában akkor alig lehetett példát találni.<sup>9)</sup>

Csonkamagyarország mai nagyolvasztói (Diós-győrött kettő, Ózd on négy) úgy építési mód, mint

<sup>9)</sup> Cotel E. közlése a „Technikai fejlődésünk története” című műben, Budapest, 1928. 684. és 687. oldal.

az üzemvezetés mintaszerűsége dolgában ugyancsak jól állják az összehasonlítást az ipar tekintetében fejlettebb országok nagyolvasztóival. Ennek a fejezetnek a végén álljon itt egy közepes termelésű, igen jól menő nagyolvasztó függőleges szelvénye (4. ábra) és a soproni főiskola tanulmányi modelljének képe (5. ábra).<sup>10)</sup>

---

<sup>10)</sup> Ez az igen jól sikerült, részletesen kidolgozott kohómodell a Bányamérnöki és Erdőmérnöki Főiskola vas-kohászati intézetének tulajdona s a Rimamuránsalgótarjáni vasmű r.-t. ajándéka.



## 2. A nagyolvasztók napi és fajlagos termelése s a velük összefüggő tényezők.

A nagyolvasztónak, mint vaskohászati termelőberendezésnek értéke attól függ, hogy az illető nagyolvasztó mennyi nyersvasat termel 24 óránként és hogy ebből a vastermelésből mennyi jut a fúvósík területegységére ( $\text{m}^2$ ) óránként. Az olyan nagyolvasztó, helyesebben nagyolvasztóüzem, amelyben a napi (24 óránkénti) vastermelés a megfelelően nagyterületű fúvósík következtében „nagy” ugyan, de az ebből a napi termelésből óránként a fúvósík területének  $1 \text{ m}^2$ -ére jutó vasmennyiség viszonylag csekély, nem tekinthető kifogástalannak. Valamint nem kétséges ugyanis az, hogy a gőzkazán kihasználása csak akkor jó és gazdaságos, ha fűtőfelületének  $1 \text{ m}^2$ -én óránként a lehető legnagyobb mennyiségű gőzt termeljük, a Martinke-mence acéltermelése pedig akkor tekinthető a legjobbnak, ha benne fürdőterületének  $1 \text{ m}^2$ -én óránként az ez idő szerint lehető legnagyobb acélmennyiséget gyártjuk, éppen úgy bizonyos az is, hogy a nagyolvasztó kihasználása is csak akkor tekinthető jónak, ha benne fúvósíkfelületének  $1 \text{ m}^2$ -én és óránként az ércminőségnek megfelelő legnagyobb mennyiségű nyersvasat termeljük.

Ezeknek a tényeknek fontossága jóval nagyobb, mint ahogyan azt igen sokan gondolják. Ezen fordul meg a nagyolvasztótelepbe beépített tőke jövedelmezősége, helyesebben annak a kérdésnek az eldöntése,



hogy hány nagyolvasztót kell építenünk, vagyis mennyi tőkét kell beruháznunk a nagyolvasztótelep építkezésébe. Ha pl. három kohóval naponként csak annyit tudnak valahol termelni, mint amennyit másutt ugyanolyan ércviszonyok és kohóméretek mellett kettőben, de sőt egy egységben termelnek 24 óra alatt, akkor egészen kétségtelen, hogy az előbbi telepen egyrészt tökepazarlás történt, másrészt az olvasztók kihasználása nem jó. Ha meggondoljuk, hogy egy vagy két felesleges nagyolvasztónak mennyi a beruházási költsége, illetőleg ennek önköltségi törlesztése, mennyi a munkabértöbblete, mennyi a többszörös munkáslétszámával kapcsolatos lakásépítési és számos egyéb szociális terhe, akkor világosan kitarul előttünk az a sivár gazdasági kép, amit a nagyolvasztótelepek kelleténél kisebb egységei, vagy még inkább azok gyenge kihasználása tárnak elénk.

A mai nagyolvasztók napi nyersvastermelése általában 100 és 1200 t között mozog. A 100 tonnás olvasztóknál ugyan kisebbek is vannak üzemben, ezek száma azonban nem nagy, és egyre fogy. Az 1200 t napi nyersvastermelést amerikai, egyes németországi és az újabban épült oroszországi leghatalmasabb méretű nagyolvasztók érik el.<sup>11)</sup> A fúvósík területegységére (1 m<sup>2</sup>) jutó óránkénti — vagyis fajlagos — vastermelés persze teljesen független a napi termelés mennyiségétől. Ez a fajlagos nyersvastermelés a nagyolvasztó teljesítményének és kihasználásának legmegbízhatóbb mértéke, amelyet kg/m<sup>2</sup>-ben szoktunk kifejezni, kis- és nagyméretű, valamint kis és nagy napi termelésű olvasztóknál egyaránt lehet kedvező, vagy kedvezőtlen. Más szóval: kisméretű és viszonylag csekély napi termelésű, de helyes üzemvitelű nagyolvasztónak éppen úgy igen nagy lehet a fajlagos termelése, mint ahogyan az is gyakran előfordulhat, hogy nagyméretű s éppen

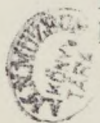
<sup>11)</sup> Stahl und Eisen, 1933. évf. 198. old. (Irdalmi szemle, (Roheisen.)



ezért viszonylag nagy napi termelésű olvasztónak gyenge a fajlagos termelése.

Mielőtt megvizsgáljuk, hogy az üzemi viszonyok miként befolyásolják a napi és a fajlagos termelés nagyságát és hogy a különféle tényezők milyen hatással vannak a nyersvastermelésre, valamint az üzem gazdaságosságára, át kell tekintenünk különféle méretű, jójárású nagyolvasztók üzemi adatainak és üzemeredményeinek összefoglalását.

Erre a célra igen alkalmas E. C. Evans és F. J. Baily munkája,<sup>12)</sup> amelyben 74 nagyolvasztónak üzemi adatait találjuk meg, jól áttekinthető táblázatokban. Ennek a 74 olvasztónak adataiból kikerestem a legkisebb és a legnagyobb értékeket, amelyek a következő képet nyújtják (l. az 1. sz. táblázatot):



1. sz. táblázat.

medenceátmérő . . . . .	2'45—5'20 m
fúvósík területe . . . . .	4'7—21'2 m <sup>2</sup>
vastermelés 24 óránként . . . . .	58—700 t
kokszfogyasztás . . . . .	85—184%
fajlagos vastermelés . . . . .	470—1486 kg/m <sup>2</sup>
szélfeszültség . . . . .	0'27—0'9 at
szélhőmérséklet . . . . .	370—940 C
kihozatal az elegyből . . . . .	21—51%
salak 1 t vas mellett . . . . .	360—1755 kg.

Evans és Baily üzemi adatgyűjteményét azért kell tanulságosnak tekintenünk, mert keretei között ott találjuk az Európában ma használatos csaknem valamennyi méretet (a legkisebbtől a legnagyobbig), csaknem minden előforduló teljesítményt, szélfeszültséget, kihozatali értéket stb. Bár sem a legkisebb értékeknek nincs egymásközötti kapcsolatuk, sem a legnagyobbak-

<sup>12)</sup> Journal of the iron and steel inst. 117. (1928.) 53—144. old., továbbá E. Diepschlag, Der Hochofen, Leipzig 1912. 164—171. old.



nak egymás között, ennek a számcsoportnak mégis megvan a maga határozott jelentősége, mert azok alapján több lényeges megállapításhoz juthatunk.

Első megállapításunk, hogy a kereken  $500 \text{ kg/m}^2$ -es fajlagos vastermelést bízvást a legmélyebb minimumnak tekinthetjük, amelyet csakis igen gyenge érc, igen csekély vastartalmú elegy esetében fogadhatunk el. Helyes üzemvezetés mellett a fajlagos termelésnek még gyengén közepes (30–35%) elegykihozatal esetében is jóval nagyobbak kell lennie  $600 \text{ kg-nál}$ . Ne felejtsük, hogy a fajlagos termelés középértéke a fentebbi határértékek alapján közel  $1000 \text{ kg}$  s hogy a közepes vaskihozatal az elegyből mindössze 36%! Pedig az Evans és Baily adatgyűjteményébe felvett nagyolvasztók közül meglehetősen sokat járatnak szürke öntőnyersvasra, ami — mint későbbi szakaszban látni fogjuk — már magában véve is alkalmas arra, hogy a nagyolvasztó napi és fajlagos termelését lejebb szorítsa. Azt is meg kell állapítanunk, hogy a fajlagos termelés tényleges felső határértéke messze meghaladja az Evans és Baily adatai közt látható  $1486 \text{ kg-os}$  felső értéket. Hogy csak egy példát említsék, Mund és Stoecker egyik legújabb munkája<sup>13)</sup> bizonyítja, hogy egy  $3900 \text{ mm-es}$  medenceátmérőjű német nagyolvasztóban 50%-os elegykihozatal mellett több mint  $1800 \text{ kg-nyi}$  fajlagos nyersvastermelést értek el, a napi termelés pedig  $500 \text{ t}$  volt.

Második megállapításunk, amely azonban nem olvasható ki a fentebbi számoszlopból, hanem csakis a 74 olvasztó üzemeredményeinek részletes áttekintéséből következik az, hogy a szélhőmérséklet nincs határozott összefüggésben a fajlagos termelés nagyságával. Igen jellemző pl. a már idézett Diepschlag-féle munka eredménytáblázatában a 18., 19. és 20. számú nagyolvasztóknak fajlagos

<sup>13)</sup> A. Mund, J. Stoecker, Verlauf der Vorgänge in der Rast usw. Stahl u. Eisen, 1931. évf. 1449–62. old.



teljesítménye, amely mind a három olvasztónál majdnem teljesen egyforma (617, 629 és 637 kg/m<sup>2</sup>), holott fúvósélelmérsékletük között óriási a különbség (455, 580 és 827°). Az elegy vastartalma mind a három esetben igen közel esik egymáshoz (33, 35, 36%). Ha már most a nagyolvasztó termelésének nagyságát befolyásoló tényezőket vizsgáljuk, az alábbi megállapításokhoz jutunk.

Minthogy a nagyolvasztó napi vastermelésének nagysága szempontjából éppenséggel nem közömbös, hogy a nyersvas szegény, vagy gazdag ércből olvadt-e ki, azért a nagyolvasztó teljesítményének leghívebb képét a fúvósík területén (vagy annak egységén) elégetett koksz, illetőleg karbonmennység nyújtja. A kokszmennység persze éppen úgy vonatkozhatik 24, vagy 1 órára, mint a napi, illetőleg fajlagos nyersvas-termelés. A fúvósíkban a medenceátmérővel együtt növekvő kokszelégetés számértékeit Eichenberg munkája alapján az „Anhaltszahlen für den Energieverbrauch in Eisenhüttenwerken” (Düsseldorf, 1931) című munka III. kiadása is közli (12. old.). De minthogy Diószeghy nemcsak Eichenberg adatait, hanem több mint 100 további üzem irodalmi adatait is feldolgozta, célszerűbbnek tartom, ha a Diószeghy gyűjtötte adatok<sup>14)</sup> eredményeit használjuk. Ezek szerint a 24 óránként elégetett — összes C-mennység a medenceátmérő arányában — középértékben — a következőképen növekszik:

## 2. sz. táblázat.

25 m-es medenceátmérő mellett	70 t
3'0 „ „ „	108 „
3'5 „ „ „	162 „

<sup>14)</sup> Diószeghy Dániel, Die Auswertung d. Hochofenbetriebszahlen, Mitteilungen d. königl. ung. Hochschule zu Sopron, 1932. S. 242.



4'0 m-es medenceátmérő mellett	232 t
4'5 „ „ „	308 „
5'0 „ „ „	387 „
5'5 „ „ „	464 „
6'0 „ „ „	548 „
6'5 „ „ „	630 „

Érdekes, hogy amíg a fúvósíkban elégett karbon össz-mennyisége — amint látjuk — a medence átmérőjével arányosan növekszik, addig a fúvósík 1 m<sup>2</sup>-ére jutó fajlagos karbonelégetés csak 5'0 m-es medenceátmérőig növekszik, attól kezdve pedig lassan visszaesik. A 24 óránkénti fajlagos karbonelégetés értékei ugyanis (a fentebbi középértékek alapul vétele mellett) a következők:

### 3. sz. táblázat.

2'5 m-es medenceátmérő mellett	14'3 t/m <sup>2</sup>
3'0 „ „ „	15'3 „
4'0 „ „ „	18'5 „
5'0 „ „ „	19'8 „
6'0 „ „ „	19'3 „
7'0 „ „ „	18'5 „

A medencében elégetett karbonmennyiség számértékei azért nagyon fontosak a nagyolvasztó teljesítményének megítélése szempontjából, mert — akármilyen is az illető nagyolvasztó százalékos kokszfogyasztása — egészen kétségtelen, hogy vastermelésünk nagysága arányosan növekszik a fúvóövben elégetett karbonmennyiséggel. Bizonyos tehát, hogy a fúvósíkban elégetett C-mennyiség a nagyolvasztó munkabírásának legközvetlenebb kifejezője.

Az „Anhaltzahlen” III. kiadása (1931, Düsseldorf, 12 oldal) úgy a teljes, mint a fajlagos karbonelégetésre vonatkozóan jóval nagyobb értékszámokat említ (a különféle medenceátmérőkkel kapcsolatban).



De minthogy ezek főleg a legújabb „nagytermelésű” rajna-westfáliai kohók üzemeredményeiből valók, inkább maximális, mint középértékeknek tekinthetők. Tervezéskor különben is csak előnyös, ha biztosak lehetünk abban, hogy nagyolvasztónk legalább annyit, valószínűleg azonban többet tud termelni, mint amennyire terveztük.

Az eddig mondottakat — ennélfogva — úgy foglalthatjuk össze, hogy: a nagyolvasztó nyersvastermelése általában annál nagyobb, minél nagyobb a medence átmérője, helyesebben és közvetlenebbül pedig, hogy: a nagyolvasztó termelése a fúvósíkban elégetett karbonmennyiséggel együtt növekszik. Ez a megállapításunk — teljes egészében — természetesen csak az elegynek egyazon vastartalma és egyazon szélfeszültsége mellett érvényes, minthogy egészen bizonyos, hogy gazdagabb érccel és nagyobb szélfeszültséggel, de kisebb átmérőjű medencében esetleg jóval nagyobb vastermelést érhetünk el, mint nagyobb átmérőjű nagyolvasztóban szegény érccel és gyenge nyomású fúvószéllel.

Ha már most valamely meghatározott átmérőjű medence imént sorolt közepes karbonelégető képességéből az illető nagyolvasztó olvasztóhatására akarunk következtetni, úgy bizonytalanabb úton járunk akkor, ha csupán a termelhető nyersvasat vesszük számításba, mint akkor, ha a salaktömeg megolvasztására is gondolunk. Kétségtelen ugyanis, hogy egyazon karbonmennyiséggel — egyébként egyenlő feltételek mellett — akkor fogunk több nyersvasat termelni, ha ugyanakkor kevesebb salakot kell megolvasztanunk és viszont. Hogy a salaktömeg tekintetbevétele mennyivel biztosabbá teszi a megítélés alapját, azt jól megvilágítja az a tény, hogy Diószeghy előbb említett tanulmányában az 1 t C-ra vonatkoztatott együttes (nyersvas meg salak) olvasztóhatás számértékeiben szóródás alig



észlelhető. Ezek az adatok ugyanis azt bizonyítják, hogy — akármilyen is az érc vastartalma és akármilyen is az olvasztó medencéjének átmérője — az elégetett karbon minden tonnája kereken két tonnányi (1'8—2'1) együttes vas- és salaktömeget olvaszt meg, illetőleg termel.

A tüzelőanyag fajlagos együttes olvasztóhatása tehát kis- és nagyméretű nagyolvasztókban majdnem teljesen egyenlő.

A magyarországi nagyolvasztók fajlagos vastermelése nem nagy ugyan, de viszont azt ki kell emelnünk, hogy a tüzelőanyagot úgyszólván sehol sem használják olyan jól ki, mint a mi nagyolvasztóink, amelyekben a karbonnak olyan nagy fajlagos olvasztóhatását biztosították, mint alig valahol a világon. Ez az érték ugyanis nálunk, az imént említett 2 t helyett 2'7 t (vas és salak) szokott lenni. Azt mondhatjuk tehát, hogy kohóink az idegenből behozott kokszokat a lehető legjobban kihasználják s a velük elért fajlagos olvasztóhatás a külföldi átlagot messze felülmúlja.

Az eszköz, amelynek igénybevételével közvetlenül nagyobb méretű karbonelégetéshez, ennek közvetítésével pedig nagyobb vastermeléshez juthatunk, a befújtatott levegő mennyiségének és feszültségének növelésében áll rendelkezésünkre. A fúvólevegő mennyisége és feszültsége (nyomása) egymással szorosan összefüggő tényezők, mint-hogy nyilvánvaló, hogy a fúvókaszelvény állandósága esetén — a szélnyomás növekedésével a szélmenyiség is növekszik. De mind a két tényezőnek külön-külön is megvan a maga fontos jelentősége. Amíg a levegőmenyiség növekedésével az elégő karbon mennyiségének növekedése jár együtt, addig a szélnyomás növekedése a levegő részecskéinek eleven erejét fokozza, ami-



nek viszont az égési sebesség növekedése a következménye. A fúvósík olvasztóhatása így azután részben a nagyobb tömegű, részben pedig a nagyobb sebességű karbonelégés révén nagyobbodik, illetőleg gyorsul. A fúvósíknak nagyobb tömegű és gyorsított tűzjárása közvetlenül az olvasztóhatás mértékét közvetve pedig az anyagoszlop süllyedésének sebességét növeli, ami egyben az anyagrétegek süllyedési idejének (a torokszint-ről a fúvósíkba való jutásuk időtartamának) megrövidülését jelenti.

Az alábbi táblázat<sup>15)</sup> adatai mutatják a fúvószél mennyiségének, nyomásának, sebességének és elevenerejének számszerű összefüggését. Ezek a számok világosan bizonyítják az eleven energiának a szélnyomás növelésével együttjáró lényeges nagyobbodását, ami viszont — végeredményben — a nagyolvasztó vastermelésének erőteljes növekedésében nyilvánul meg. (L. a 4. sz. táblázatot.)

Bár a fúvószél nyomásának fokozására mindig azonnal beáll az olvasztóhatásnak és az anyagoszlop süllyedésének gyorsulása, végeredményben pedig a vastermelés nagyobbodása, mégsem szabad felednünk, hogy minden egyes nagyolvasztóüzemnek megvan a maga legnagyobb, de még inkább a maga legmegfelelőbb (optimális) szélnyomása és anyag süllyedési sebessége. Aprószemű, nagyon tömött anyagoszlopba csak nagynyomású szél hatolhat be, könnyen égő darabos koksza viszont egészen felesleges volna túlságosan nagy nyomással fújtatni, főleg ha az érc is darabos és nem aprószemű. Ha egyik-másik kísérőelemből nagyobb mennyiséget kell a nyersvasba vinni (amihez megfelelő idő is kell), úgy célszerűtlen lenne az anyagoszlop sebességét túlzott szélnyomással feleslegesen növelni. A túlzottan nagy szélnyomásnak kellemetlen

<sup>15)</sup> Diepschlag könyvének 25. sz. táblázatából.



velejárója a gázáram nagyobb sebessége, tehát a gáz szabad melegének gyengébb kihasználása, valamint a szállópor mennyiségének (az ú. n. porlási veszteségnek) növekedése.

4. sz. táblázat.

Fúvóka átmérője cm	Szél- sebesség m/sec	Szél- mennyiség kg/sec	Szélhőmér- séklet °C	Szél- nyomás abs. at.	A szél eleven ereje mkg/sec
18	595	0·944	600	1·6	170·3
18	720	0·783	1000	1·6	206·9
18	595	1·239	600	2·1	231·8
18	720	1·028	1000	2·1	271·6
21	720	1·399	1000	2·1	369·7

Az az időtartam, amely alatt az egyes anyagrétegek a torokszintről a fúvósík szintjébe süllyednek, az imént mondottak értelmében meglehetősen tág határok között mozog, nagyjából mégis:

a régi kis steierországi kohóknál 5—6 óra  
 Thomas-nyersvasra járó kohóknál 8—10 „  
 fehér Martin-vasra járó kohóknál 12—15 „  
 szürke öntővasra járó kohóknál 15—18 „

szokott lenni. A nagyolvasztóművek általánosan megfigyelhető igyekezete, hogy ezt az időtartamot fokozatosan és minél jobban megrövidítsék, mert ezzel a termelést növelik és a nyersvas önköltségét csökkentik. A fújtatás optimális mértékének meghatározása tehát elsőrangú üzemgazdasági kérdés, mert vele nemcsak a termelés nagysága, hanem annak önköltsége is szoros kapcsolatban áll.

Meg kell itt említenem, hogy néha azt is ki szokták



mutatni, hogy a nagyolvasztó termeléséből óránként mennyi jut az olvasztó köbtartalmának  $1 \text{ m}^3$ -ére. Ez a köbtartalom egységére vonatkoztatott fajlagos termelés. Ennek azonban vajmi kevés az értelme és jelentősége. Régóta bebizonyított tény ugyanis, hogy a nagyolvasztó köbtartalma és a termelés között összefüggés egyáltalában nincs, nem is lehet. A köbtartalom egységére vonatkoztatott fajlagos kohótermelés tehát olyan valami, mintha a gőzkazán köbtartalmából akarnánk valami következtetést vonni az elgőzítés gazdaságosságára, vagy pedig a Martin-kemence munkaterének köbtartalmából az acéltermelés kifogástalanságára. Ha Diepschlag mégis ezt ajánlja, úgy az határozott tévedés, amit leginkább saját könyve két egymásnak homlokegyenest ellenmondó idevágó megállapítása bizonyít. Amíg ugyanis Diepschlag „Der Hochofen” című könyvének 161. oldalán a köbtartalomra vonatkoztatott fajlagos termelés értékeinek használatát ajánlja, addig mindjárt a következő oldalon az alábbi megállapítással semmisíti meg a köbtartalomegység fajlagos termelési számainak jelentőségét: „Tatsächlich ist wohl in keinem Hochofen jedes Kubikmeter Füllung an stofflichen Umwandlungen beteiligt, vielmehr sind immer mehr oder weniger tote Räume vorhanden, in denen sich außer einem Wärmeaustausch weiter nichts ereignet. Diese Räume können unter Umständen sehr groß sein und erstrecken sich vornehmlich von dem mittleren bis unteren Teil des Schachtes und zur Rast.“ Kétségtelen persze, hogy két teljesen egyenlő köbtartalmú és egyébként is közel egyenlő feltételek között dolgozó nagyolvasztó kihasználási fokának összehasonlítására a köbtartalomra vonatkoztatott fajlagos termelés mértéke is alkalmas.



### 3. A nagyolvasztó vízszintes és függőleges szelvénye; ezek méretezése.

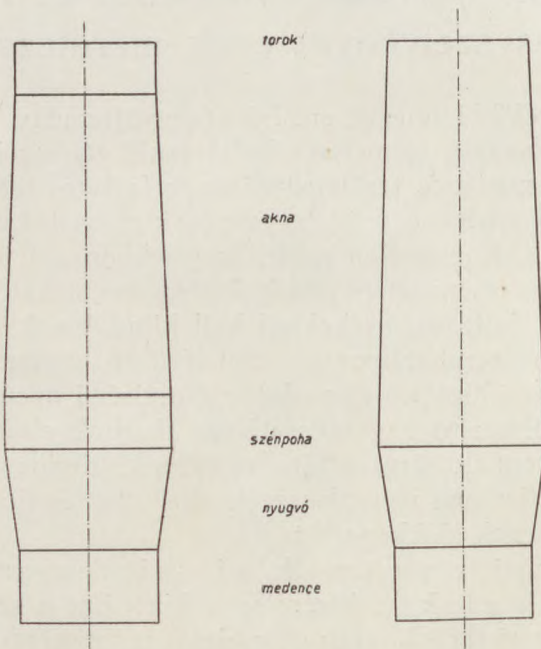
Az előbbi fejezetben, bő adatgyűjtemény alapján a nagyolvasztó termelését befolyásoló tényezőket kutatva, a medence területegységének fajlagos termeléséhez és a medence területegységének olvasztóhatásához jutottunk. Kétségtelen tehát, hogy ebben a fejezetben viszont az így nyert és mindenképen megbízhatónak tekinthető fajlagos értékekből kell kiindulnunk, ha egy bizonyos meghatározott termelésű nagyolvasztónak méreteihez, illetőleg egy adott mennyiségű nyersvastermelést biztosító nagyolvasztóhoz akarunk eljutni. De mielőtt ennek tárgyalására rátérnénk, röviden vázolnunk kell a mai nagyolvasztók vízszintes és függőleges szelvényének alakképzését.

A mai nagyolvasztók vízszintes szelvényének alakja kizárólag a kör. Ezt a szelvényalakot teszi megokolttá úgy a biztos merevítésnek, mint a falazat tartósságának igen fontos szempontja. Nem szabad azonban azt hinni, hogy a körszelvény a kohóüzem valamennyi szempontjának egyaránt legjobban megfelel. Később ismételten látni fogjuk, hogy számos igen fontos ok tenné kívánatossá a régen elhagyott hosszúkás négyszögszelvényű (l. I. fejezetben) nagyolvasztó újból való kipróbálását.<sup>16)</sup>

<sup>16)</sup> Cotel E., Über die Höhenabmessung des Hochofens, Mitteilungen d. Hochschule zu Sopron, 1932. évi kötet, továbbá Cotel E., Considerations sur la hauteur des hauts fourneaux, Rev. Metall. Paris 1931. évf. 7. sz.



A mai nagyolvasztók belső függőleges szelvényének általánosan használt alakjait a 6. ábrán látjuk. A teljes szelvényalakon három hengeres és két csonkakúp alakú, az egyszerűsített szelvényen pedig egy hengeres rész és két csonkakúp van. A teljes szelvényalak egyes részeinek elnevezése a következő: az alsó hengeres rész a *medence*, az alsó kúp a *nyugvó*



6. ábra.

A nagyolvasztó függőleges szelvényének teljes és egyszerűsített alakja.

(régebben „nyugasz”), a középső henger a *szénpoha*, a felső kúp az *akna*, a felső hengeres rész a *torok*. Az egyszerűsített kohóprofilban toroknak nevezzük magát a torokszint síkját, szénpohának pedig a két csonkakúp közös alaplapjának síkját. Ezek az elnevezések mind helyesek és találóak, mert a torok az olvasztónak csakugyan emésztőöve, a nagy magassági méretű felső



csonkakúp valóban aknaszerű, a nyugvóban az eladdig nagyobb sebességgel süllyedő anyagoszlop tényleg meglassul, tehát megnyugszik, a medence pedig a folyékony vas és salak gyűjtőmedencéje. Egyedül a szénpoha elnevezése szorul annyi magyarázatra, hogy a nevét egyrészt azért kapta, mert a nagyolvasztónak legpohosabb része, másrészt mert a mozgó anyagoszlopból nagymennyiségű szén (koks), illetőleg szénpor szorul ennek a legszélesebb résznek kerületi fekvésű helyeire. Ezt a jelenséget először a régi olvasztók lebontásakor vették észre.<sup>17)</sup>

Ha a nagyolvasztó függőleges szelvényének fejlődését áttekintjük, meg kell állapítanunk, hogy a függőleges szelvény mai alakja a t a v i s z t i k u s, á t ö r ö k l ö t t vonásokat mutat. Az egyszerűsített függőleges szelvény elvben ma is alig más, mint a középkori schmalkaldeni kemencéé volt. Pedig, hogy a kettős csonkakúpból álló függőleges szelvénynek nincsen eleendő jogosultsága, az már magából a fejlődés irányából is kiviláglik. Amíg ugyanis O s a n n könyvének<sup>18)</sup> újabb kiadása még mindig 76°-os nyugvószöget ajánl (86 fokos aknaszög mellett), addig B r a s s e r t - n e k az amerikai nagyolvasztóüzemekről írt kitűnő munkája,<sup>19)</sup> valamint az „E i s e n h ü t t e“ legújabb (IV.) kiadásának tanúsága szerint az újabb amerikai és a legújabb német és amerikai nagyolvasztók<sup>20)</sup> nyugvószöge (szin-

<sup>17)</sup> Nem állhatom meg annak a megemlítését, hogy már maga ez a feltűnő jelenség (a tüzelőanyag apró részeinek ezen a helyen történő tömeges kiszorulása) is kell, hogy gondolkodóba ejtse a szakembert, vajjon nem céltalan dolog-e az aknának lefelé irányuló tágitása azért, hogy — talán elegendő ok nélkül — hirtelen megint összeszűkítsük.

<sup>18)</sup> B. O s a n n, Lehrbuch d. Eisenhüttenkunde II. Aufl. 1. Bd. 184—201. old.

<sup>19)</sup> Stahl und Eisen 30. (1916), H. A. Brassert, Neuzzeitliche Entwicklung d. amerikanischen Hochofenbetriebs.

<sup>20)</sup> Lásd az E i s e n h ü t t e IV. kiad. 417. oldalán látható ábrának nyugvméreteiből kiadódó szögértéket. — A St. u. E. 1929. évfolyamának 225. oldalán felsorolt amerikai kohóméretek között többször fordul elő 86°-ot is meghaladó nyugvószög.

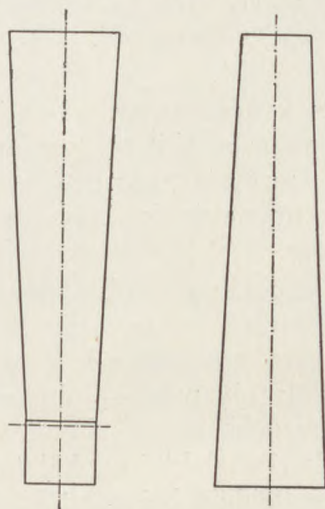


tén  $86^{\circ}$ -os aknaszög mellett) már elérte a  $85-86$  fokot. Magánúton kapott rajna-westfáliai újabb kohóprofilokon magam is  $85$  fokos nyugvószöget találtam. Ez azt jelenti, hogy az utóbbi évtizedek fejlődésében immár határozottan észrevehető, hogy a kettős kúpalaknak már csak az atavisztikus csökevénye van meg és biztosra vehető, hogy a jövő fejlődésében ez a csökevény is el fog tűnni. Vagyis a fejlődés iránya arra vall, hogy a nagyolvasztó függőleges szelvénye hengeressé lesz, de a nyugvó mindenesetre el fog tűnni belőle. Amíg ugyanis két évtized előtt a nyugvó és az akna szögeinek összege csak  $162^{\circ}$ -ot tett ki, addig ma ennek a két szögértéknek összege  $172^{\circ}$ . Szóval a hengeres, helyesebben nyugvónélküli alakhoz már csak  $8^{\circ}$  hiányzik. Ha pedig azt is tekintetbe vesszük, hogy az állandó üzemben a nyugvóban képződött lerakódások, tapadékok ezt a még hiányzó  $8^{\circ}$ -ot is rendesen kiegyenlítik, úgy azt is mondhatnók, hogy a hengeres alakú, illetőleg töretlen oldalvonalú függőleges szelvényhez tulajdonképpen máris elértünk. A nyugvónak és a szénpohának teljes és nyíltan bevallott elhagyását már csak az atavizmus okozta bátortalanság és elfogultság akadályozza, — bizonyára nem túlságosan sokáig.

Hogy azután az így kialakuló függőleges szelvény a keskenyebb, avagy a szélesebb oldalán álló trapéz lesz-e, vagy éppenséggel tökéletes négyszög, az már nem lényeges. Meggyőződésem, hogy a rövidebb párhuzamos oldalán álló trapéz fog megfelelni legjobban, mert az egykori R a c h e t t e -féle nagyolvasztóknál is ez a szelvény vált be (l. 7. ábrát). Ezt a szelvényalakot teszi indokolttá az a tény, hogy a szilárd anyagoszlopból — annak lesüllyedése során — állandóan nagyobb tömegek (nedvesség, kötött víz,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ) szabadulnak el gőz- vagy gázalakban s így a szilárd anyagoszlopnak állandóan kisebb és kisebb kereszt-szelvényre van szüksége. Ez a tény már magában is tárgy-



talanná teszi azt az aggodalmat, hogy az anyagoszlop súrlódása esetleg zavarokat okozhatna egy lefelé szűkülő aknában. A 60 évvel ezelőtt üzemben volt ilyen függőleges szelvényű Racheite-nagyolvasztóknak hosszúkás négyszögszelvényű medenceterülete  $2 \text{ m}^2$ , teljes magassága  $9 \text{ m}$ , teljes köbtartalma  $56 \text{ m}^3$  volt és  $24$  óránként  $30$  (harminc) tonna szürke és feles vasat termeltek. Vagyis ez a  $60$  évvel ezelőtt dolgozott, felfelé táguló



7. ábra.

A Racheite-féle és a Zix-féle nagyolvasztó függőleges metszete.

függőleges szelvényű nagyolvasztó óránként és medencénégyszetméterenként  $600 \text{ kg}$ , óránként és kohóköbméterenként pedig  $22\frac{1}{2} \text{ kg}$  nyersvasat termelt.<sup>21)</sup> Ha ehhez még azt is hozzátesszük, hogy ezek a Racheite-nagyolvasztók állandóan csakis két évig fekvődt, tehát igen vízdús faszénnel jártak, és ebből a tüzelőanyagból — hideg szél alkalmazása mellett

<sup>21)</sup> Arth. H. Hiorns, Iron and steel manufacture, London, Macmillan and Co., 1902. III. kiadás, 68–70. old.



— 74—100%-ot fogyasztottak,<sup>22)</sup> akkor valóban csodálkoznunk kell azon, hogy — bár a fajlagos teljesítmény azóta a háromszorosára emelkedett — a tüzelőanyagfogyasztás 700—900° hőmérsékletű fúvósziel alkalmazása ellenére sem javult, hanem határozottan rosszabbodott.

C. Zix kohóigazgató — tapasztalatai és kísérletei alapján — olyan függőleges kohószelvényt tart a legjobbnak, amely a medence fenekéig terjedő egyetlen trapéznek felel meg (7. ábra). Zix kohóprofilja a szélesebb párhuzamos oldalán áll. (St. u. E. 1926. évf., 1049. old.)

A függőleges kohószelvény alakjának megbeszélésével kapcsolatosan kell tárgyalnunk a függőleges szelvény magassági méretének kérdését is, ami nem más, mint magának a nagyolvasztó magassági méretének kérdése.<sup>23)</sup>

Hogy a kemenceszerkesztők a nagyolvasztó magassági méretét (illetőleg úgynevezett hasznos magasságát, vagyis a fúvósíknak a torokszíntől való távolságát) az idők folyamán — jobbra — szintén atomvizitikus elfogultságok alapján állapították meg, azt az újabb idők gyakori átalakítómunkálatai, illetőleg ezek eredményei kétségtelenül beigazolták. Így pl. — hogy hazai esetről maradjunk — egy még európai viszonylatban is elég alacsony nagyolvasztó medencéjét 3600 mm-ről 4200 mm-re növelték, anélkül, hogy az olvasztó magassága a legcsekélyebb mértékben is változott volna. Az olvasztó az átalakítás óta lényegesebben többet termel és tüzelőanyagfogyasztása sem romlott. A külföldön igen számos ilyen eset volt és ezekkel kapcsolatban

<sup>22)</sup> G. Fröhlich beszámolója a Rachtette-kohók üzeméről a „Zeitschrift f. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen Preussens” című folyóirat 1874. évi 22. kötetének 196—200. oldalain.

<sup>23)</sup> V. ö. E. Cotel, Über die Höhenabmessung d. Hochofens, Mitteilungen d. Hochschule zu Sopron 1931. és Revue Métallurgie, Paris 1931. évf. 375. old.



mondja Dr. G. Bulle, hogy: „Die nach ihrer baulichen Änderung untersuchten Öfen, trotz der stark vergrößerten Erzeugung, bisher noch keine Schachterhöhung notwendig gehabt haben.“<sup>24)</sup> Mindez világosan mutat rá arra az atavisztikus elfogultságra, amellyel az olvasztók magasságát — bábeltoronyszerűen — állandóan növelték, valahányszor nagyobb termelésre akartak áttérni egy-egy újabb nagyolvasztó építésekor.

Brassert több mint másfél évtizeddel ezelőtt megállapította azt az igazságot, hogy az érc redukciója által megkívánt úthossznál nagyobbra méretezett kohómagasság nemcsak nem hasznos, hanem egyenesen káros, minthogy azzal egyrészt meghosszabbodik az az idő is, amelyben a koks a széndioxid roncsoló hatásának van kitéve ( $C + CO_2 = 2CO$ ), másrészt a szélnyomást is növelni kell miatta.<sup>25)</sup>

De a fizikai és kémiai törvényszerűségek egyszerű meggondolásából is ahhoz a megtámadhatatlan megállapításhoz kell jutnunk, hogy a nagyolvasztó (hasznos) magassága csakis akkor tekinthető helyes méretűnek, ha az éppen akkora, mint amilyen (bizonyos anyagoszlopsebességgel összhangban álló) úthosszra az ércnek szüksége van ahhoz, hogy redukálódjék, karbonizálódjék és megolvadjon. Vagyis: azonos ércminőség esetében a nagyolvasztó magassági mérete tulajdonképpen állandó érték kell legyen, minthogy egy-egy ércdarabnak ez az említett fizikai és kémiai átalakulása semmiképpen sem függhet attól, hogy ez az átalakulás keskeny vagy széles, vékony vagy vastag

<sup>24)</sup> Dr. G. Bulle, Hochofenuntersuchungen, St. u. E. 433. (1928.)

<sup>25)</sup> H. A. Brassert, Neuzeitl. Entw. d. amer. Hochofenbetriebs, Stahl und Eisen 34. (1916.)



anyagoszlopban megy-e végbe. Más szavakkal: a nagyolvasztó magassága tehát tulajdonképpen állandó érték és így függetlennek kellene lennie a mendence átmérőjének nagyságától.

Az állandó magassági méret jóval kisebb lehetne, mint az üzemben lévő nagyolvasztóké. Ezt bizonyítja például a svédországi Finspong-ban ma is működő, hideg széllel járó, nehezen redukálható mágnesvasércet fogyasztó nagyolvasztó, amelynek teljes magassága mindössze 10 m.<sup>26)</sup>

S. P. Kinney hosszas és lelkiismeretes üzemi kísérletei viszont azt is pontosan bizonyítják, hogy a legnagyobb aknának is csak az alján megy végbe számbavehető fizikai és vegyi változás.<sup>27)</sup> Kinney kimutatta, hogy a fúvósík felett 7 és 14 m magasságban csaknem tökéletesen azonos hőmérséklet és gázösszetétel állapítható meg, amiből következik, hogy az aknának ez a tekintélyes magasságú (7 m) öve úgyszólván semmiféle munkát nem végez. Kinney vizsgálatai alapján Bulle arra az eredményre jut, hogy az aknában az érc oxigénjének mindössze a 25%-át bontotta le a redukáló folyamat és még ez a munka is az aknának csupán legalsó 7 méterében ment végbe. Ezek után bizonyára jogos az a föltevés, hogy az aknában ezenkívül még végbement csekély előkészítő munka (vízpárologtatás és CO<sub>2</sub>felszabadítás) a legalsó 7 m-ben is lejátszódhatott volna, vagyis jogos az a feltevés, hogy a kérdéses aknának legalsó 7 méterén felüli része tulajdonképpen egészen felesleges volt, mert számbavehető metallurgiai munkát nem végzett. Minthogy tehát a magassági mérettel kapcsolatos kiindulásunk helyességét tapasztalati tények és rendszeres kísérletek szabatos eredményei igazolják, nem lehet kétséges, hogy a z

<sup>26)</sup> M. Pavloff, Abmessungen von Hochöfen, Spamer, Leipzig 1928. 9–10. old.

<sup>27)</sup> G. Bulle ismertetése a St. u. E.-ben (1930. évf. 1728. old.) Kinney kísérletiről.



érc fizikai és vegyi átalakulásának ideje, illetőleg úthossza és így a kohó hasznos magassága is teljesen független az anyagoszlop vízszintes méretétől, vagyis a medence átmérőjétől.<sup>28)</sup> Minthogy azonban az üzemi tapasztalat mégis csak az, hogy — üzemgazdasági szempontból — nagyobb medenceátmérőhöz nagyobb kohómagasság is kívánatos, úgy arra kell következtetnünk, hogy a kohómagassággal kapcsolatos kiinduló tételünk teljes érvényesülésének a mai üzemi viszonyokban valami elháríthatatlan akadálya van. Ez az akadály abban mutatkozik, hogy újabb vizsgálatok szerint a fúvósíkban az égés öve olyan körgyűrűre terjed ki, amelynek kb. 1 m. a szélessége,<sup>29)</sup> és amelynek belső körén belül a fúvóséltől nem érintett inaktív terület van. Ezt az inaktív területet kúpalakú inaktív tér fedi, amelynek csúcsa az akna alsó anyagrétegei közé ér fel s amelyben metallurgiai folyamatok nem mennek végbe, minthogy ez az inaktív tér majdnem tisztán kokszból áll. Minthogy pedig ennek az inaktív kúpnak (németül: „toter Mann“, „stiller Mann“, toter Kern) alapja és magassága természetesen annál nagyobb, minél nagyobb a medence átmérője, kétségtelen, hogy a nagyolvasztó hatályos, hasznos, aktív magasságából annál több vész kárba, minél nagyobb a fúvósík, illetőleg a medence átmérője. Hogy ez a nagyolvasztó aktív magasságát csökkentő holt tér igen tekintélyes magassági kiterjedést ér-

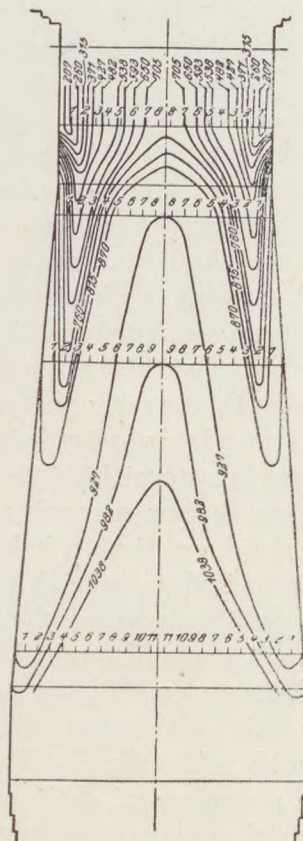
<sup>28)</sup> W. Feldmann, J. Stoecker és W. Eilender „Reduktionsversuche unmittelbar am Hochofen“ című legújabb munkája (a Stahl und Eisen 1933. évf. 295. oldalán) nemcsak azt igazolja, hogy — legszabatosabb új kísérletek szerint — nehezen redukálható ércek esetében az aknában az érc oxigénjének mindössze 13 %-a redukálódik, hanem azt is, hogy ezen az alapon indokolást talál e munka szerzőjének a kohók magasságára vonatkozó megállapítása.

<sup>29)</sup> W. Lennings és S. P. Kinney munkái a Stahl und Eisenben 1077 (1928.) és 1728 (1929.).



het el, azt Kinney - nek a 8. ábrán bemutatott izotermális vonalai kellőképen sejtetik.

A medenceátmérővel együtt növekedő inaktív térnek káros hatása nemcsak az aktív magasságból való



8. ábra.

A nagyolvasztó egyenlő hőmérsékletű helyei Kinney mérései szerint. (St. u. E. 1929. évf. 1728. old.)

lényeges veszteségben, hanem a fajlagos kokszelégetőteljesítmény csökkenésében is megnyilvánul. Az „Anhaltzahlen“ adatai szerint például a fajlagos kokszelégetés értékszámai arányosak azokkal a számokkal, amelyek az égő-



övnek a medenceterületben való százalékos részesedését fejezik ki külön-böző nagyságú medenceátmérők esetében.<sup>30)</sup> Ebből persze az következik, hogy az inaktív tér kiküszöbölése s vele az égőövnek a medence egész területére való kiterjesztése fontos üzemgazdasági érdek lenne. Az inaktív térrel és a körülbelül 1 m mélységű (körgyűrűalakú) égőzónával kapcsolatban előbb mondottak alapján az inaktív tér megszüntetése célszerűen úgy volna lehetséges, ha a nagyolvasztónak, illetőleg a medence vízszintes szelvényének hosszúkás négyszögalakot adnánk, amelynek szélessége a kétszeres égőzónamélységet (2 m) sohasem haladná meg lényegesen, hosszabb oldalának mértéke pedig a tervezett nyersvastermelés, illetőleg kokszelégetés nagyságához igazodnék. Ez az elrendezés azzal a kétségtelenül nagy előnnyel is járna, hogy az olvasztó magassága minimális, illetőleg olyan lehetne, mint a régi 2 m átmérőjű kohóké volt és ennek megfelelően a szélnyomást is jelentékenyen csökkenteni lehetne.<sup>31)</sup> Hogy ezt a kísérletet a siker teljes reményével lehetne megejteni, azt a hosszúkás négyszögszelvényű R a c h e t t e - olvasztók kitűnő eredményei bizonyítják. Az előrelátható csekély szerkezeti és építési nehézségekkel (inkább szokatlan-ságokkal) szemben a várható előnyök igen jelentékenyek lehetnének.

A manapság használatos hasznos kohómagasságok egyébként, a többször említett Diószeghy-féle adatgyűjtemények középértékei szerint, az 5. sz. táblázatban találhatók. Ezekből az adatokból megállapíthatjuk, hogy a medenceátmérő minden 0,5 m-es növekedésének 1 m-es hasznos magasságnövekedés felel meg.

<sup>30)</sup> Anhaltszahlen f. d. Energieverbrauch III. kiadás 12. old.

<sup>31)</sup> E. Cotel, Über die Höhenabmessung d. Hochofens. Mitteilungen 1932. évf.



5. sz. táblázat.

Medence- átmérő	Hasznos kohómagasság
2'0 m	15 m
3'0 „	17 „
3'5 „	18 „
4'0 „	19 „
4'5 „	20 „
5'0 „	21 „
5'5 „	22 „
6'0 „	23 „

Az ebben a fejezetben eddig elmondottak alapján valamely meghatározott napi termelésű nagyolvasztónak méretezése most már körülbelül a következő módon mehet végbe.

Minthogy mindig ismert adatunk az, hogy tervezendő nagyolvasztónknak naponként (24 óránként) hány tonna nyersvasat kell termelnie és az is ismert adat kell legyen, hogy érceink milyen összetételűek, illetőleg, hogy 1 t nyersvasra mennyi salak fog jutni, azért tervezőmunkánk az ezen olvasztóteljesítménynek megfelelő (24 óránkénti) karbonelégetés alapján indul meg. Tudjuk már, hogy 1 t karbon elégeése átlagban 2 t (vas és salak) megolvasztását biztosítja. Ezen az alapon azután a 2. sz. táblázatból (18. old.) megkeressük azt a medenceátmérőt, amely viszont a kívánt olvasztóteljesítménynek megfelelő nagyságú napi karbonelégetést szolgáltatni tudja. Minthogy pedig az 5. sz. táblázatban (26. old.) — jól járó nagyolvasztók bőséges adatgyűjteménye alapján — teljesen megbízható adataink vannak a különféle medenceátmérőkhöz tartozó hasznos kohómagasságokról is, azért a tervezendő nagyolvasztó két — szerkesztés szempontjából legfontosabb — méretének (a medenceátmérőnek és a hasznos magasságnak) máris birtokában vagyunk. Ez a két méret a profilszerkesztés szempontjából azért a legfontosabb, mert egyrészt a medence-



átmérő eldöntötte a föltétlenül várható termelés nagyságát, másrészt a hasznos magasság alapján — ha még a torokátmérőt is megválasztjuk — a profilszerkesztés munkája azonnal megindulhat.

A torok átmérőjét a régibb (kisebb) olvasztóknál valamivel nagyobbra vették, ma pedig rendszeren valamivel kisebbre veszik, mint amilyen a medence átmérője. Jó úton járunk tehát, ha a torokátmérőt pontosan akkorának választjuk, mint amilyen a medenceátmérő. Igaz ugyan, hogy így valamivel nagyobb lesz a nagyolvasztó köbtartalma, de viszont azt a lényeges előnyt biztosítottuk vele, hogy a felfelé haladó gázok sebessége kisebb lesz s így a gázok fizikai és kémiai hatása jobban kihasználható. A köbtartalom lehető csökkentése szempontjából sokkal inkább ajánlható az a — már említett irányzat, amely a nyugvó szögének erőteljes növelésével nemcsak a köbtartalom nagyságának mérséklését, hanem az anyagoszlop egyenletes süllyedésének zavartalanságát és meddő zúgoknak egyre jobb kiküszöbölését is biztosítja.

Ha a nyugvó és az akna hajlásszögét a már megbeszélt határértékek között megválasztottuk, akkor a tervezendő nagyolvasztó egyszerűsített függőleges szelvényének tulajdonképpen már valamenyny szerkesztési adatával rendelkezünk s ezek alapján az egyszerűsített kohóprofil közvetlenül megrajzolható. Ha ugyanis a függőleges szelvényben — a medence — a torokátmérő és a hasznos magasság méreteinek felrajzolása után — a torokátmérő végpontjaiból  $86^\circ$  alatt meghúzzuk az akna belső határvonalait, a medencének felső (illetőleg a nyugvónak alsó) zárósíkjában pedig az átmérő végpontjaiból  $75-85^\circ$  alatt meghúzzuk a nyugvó belső határoló vonalait, akkor a hasznos magasságának megfelelő egyszerűsített kohóprofil készen is áll úgy, hogy ez a profil a medence mélységének megválasztásával, illetőleg berajzolásával teljessé is tehető. Ennek az előleges profilnak azonban megvan az a nagy



gyöngéje, hogy kis nyugvószögének ( $75^\circ$ ) esetében túl nagy szénpoha átmérőt eredményez, aminek azután süllyedési zavarok és éles meddő sarkok képződése a következményei. A legnagyobb ( $85^\circ$ ) nyugvószögek esetében viszont túlságosan magas lenne a nyugvó, aminek pedig sem értelme, sem célja nem volna. A szokásos nyugvószögek középértéke —  $80^\circ$  — egyszerűsített kohóprofil esetében is elfogadható szelvényalakhoz és megfelelő pohaátmérőhöz vezet, az aknaszögnek legfeljebb  $1^\circ$ -os módosítása mellett. Az akna és a nyugvó magassági méreteinek igen nagy különbsége ugyanis biztosítja a szerkesztő számára azt az előnyt, hogy (a szokásos magassági viszonyok között)  $\pm 5^\circ$ -os nyugvószögekülönbséggel kereken mindössze  $\pm 1^\circ$ -os aknaszögeltérés jár együtt.

Az egyszerűsített függőleges szelvény fentebb vázolt gyöngéi az okai annak, hogy az egyszerűsített kohóprofil alkalmazása nem igen szokásos. A holt zúgok és szögletek lehető kiküszöbölése, valamint az anyagoszlop mozgásának megkönnyítése és egyenletessé tétele megkívánja, hogy a szénpoha az anyagok egyenletes mozgásának minél kisebb akadálya legyen és hogy a különböző fajsúlyú anyagok különválására minél kisebb lehetőséget nyújtson. Általános szokás azért, hogy a nyugvó és az akna közé iktatott hengeres rész révén a szénpoha szögét lényegesen tompítsuk s ezzel az anyagoszlop mozgásának ezt a zökkenőjét és az anyagok szétosztódásának ezt a kellemetlen alkalmát kiküszöböljük, illetőleg lényegesen mérsékeljük. A vasszerkezetek csatlakozásának, illetőleg a torokszínti aknaövek belső páncélozásának egyszerűsítése céljából a nagyolvasztó torkának is hengeres végződést adunk és ebben az esetben a tulajdonképeni akna két hengeres részt köt össze egymással. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy amíg a szénpoha hengeres kiképzése szinte általános szabály, addig a kohótorok hengeres ki-



képzése igen sokszor elmarad és az akna csonkakúp alakot nyer. E két hengeres rész magassági méretének különösebb jelentősége nincsen s a legnagyobb méretű nagyolvasztóknál körülbelül 2'0 m szokott lenni.

A nyugvó magassága régebben viszonylag igen nagy volt, a profilszerkesztés újabb iránya azonban alacsony nyugvóval és — ennek megfelelően — nagy nyugvószögekkel ( $80-85^\circ$ ) dolgozik. A kohóprofil szerkesztésének ezt az újabb irányát az így épített új nagyolvasztók kiváló üzemeredményei tökéletesen igazolták. Az „Eisenhütte“ (IV. kiadás, 1930. év, 416—417. old.) megállapítja, hogy még a nagy kohóknál is elegendő lehet, ha a nyugvó magasságát 3 méterben állapítjuk meg. Az üzemben lévő legjobb járású nagyméretű olvasztók méretezésének rendszere mégis amellettszól, hogy a legnagyobb vízszintes méretű nyugvók számára 4'0 m-es magasságot állapítsunk meg. A kisebb olvasztók nyugvói azután arányosan és fokozatosan kisebb magassági mérettel szabandók ki.

Ezek után már csak a medence mélységének kiszabása van hátra, amely után a kohóprofil minden mérete megvan és vele a nagyolvasztó profiljának szerkesztési munkája be is fejeződik. A medence mélysége egyébként nagyobb méretű olvasztóknál a medenceátmérőnek 40—50, kisebb olvasztóknál pedig 60—80%-a szokott lenni. A fúvósík magassága a fenék fölött viszont a medencemagasságnak 75—90 százalékát szokta kitenni. Célszerű, ha a fúvósíkot egészen a medence tetején helyezzük el, mert csak így biztosíthatjuk azt, hogy a medencének és a nyugvónak összeérő sarokfala nem fog idő előtt leolvadni. Leginkább a szerkezeti nehézségek azok, melyek olykor a fúvósíknak mélyebb helyzetét kívánják meg. A falazat tartósságának igen fontos szempontja azonban határozottan az előbbi megoldás mellett szól.



Több vaskohászati tan- és segédkönyv — többek között az „Eisenhütte“ is — ajánlja, hogy a fentebb leírt módon szerkesztett kohóprofil végleges jóváhagyás előtt hasonlítsuk össze valamelyik, közel egyenlő feltételekkel dolgozó, nagyolvasztó szelvényével és ezen az alapon esetleg még javítsunk rajta. Szerző ezt a módszert nem merné ajánlani, mert a nagyolvasztóval (sőt majdnem minden termelő kemencszerkezettel) minden kohómérnök más és más, egymástól igen lényegesen eltérő üzemeredményekkel és teljesítményekkel dolgozik, aszerint, amint tudása, tapasztalata és önálló cselekvésre való hajlama kisebb, vagy nagyobb. Amíg ezeknek az eltéréseknek a mértéke egyéb termelő berendezéseknél nem túlságosan nagy, addig a nagyolvasztók üzemeinél éppenséggel nem ritka az az eset, hogy az egyik kohó például 600—650 kg nyersvasat termel óránként és  $m^2$ -enként, a másik ugyanolyan méretezésű kohó pedig — egészen hasonló elegyviszonyok mellett — 900—1000 kg fajlagos nyersvastermeléssel dolgozik. Nem lehetne tehát helyes, ha akár az egyik, akár a másik kohót mintául vennők, talán csupán azért, mert viszonyainkhoz és telepünkhöz közel esnek. Helyes itt csak az az eljárás lehet, amelyik nem egy-két kohónak, hanem több száz — rendes járású — nagyolvasztó teljesítményének átlagára alapítja elhatározását a kohóprofil kiszabása és felülvizsgálata tekintetében.

Nézetem szerint ez legcélszerűbben úgy történhetik, hogy — e fejezetben elmondottak szerint — teljesen megbízható, minél több (több száz) egységet felölelő és lehetőleg a legújabb szakirodalomra támaszkodó adatgyűjtemény alapján olyan méretű vezérprofil szerkesztünk, amelynek az átlagot megütő termelését, éppen adatgyűjteményünk tanúsága gyanánt, minden kétséget kizáróan biztosra vehetjük. A mi szándékolt termelésünknek megfelelő kohóprofil azután ebből a vezérprofilból úgy nyerjük, hogy kohón-



kat az 5. számú táblázatból vett hasznos magasságával (azonos méretezésben) olyan központos sugárrendszerbe állítjuk belé, amelyet a 9. ábra mutat be. Az ábrából megállapítható, hogy egyetlen profilnak kidolgozása, illetőleg méretezése után a többi — különféle termelésű — kohóprofil megszerkesztése igen egyszerű és gyors munka, amelynek legnagyobb előnye, hogy valamennyi profilja az egységes, illetőleg igen közel egyenlő fajlagos termelések és fajlagos köbtartalmak elvének felel meg. A sugárrendszer alapját, illetőleg vízszintes vonalát a fuvósíkok szintje képezi, legfelsőbb vonalát a torokszintek vonala, illetőleg a kohók magasságainak végpontjai. Ennek a centrális sugárrendszernek a természetéből következik, hogy az egyes kohóprofilok — akárhányat is helyezünk el a rendszerben — valamennyi méretükben pontosan arányosak a vezérméretnek (medenceátmérő és az annak az 5. sz. táblázat szerint megfelelő magasság) növekvő, vagy csökkenő mértékeivel. Az egyes méretek a sugárrendszer középpontjától való távolságaiknak arányosságából — ha arra szükség van — pontosan is kiszámíthatók. A 42. oldalon található 6. számú táblázatban is ilyen kiszámított méretek vannak, hogy a tájékozódás biztosabb legyen.

A táblázat számértékei az arányosságot és az egységességet, illetőleg a fajlagos értékek csaknem teljes állandóságát világosan mutatják. Így a hasznos köbtartalomból a napi karbonelégetés 1 tonnájára jutó köbméterek száma minden medenceátmérőnél körülbelül ugyanaz és mindössze 1'5 és 1'7, illetőleg 1'2 és 1'5 m<sup>3</sup> között változik. Ugyanebből a hasznos volumenből a medence (a fuvósík) minden m<sup>2</sup>-ére szintén alig változó mennyiség esik. Ez a fajlagos köbtartalom ugyanis 75 fokos nyugvószög esetében 27'0—32'0 m<sup>3</sup>-t, 80 fokos nyugvó mellett pedig 23'2—29'0 m<sup>3</sup>-t tesz ki. Hogy ez a fajlagos térfogat a



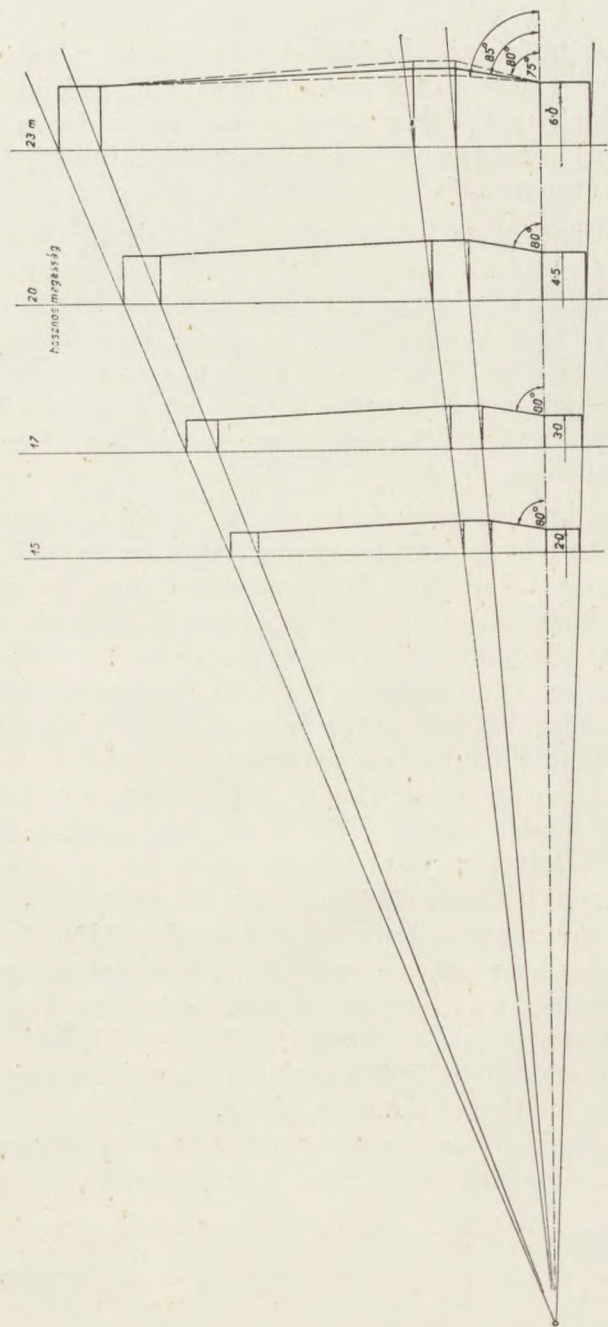
A 9. ábra grafikus szerkesztési módján tervezett nagylvasztó-  
profilok mérettáblázata.

1.	2.	3.	4.	5.		6.	7.	8.	9.	10.		11.	12.	13.	14.	15.	
				75°	80°					75°	80°						
A medence és a forrás átmérője	A medence mélysége	A medence terület (fűvőskik)	A nyugvó szög mélysége	A szénpo ha átmérő m-ben ha a nyugvószög		A szénpo ha mélysége	Az akna mélysége	A hasznos mélysége	A kőbő egész mélysége	Hasznos kőbő tartalom m³ ha a nyugvó szög		A sző őránkénti C-egés	A hasznos volumból jut a napi C-egés minden ton- nájára m³	A hasznos volumból a fűvőskik 1 m³-ére jutó m³	A hasznos mélysége	A hasznos mélysége	
	m			m	m					m	m						m
3-0	1-8	60	3-0	4-6	4-0	1-50	12-5	17-0	18-8	194	163	110	1-7	1-5	27-5	23-2	5-6
4-0	2-0	50	3-3	5-7	5-1	1-65	14-0	19-0	21-0	350	281	230	1-5	1-2	27-8	23-5	4-7
4-5	2-1	47	3-5	6-4	5-7	1-75	14-75	20-0	22-1	455	414	310	1-5	1-3	28-6	26-0	4-4
5-0	2-2	44	3-7	7-0	6-3	1-85	15-45	21-0	23-2	596	533	390	1-5	1-4	30-3	27-3	4-2
6-0	2-4	40	4-0	8-1	7-4	2-0	17-0	23-0	25-4	906	820	550	1-65	1-5	32-0	29-0	3-8

Megjegyzés: Ha a nyugvószög 75°, akkor az aknazsög 86°, és 87°-os lesz.

Megjegyzés: Ha a nyugvószög  $75^{\circ}$ , akkor az aknászög  $86^0$ , és  
 $80^{\circ}$  " " " "  $87^0$ -os lesz,  
 " " " " "  
 " " " " "





9. ábra.

Grafikus eljárás különböző napi, de közel egyenlő fajlagos teljesítményű nagyolvasztók profiljának méretezésére.



medenceátmérő növekedésével fokozatosan növekszik, annak az a tény a magyarázata, hogy a fúvósík inaktív területének százalékos aránya (az egész fúvósíkkal szemben) annál nagyobb, minél nagyobb a fúvósík (medence) átmérője.<sup>32)</sup>

A 3—6 m medenceátmérőjű nagyolvasztók magasságának és megfelelő medenceátmérőjének viszony száma 3'8—5'6 között mozog. A szénpo ha magassága ugyanezen olvasztóknál 1'5—2'0 m. a nyugvó magassága pedig 3'0—4'0 m. A szénpo ha átmérője 4'0-ról 7'4 m-re, illetőleg (75 fokos nyugvónál) 4'6-ról fokozatosan 8'1 m-re növekszik.

Meg kell jegyeznünk, hogy a 6. számú táblázat 11. rovatában található napi karbonelégetés értékei közepes értékek, amelyek közepes vastartalmú ércelegynek és közepes anyagoszlopsebességnek felelnek meg. Ha tehát közepesnél nagyobb vastartalmú elegyünk van és nagyobb szélnyomással, nagyobb anyagoszlopsebességgel dolgozhatunk, akkor a napi karbonelégetés és vele együtt a napi nyersvastermelés is jóval nagyobb lesz a 11. rovat számértékeinél. Így pl. míg a 6. számú táblázat adatai szerint a 4'0 m-es medencéjű nagyolvasztótól közepes vastartalmú ércelegy és közepes anyagoszlopsebesség eketében csak körülbelül 280—300 tonna napi nyersvastermelést várhatunk, addig M u n d és S t o e c k e r már egyszer idézett adatai szerint<sup>33)</sup> egy németországi olvasztóban, amelynek átmérője még a 4 métert sem érte el egészen (3900 m volt), 50% vastartalmú ércelegyből 500 (ötszáz) tonna súlyú nyersvasmennységet termeltek 24 óránként.

Kétségtelen, hogy a nagytapasztalatú kohóüzemvezetőnek néha oka lehet arra, hogy új, vagy átépített

<sup>32)</sup> V. ö. Cotel E., Über die Höhenabmessung d. Hochofens, Mitteilungen 1932.

<sup>33)</sup> A. Mund und J. Stoecker, Verlauf d. Vorgänge in der Rast usw. Stahl und Eisen 1931. évf. 1449—62. old.



nagyolvasztójának az átlagostól — egy, vagy több részletben — eltérő profilt adjon. Ez azonban csak akkor lehet jogos és indokolt, ha nem atavisztikus elfogultságról, hanem szabatos tárgyi alapon nyugvó megfigyelésről van szó. Hogy a nagyolvasztóprofil szerkesztésénél és az üzemvezetésnél több az elfogultság és a nehézség, mint az acélgyártás, vagy a vasipar bármely más területén, annak egyrészt az az oka, hogy a nagyolvasztóban óriási anyagtömeg mozog, aminek tehát a veszélyei is nagyok, másrészt a nagyolvasztó — tartozékai-val együtt — igen nagy beruházási költséget igénylő termelőegység, amelynek bevált formáihoz csak félve mernek hozzányúlni. Ennek a nehézkességnek a következménye azután az a közismert tény, hogy amíg például az olcsóbb egységekkel dolgozó Martin-kemen-cék fajlagos ( $\text{kg/m}^2/\text{óra}$ ) termelése már általában és m i n d e n ü t t igen jó, addig a nagyolvasztók fajlagos nyersvastermelésében — azonos ércviszonyok ellenére is — olykor igen nagy eltérések mutatkoznak.



#### 4. A nyersanyagok tüzi előkészítésének elvei.

A nyersvasgyártás nyersanyagai a vasérccek, vagyis a Fe-nak a természetben előforduló azok a vegyületei, amelyek — a nyersvasgyártás mindenkori fejlettsége szerint — úgy gazdasági, mint műszaki tekintetben egyaránt alkalmasak nagyipari vasgyártás céljaira. Ez a kohászat szempontjaihoz igazodó meghatározás tehát valamikor vasércnek tekinthet olyan vastartalmú ásványt is, amelyet ma még nem tartunk annak. Ma a 25—28% Fe-tartalom tekinthető a vasércjelleg alsó határának, feltéve, hogy a meddő részek összetétele a nyersvasgyártásra nincsen különösebben kedvezőtlen hatással.

A nyersvasgyártás általánosan elismert és használt kiinduló anyagainak mégis csupán azokat a vasérceket szokták tekinteni, amelyeknek típusai a következők:

- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-anyagú, vagyis vasoxidjellegű vasérccek,
- Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-anyagú, vagyis oxiduloxidjellegű vasérccek,
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>3</sub>-anyagú, vagyis vashidroxidjellegű vasérccek és
- FeCO<sub>3</sub>-anyagú, vagyis karbonátjellegű vasérccek.

A vasoxidjellegű ércek vasban leggazdagabbak és csoportjuk legelőnyösebb tulajdonságaival a vörös vasérc (haematit) rendelkezik. A vörös vasérccek Fe-tartalma körülbelül 50—66% szokott lenni.<sup>34)</sup>

<sup>34)</sup> Az itt felsorolt érccsoportok vastartalmát az „Eisenhütte“ IV. kiadásának (464—469. old.) adatai alapján közlöm.



Az oxiduljellegű ércek is gazdagok vasban s közülök legismertebbek Svédországnak kiváló minőségű mágnesvasércei (magnetitjei), amelyek Európa vasérckereskedelmének igen becses anyagai. Vastartalmuk 55—65%. Nem előnyös tulajdonságuk, hogy nagyon tömörek, kemények és hogy foszfortartalmuk legtöbbször jelentékenyen nagy.

A vashidroxidos ércek — noha eredeti állapotukban Fe-ban szegényebbek — lazább szerkezetűknél és gyakoribb előfordulásuknál fogva kedvelt kiinduló anyagai a nyersvasgyártásnak. Fe-tartalmuk rendszeren 25 és 50% között mozog. Pörkölés révén oxidos ércekké tehetők, mert kristályvizük felszabadul a pörkölés hatására. A hidroxidos ércek jellemző képviselője a barna vasérc (limonit), amelynek különböző előfordulásaiban általában előnyös melléktulajdonságok (jó redukálhatóság és nagy CaO-tartalom) szoktak mutatkozni. Ebben a tekintetben különösen az egyébként vasban nem gazdag (30—35% Fe) minette válik ki.

A karbonátos vagy pátvasércek (siderit) nyers állapotukban 33—40% Fe-ot tartalmaznak. Rendkívül kedvelt vasércek, egyrészt, mert pörköelve nagyon könnyen redukálhatók, másrészt pedig, mert nagyobb Mn-tartalmuknál fogva acélgyártáshoz való nyersvas céljaira különösen alkalmasak. Pörkölésük ke-  
reken 25%-os súlyvesztéssel jár, százalékos Fe-tartalmuk pedig ugyanebben az arányban növekedik a pörkölés révén.

Id. Kerpely Antalra való emlékezésül „Magyarország vaskövei és vastermékei“ című, 1877-ben kiadott és már csaknem elfeledett kiváló művéből álljon itt Magyarország néhány jellemző vasércének vegyi összetétele. (L. 48. o. lévő táblázatot.)

A nagyolvasztó ércpótló anyagai gyanánt a Fe- és Mn-dús salakokat, valamint a kovandok pörköléséből eredő  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -dús maradékokat



is fel szoktuk használni. Az utóbbi csoportban a 60—62% Fe-tartalmú Rio-Tinto-biborérc egész Európában ismert és becsült vasérckereskedelmi cikk.

A nagyolvasztó a vasérceket csak akkor dolgozhatja fel nyers (természetben előforduló) állapotukban, ha azok elillanó alkotórészeket (tapadt és kötött

6a. sz. táblázat.

Vasércfajta	Fe	Mn	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	CO <sub>2</sub>
A betléri kohó károlybányai nyers pátérc	45·5	2·0	1·3	—	0·27	3·1	—	0·04	32·0
Óvizi (Szepesmegye) nyers pátérc	42·1	2·5	2·1	—	0·9	1·8	—	0·02	37·4
Jászói kohó, metzenzéfi pátérc	40·1	3·0	2·1	0·20	0·3	3·5	—	0·07	38·2
Vashegyi barnavasérc	60·2	0·1	2·4	0·3	—	—	0·81	—	—
" "	55·7	—	2·3	4·0	1·4	0·3	1·30	0·01	—
Rudabányai barnavasérc	41·4	1·5	27·9	0·7	0·6	0·4	0·1	—	8·0
A kaláni kohók teleki barna vasérce	49·2	3·7	10·9	5·9	—	—	—	1·12	—
A govasdiai kohó gyalári vörös vasérce	59·9	—	4·0	0·3	—	1·6	—	—	—
" "	52·7	4·2	6·0	4·0	1·5	0·5	—	—	—
Moravicai mágnesvasérc	65·8	0·17	6·6	0·3	1·1	—	—	—	—
A torockói gomolyakemen- cékben használt torockói vörösvasérc	53·6	7·0	1·0	1·9	0·5	0·9	—	0·06	—
Dognácskai, vörösvasérccel kevert mágnesvasérc	56·8	0·8	7·6	5·2	1·5	0·6	—	0·3	—

víz, szénsav) nem tartalmaznak túlságosan nagy mennyiségben és ha az ércek nem tömörebbek a kelletténél. Az illó alkotórészeknek nagy tömegben való felszabadítása ugyanis egyrészt nagymennyiségű hőenergiát emészt fel, másrészt pedig a torokgázok fűtőértékét is csökkenti. Az ércek túlságosan nagy tömörsége, illetőleg az ércek porozitásának elégtelensége viszont azzal



a hátránnyal jár, hogy a felfelé szálló gázáram CO-ja nem tud idejében az ércdarab belsejébe jutni s ilyenkor azután az ércdarabok — még nagy magassági méretű olvasztókban is — tökéletlenül redukált állapotban kerülhetnek a medence fúvóövébe. Már magában véve az a körülmény is, hogy a nagyolvasztóban — a vastermék jó minősége érdekében — csakis igen jó minőségű (S-ben, P-ban és hamuban szegény), tehát drága tüzelőanyaggal dolgozunk, határozottan arra utal, hogy a vasércек tűzi előkészítését a nagyolvasztótól független, külön műveletben kell elvégeznünk. Tekintve, hogy a vasércек tűzi előkészítő műveletei — a nagyolvasztó üzeméhez viszonyítva — csekély tüzelőfogyasztással dolgoznak, azért a tűzi előkészítő műveleteknek a nagyolvasztótól való függetlenítése még abban az esetben is föltétlenül indokolt, ha a gyengébb minőségű (tehát olcsó) tüzelőanyag hamuja az előkészített vasércceel összekeverődik.

A vasércек tűzi előkészítő módjainak két főcsoportja van. Az egyikbe a közönséges ércpörkölő módok, a másikba a poros állományú ércек, lisztállományú biborércек (purple ore) és szálló porok darabosító pörkölésének módjai, az ú. n. agglomeráló módok tartoznak. A poros állományú ércек és ércpótlékok ugyanis „eltömik“ a nagyolvasztót, csökkentik az áramlás szabad szelvényét és növelik az olvasztó belső ellenállását. Az ércек poros állománya az anyagoszlop egyenletes járásának is akadálya lehet, mert az összetorlódó portömegek, az olvasztó legkülönbözőbb helyein, t a p a d é k o k k é p z ő d é s é t t e s z i k l e h e t ő v é .

Az eddig mondottakból kétségtelenül az következik, hogy az ércек pörkölése — már csak a lazítás, illetőleg a fokozott porózusság biztosítása okából is — úgy szólván mindig kívánatos volna. Hogy a gyakorlatban mégis leginkább csak a karbonátokat, a vaspátokat

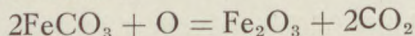


szoktuk pörkölni, annak több oka van. A pörkölés a vaspátokat  $\text{CO}_2$ -tartalmuktól megszabadítja, miáltal azok körülbelül 25%-ot veszítenek súlyúkból. Vagyis a pörkölés hatása a vasdúsulás és porózusabbá tételén kívül a szállítási költségek lényeges csökkenésében is megnyilvánul, ami a pörkölt pátnak nagyobb versenyképességét jelenti a vasércnek kereskedelmében.

Minthogy a pörkölés tűzi művelete levegőnek bőséges hozzájárulása mellett játszódik le, mindig megvan az a jótékony mellékhatása is, hogy természetes mennyiségű kén-t éget ki az ércből, amivel annak metallurgiai értékét jelentékenyen javítja. A pörkölés kénfogyasztó hatása annál jelentékenyebb, minél nagyobb a pörkölt eljárás hőfoka. A hőfok növekedésével persze együttjár a pörkölt érc-tömegnek össze-sülése, ami pedig csak az agglomeráló módoknál kívánatos, ellenben a pörkölésnél zavart okoz, illetőleg költséges bolygató munkát tesz szükségessé.

A pörkölés legtöbbször egészen egyszerű aknáske-mencékben történik a megfelelő (olcsó hulladék-) tüzelőanyag-nak ércréteggel váltakozó feladása és levegőnek bőséges hozzájárulása mellett. A pörkölés műveletének legrégebbi idejéből való siegerlandi pörköltő-kemence, lefelé keskenyedő csonkakúp alakjával, még ma is igen kedvelt pörköltőberendezés, mert úgy pörkölt munkája, mint teljesítményeinek nagysága és tüzelőanyagfogyasztása ma is a legjobbak közé tartozik.<sup>35)</sup>

A vegytiszta vaskarbonát pörkölésének vegyi folyamata a következő:

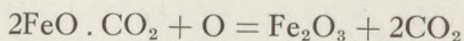


Ezt a vegyi egyenletet a pörköltő folyamat bontó és oxi-

<sup>35)</sup> A Stahl und Eisen 1927. évfolyamának 2066. és 2067. oldalain D. C. F. Schneider és H. Willing kimutatják, hogy a siegerlandi aknáske-mencék ma már 24 óránként 30—60 tonna ércet dolgoznak fel, legfeljebb 8%, de kedvező esetben 2% tüzelőfogyasztás mellett. Üzemi költségük is igen kedvező.



dáló hatásának külön-külön szemléltetése céljából így is írhatjuk:



ami azt jelenti, hogy a pörkölés munkája egyrészt felbontotta a vaskarbonátot és szabaddá, illóvá tette az érc szénsavtartalmát, másrészt az eredeti vaskarbonát alacsonyabb rendű oxidját (FeO) magasabb rendű oxiddá (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) oxidálta.

A pörkölésnek ez a módja úgy termokémiai, mint pénzgazdasági tekintetben olcsó művelet, mert exoterm, hőtermelő és némi hőforgalmi felesleggel játszódik le. Hőberuházásra tehát csak a folyamat megindítása és a gyakorlati hőveszteségek állandó pótlása céljából van itt szükségünk. Amíg ugyanis az „Eisenhütte“ (IV. kiadás, 316—317. old.) egységnyi értékei szerint 1'0 kg Fe CO<sub>3</sub> felbontása 211 he-et fogyaszt, addig 0'62 kg FeO oxidálódása Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-dá 217 he-et termel úgy, hogy végeredményben az 1 kg -nyi FeCO<sub>3</sub> pörkölésével kapcsolatos hőforgalom 6 he-nyi hőfelesleggel zárul.

Nem mulaszthatom el annak a megjegyzését, hogy az „Anhaltszahlen für den Energieverbrauch“, III. (legújabb kiadása 106. oldal) az Eisenhütte adataival szemben Professor W. A. Roth legújabb egységnyi adatainak használatát ajánlja. Ez utóbbi adattal a vegytiszta FeCO<sub>3</sub> pörkölésének hőmérlege így alakulna:

1'0 kg FeCO<sub>3</sub> felbontása 121 he-t fogyaszt,  
0'62 kg FeO oxidálása Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-dá 217 he-t termel,

minélfogva az újabb adatok szerint a tiszta vaskarbonát pörkölése kg-onként 96 he-nyi melegfölslegnek szabaddá tételével jár.

Minthogy a vaspátok a természetben mindig a Mn, a Ca és a Mg karbonátjaival együtt fordulnak elő, a



gyakorlati pörkölő műveletek során ezekre is tekintettel kell lennünk. A  $\text{MnCO}_3$ -ra nézve az a helyzet, hogy annak pörkölése az Eisenhütte IV. kiadásának adatai alapján gyengén hőtermelő, Roth adatai szerint pedig gyengén hőfogyasztó folyamat. Annyi mindenestre kétségtelen, hogy szideritek gyakorlati pörkölésekor a kísérő  $\text{MnCO}_3$  pörkölése sem kerül tehát nagy áldozatba. A Ca és Mg karbonátjainak pörkölése azonban már tetemes hőt fogyaszt, mert

1 kg  $\text{CaCO}_3$  felbontásához 426 he és

1 kg  $\text{MgCO}_3$  felbontásához 305 he szükséges. A hőforgalom javára e két utóbbi esetben semmi sem írható, mert a CaO és a MgO nem oxidálódhatik magasabb rendű oxiddá.

Megállapíthatjuk tehát, hogy a karbonátos vasércek, a vaspátok pörkölése csupán a kísérő karbonátok, főleg pedig a Mg és a Ca karbonátjainak felbontása révén fogyaszt nagyobb hőmennyiségeket. Éppen ezért igen helyes és szellemes elvi alapnak kell tekintenünk Fleissner leobeni tanárnak azt a kezdeményezését, hogy a vaspátokat a rendesen alkalmazni szokott pörkölési hőmérsékletnél jóval kisebb hőfokon kellene pörkölni, ha megelégszünk a Fe és esetleg a Mn karbonátjainak felbontásával, ellenben felbontatlanul hagyjuk a Mg és a Ca karbonátjait.<sup>36)</sup> A gyakorlati kivitel Apold donawitzi vezérigazgató közreműködésével jött létre. Az Apold—Fleissner-féle gyakorlati megoldás azonban elejtette a pátok részleges pörkölésének gondolatát és — nagy hőmérséklettel dolgozva — valamennyi kísérő karbonát felbontását is elvégzi.<sup>37)</sup> Így azután az eljárás elvesztette a kiinduló gondolattal kapcsolatos eredeti jellegét és — természetesen — gazdaságossága sem olyan jó, mintha a részleges bontóhatás

<sup>36)</sup> Stahl und Eisen, 1925. évf. 809. old.

<sup>37)</sup> R. Branhofer, Das Röstverfahren nach Apold-Fleissner, Stahl und Eisen 2061. (1927.)



alapján maradt volna meg. A berendezés is igen költséges és a donawitzi egység például mintegy 250.000 márkába került.

A pörköléssel kapcsolatban meg kell említenem azt a különös jelenséget, hogy még mindig találkozunk olyan felfogással, mintha a levegőn történő tűzi pörkölés kikerülhetetlen velejárója, a vasoxidok továbboxidálása is határozott célja és előnye lenne ennek a folyamatnak. Eltekintve attól, hogy helyes adatok esetében a számítás ilyet sohasem igazolhat (ha „igazolná“, tudnunk kell, hogy a számítás eredménye használhatatlan, mert azt mutatta ki, hogy több munka végzéséhez kevesebb energia szükséges!), a kérdés már évtizedekkel ezelőtt elintézést nyert. Így Brisker leobeni kohásztanár „Einführung in das Studium der Eisenhüttenkunde“ (A. Felix, Leipzig, 1907) című könyvében (73. és 74. old.) két és fél évtizeddel ezelőtt kristálytisztán állapítja meg, hogy: „Der Grund für dieses auffällige Verhalten kann nur der sein, daß solche Erze, die eine Umsetzung ihrer Oxidationsstufen bereits erfahren haben, infolge der Auflockerung dem Kohlenoxydgasstrom leichter zugänglich sind und so den Anschein gewinnen, als seien höher oxydierte Eisenerze leichter reduzierbar als niedrige Oxyde. Daß dies nicht der Fall ist, haben wir (im vorangegangenen Abschnitt) kennen gelernt.“ A FeO-t mindig bőségesen tartalmazó mazó agglomerált vasérceknek feltűnően könnyű redukálhatóságáról minden szakember könnyen meggyőződhetik.

Az agglomerálás, illetőleg a darabosító pörkölés valamennyi módszere (Fellner—Ziegler, Huntington—Heberlein, Dwight—Lloyd) egyébként főleg két ponton tér el lényegesebben a pörkölés műveletének elveitől. Nagyobb hőmérséklettel és korlátolt levegőmennyiséggel dolgozik. A nagyobb hőmérsékletnek előnyös következménye az agglomerált érc kénar-



talmának nagyobb mérvű csökkenése, a korlátozottabb levegőmennyiségnek pedig a vasoxidok tekintélyes részének a továbboxidálástól való megkímélődése. Az agglomeráló pörkölés tehát nagyobb metallurgiai értékű terményt ad, de tüzelőanyagfogyasztása is jóval nagyobb — kereken kétszer akkora —, mint a közönséges pörkölés műveleteé.



## 5. A nyersvasgyártás tüzelőanyaga. A tüzelőanyag elégetésének módja.

A 19. század harmadik évtizedéig a faszén volt a nagyolvasztó tüzelőanyaga. Ettől az időtől kezdve azután a nyersvasgyártásban a kokszt kezdte a faszén helyét elfoglalni s ma már — évtizedek óta — úgyszólván kizárólagos tüzelőanyaga a nagyolvasztónak. A kokszt szinte tökéletes egyeduralmának megvan a maga érthető oka. A nyers tüzelőanyag egyrészt a kohó hőforgalmától vonná el a lepárlás energiaszükségletét, másrészt pedig ingadozó mennyiségű lepárolt gázai növelnék és ingadozóvá tennék a nagyolvasztó belső nyomását, ami az üzem egyenletességének rovására menne. Nyers tüzelőanyagok gyúlási hőfoka nem érheti el a sokkal tömörebb kokszt gyúlási hőfokát. Kétségtelen azonban, hogy e komoly érvek mellett a kokszyártás rohamos tökéletesedése, mellékterményeinek gyorsan fejlődött világkereskedelme s ezek következményeként a koksznak fokozatos olcsóbbodása az a fontos körülmény, amely a koksznak a nagyolvasztóüzemekben elfoglalt, szinte egyeduralmi helyzetét érthetővé teszi.

A nyers, vagy félig nyers (szárított, de nem gázatlanított) tüzelőanyagokat ugyanis sok helyen még néhány évtizeddel ezelőtt is meglehetősen nagy mennyiségben használták a nagyolvasztókban, ami arra vall, hogy a nyers tüzelőanyagok jelentékeny hátrányai dacára is számottevő gazdasági előnyök jártak együtt az



akkor még igen olcsó nyers és szárított tüzelőanyagok (nyers vagy szárított ásványi szén és szárított fa) használatával.<sup>38)</sup> Szerzőnek éppen idézett munkája arra is rámutat, hogy Skótország és Oroszország több nagyolvasztójában ma is igen jó metallurgiai és gazdasági eredménnyel dolgoznak fel szárított, sőt egészen nyers ásványi szenet. Megszívlelendő jelenség minden olyan vasipar számára, amelynek külföldről behozott kokszot kell vásárolnia!

Itt kell megjegyeznünk, hogy az a körülmény, hogy a koksz a nagyolvasztóüzemben teljesen kiszorította a faszénét, nem jelenti egyben azt is, hogy a koksz jobb minőségű tüzelőanyaga a nyersvasgyártásnak, mint a faszén. Erről szó sem lehet, minthogy a faszén — hamu- és kénmentessége, sokkal nagyobb reakcióképessége és gyorsabb égése (Verbrennlichkeit) révén — főleg nem túlságosan magas nagyolvasztókban —, a nyersvasgyártásnak bizonyára mindenkorra a legeszményibb tüzelőanyaga marad.

Tekintettel azonban a koksznak a nyersvasgyártás keretében elfoglalt, szinte kizárólagos helyzetére, alábbiakban csupán a koksz tulajdonságainak méltatására terjeszkedünk ki.

A kohókoksztulajdonságait, illetőleg ezek tekintetében támasztott igényeinket a kohókokszt feladata és a nagyolvasztóban megtett útja szabja meg. A koksz főfeladata a kohóban is az, hogy minél rövidebb idő alatt, minél nagyobb hőmennyiséget tegyen szabaddá és hogy a lehetőség határáig szegény legyen olyan kísérőelemekben, amelyek a nyersvas tulajdonságait rontják. A koksz ugyanis a nagyolvasztóban egészen a művelet végéig, a nyersvas és a salak megolvadásáig, állandó érintkezésben marad az ércekkel, illetőleg az anyagoszlop anya-

<sup>38)</sup> Cotel E., „Die ungar. Eisenindustrie und die einheimische Braunkohle“, Mitteilungen d. Hochschule zu Sopron, Bd. 1931. S 17.



gaival. Ugyanezen a hosszú úton megfelelő szilárdságra is van szüksége a tüzelőanyagnak, főleg abból a szempontból, hogy minél kevésbé morzsálódjék, minél kevesebb kokszipor váljék le belőle. Abból a célból pedig, hogy a gázáram redukáló hatású gázaival szemben minél reakcióképesebb legyen, a kohókoksznak megfelelő mértékű porozitással is kell bírnia. Hogy a kokszt a nagyolvasztóüzem emez igényeinek megfelelhessen, alkotórészeinek mennyisége meglehetősen szűk határok közé szorul úgy, hogy azt is mondhatnók, hogy a kohókoksznak úgyszólván szabványos összetétele van, amely körülbelül a következő:

C	. . . . .	legalább	82%
H <sub>2</sub> O	. . . . .	legfeljebb	6%
illórészek	. . . . .	„	2%
S	. . . . .	„	1%
hamu	. . . . .	„	12%
<hr/>			
Fűtőérték	. . . . .	legalább	6600 he
összenyomó szilárdság	. . . . .	„	120 kg/mm <sup>2</sup>
porozitás	. . . . .	„	50%

Ezek az adatok persze nem azt jelentik, hogy a velük jelzett minőségnél gyengébb minőségű kokszt a nagyolvasztóban egyáltalában nem használható, annyit azonban mindenesetre jelentenek, hogy a silányabb minőségekkel azután valami igen jó üzemeredményekre nem számíthatunk. A németországi nagyolvasztótelepek gyengébb koksztminőségekhez szoktak hozzá (l. a 7. sz. táblázatot), míg a magyarországi kohók rendszeresen morva-ostraui koksztot használnak, amelynek minősége minden tekintetben a legkiválóbbak közé tartozik és például kéntartalma rendszeren 0,7% alatt marad.

A k o k s z h a m u j á b a n mindig a savas természetű oxidok vannak túlsúlyban, minthogy a kokszt-hamu összetételében a SiO<sub>2</sub> és Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> együttes mennyisége rendszerint meghaladja a 60—65%-ot. (A s a l a k-



ról szóló fejezetben látni fogjuk, hogy a kohósalakok vegyi szerkezetének szempontjából az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ot savtermészetűnek szokás tekinteni) A hamutartalom tehát nemcsak azért csökkenti a kohókokszt értékét, mert a hamu mennyiségének arányában kisebb lesz a kokszt karbon tartalma és fűtőértéke, hanem azért is, mert elsalakításához — savas természeténél fogva — bizonyos külön bázismennyiség ( $\text{CaO}$ ) feladását és megolvasztását kívánja meg, amivel viszont a kokszt-fogyasztás növekedése jár együtt.

#### 7. sz. táblázat.

Németországi nagyolvasztókoksztok adatai (36 kohó). (Fischer, Taschenbuch f. Feuerungstechnik, 9. kiadás, 266. oldal.)

Alkotórész	határértékek	átlag
Hamu . . . . . %	6·7—14·3	9·5
kén . . . . . %	0·7—1·5	1·1
foszfor . . . . . %	0·01—0·03	0·02
porozitás . . . . . %	45—67	51·3
C-tartalom . . . . . %	81·9—89·7	87·4
Összeny. szilárdság $\text{kg/cm}^2$ . . . .	85—200	127·0

Hasonló a helyzet a kokszt kéntartalma tekintetében is, minthogy a ként ugyancsak Ca-hoz kell kötnünk, hogy a salakba juttathassuk. A Ca-ban dús salakok pedig nehezen, illetőleg nagy hőmérsékleten olvadnak, tehát szintén a kokszt-fogyasztás növekedéséhez vezetnek. A kokszt hamu- és kéntartalmának nagysága tehát főleg abból a szempontból fontos, hogy vele együtt növekszenek azok a meddő tömegek, amelyeknek szükségszerű megolvasztása növeli a kokszt-fogyasztást és csökkenti a nyersvasgyártás gazdaságosságát.

A kohászat újabb irodalmában igen sok szó esik a kohókokszt reakcióképességéről és égő-



képességének (Verbrennlichkeit) fokáról anélkül, hogy ebben a kérdésben határozott döntés történt volna. A kutatók legtekintélyesebb része a kokszt reakcióképességét (illetőleg: redukálóképességét a  $\text{CO}_2$ -al szemben) élesen megkülönbözteti annak égőképességétől, amely utóbbi tulajdonság alatt azt a viszonylagos sebességet értjük, amellyel a különböző kokszfajták egyenlő mennyisége a nagyolvasztó fúvósíkjában elég. Kétségtelen, hogy a kokszt égőképességének nagyobb mértéke növeli a medence hőtömegének s vele együtt az olvasztóhatásnak nagyságát. Ezzel szemben viszont jogosnak látszik az a feltevés, hogy a nagyobb égőképességű kokszt nemcsak a levegő oxigénje, hanem a gázáram  $\text{CO}_2$ -ja is hevesebben támadja meg, ami pedig már nem lehet kívánatos. Brassert vizsgálatai szerint<sup>39)</sup> ennek a két éppenséggel nem párhuzamos feltételnek a könnyű, nagylikacsú, kemény likacsfalú, szilárd felületű kokszt felel meg legjobban. Újabb időből való kísérletek azt bizonyítják, hogy nagy égőképességű, gyorsan égő kokszt is ellenállhat a fel szálló gázáram  $\text{CO}_2$ -jának. Így A. Wagner és G. Bulle azt találták, hogy gyorsan égő saarvidéki koksszal járó olvasztójukban a feladott koksznak 81%-a érkezett le a fúvósíkba, holott a lassabban égő ruhrvidéki kohókoksznak rendesen csak 75–80%-a jut be a medence fúvóövébe. E mellett a saarvidéki kokszt használata mellett az indirekt redukció részese dési aránya is igen kedvező (69%) volt.<sup>40)</sup>

A kokszt égőképessége mértékének jelentőségét a legújabb vizsgálatok nem növelték, hanem inkább csökkentették. H. Broche és H. Nedelmann vizsgálatai és kísérletei ugyanis kétségtelenül beigazolták, hogy az eddigi (1000° alatt végzett) vizs-

<sup>39)</sup> Gmelins Handbuch d. anorg. Chemie, 8. kiadás 1930. „Eisen” 466. old.

<sup>40)</sup> A Wagner und G. Bulle, Untersuchung eines mit Saarkoks betriebene Minette-Hochofen, Archiv f. d. Eisenhüttenwesen 1929. évf. 391–395.



gálatok eredményei nem megbízhatók, mert a különféle szénmódosulatok égőképessége 1000 és 1600° között, vagyis a nagyolvasztó tüzelőmódja tekintetében mértékadó feltételek mellett, csak nem tökéletesen állandó értékű.<sup>41)</sup>

Igen fontosak F. Wüst-nek a koks elégésének módjával és helyével kapcsolatos megállapításai,<sup>42)</sup> amelyeket időközben Mund és Stoecker is igazolt.<sup>43)</sup> Wüst megállapítja, hogy a vas egy része a fúvókák előtt újra oxidálódik és pedig annál nagyobb mennyiségben, minél kisebb a koks égőképessége, vagyis minél nagyobb az a magasságkülönbség, amelyben a koks elégése lejátszódik. Az újra oxidálódott vas, vagyis az újból keletkezett oxidok redukálása persze újabb koks mennyiséget igényel, miáltal a nyersvastermelés kokszfogyasztása annál nagyobb lesz, minél kisebb a koks égőképessége. Wüst ebben a körülményben látja a magyarázatát annak, hogy a rendkívül porózus, nagyfokú égőképességgel rendelkező faszenből még 300°-kal kisebb hőmérsékletű fúvószél esetében is 15%-kal kevesebb kell 1 t nyersvas gyártásához, mint a gyengébb égőképességű kokszból. Koppers megállapítja, hogy a nagyobb égőképességű s éppen ezért kisebb tömörségű, kevésbé kemény kokszfajtákkal természetesen alig lehet olyan nagy égéshőmérsékletet elérni, mint a kisebb égőképességű, tömörebb koksokkal, de hozzáteszi, hogy ez nem is fontos, minthogy — az előbb mondottaknál fogva — a legfontosabb követelmény csakis az lehet, hogy a tüzelőanyagot minél gyorsabban égessük el s hogy az oxidációs zóna vékony legyen. A koks meggyúlásától a

<sup>41)</sup> H. Broche és H. Nedelmann. Die Reaktionsfähigkeit von Koks bei Temperaturen über 1000°, Stahl und Eisen 1933. évf. 144—7. old.

<sup>42)</sup> F. Wüst, St. u. Eisen 1928. évf. 505 és 1273. oldal.

<sup>43)</sup> A. Mund, J. Stoecker, Stahl u. Eisen 1931. évf. 1449—62 old.



magasabb fekvésű övekben nem kell tartanunk, mint-hogy azokban oxigén már úgy sincsen.<sup>44)</sup>

A tüzelőanyagot a nagyolvasztóban nagyfeszültségű levegővel, úgynevezett fúvószéllel és pedig nagyhőmérsékletű fúvószéllel égetjük el.

Amint a nagyolvasztó történeti fejlődésének váz-lata során (1. fejezet) láttuk, már a közvetlen acélgyár-tás Krisztus előtti idejének aknás kemencéiben is fúvó-levegővel égették el a tüzelőanyagot. Azt is láttuk, hogy amint a nagyobb feszültségű szél szolgáltatásának tech-nikája fejlődött, azt a vasipari aknás kemencék üzeme azonnal alkalmazásba vette. A rendesnél nagyobb nyo-mású levegőnek alkalmazása abból a célból történt, hogy a levegő és a tüzelőanyag érintkezését bensővé, az elégést gyorsá tegyék. Csakis ez az eszköz alkalmas arra, hogy — ami éppen a nagyolvasztó üzemmenete szempontjából annyira fontos — a tüzelőanyag a viszonylag legkisebb térben a legna-gyobb hőmennyiséget a legrövidebb idő alatt termelje. Bár a tüzelőanyag ilyen el-égetésének célja a mai nagyolvasztók üzemében is tel-jesen változatlanul áll fenn, a fúvólevegő nyomásának, feszültségének nagysága az idők során állandóan növe-kedett. Ezt a nyomásnövelést a méreteiben folyton nö-vekedett nagyolvasztók növekedő belső ellenállása tette szükségessé. Bár a cél az volt, hogy a szélnyomás növelésével a befúvott levegő elérhesse a legnagyobb át-mérőjű medencék középpontját, illetőleg a kohók ten-gelyében oda leérkezett tüzelőanyagot is, a 3. fejezet tárgyalásai során láttuk, hogy Lennings és mások vizsgálatai kétségtelenül bebizonyították, hogy a 25 m-nél nagyobb átmérőjű nagyolvasztók üzemében ez a cél el nem érhető. A kohóméretek fokozatos növelésével azonban mégis csak állandóan növelni kellett a fúvó-

<sup>44)</sup> H. Koppers, Fortschritte auf dem Gebiete d. Koks-erzeugung usw. St. u. E. 382 (1922).



szél nyomását is, minthogy az anyagoszlop növekedése egymagában is állandóan növelte a nagyolvasztó belső ellenállását. A kohó belső ellenállása ugyanis a hideg szél gyűjtővezetékében uralkodó szélhólyomásnak kereken 70%-át veszi igénybe.<sup>45)</sup> Minthogy a nagyobb szélhólyomás az olvasztóhatás növelésének, tehát a nyersvastermelés emelkedésének is biztos eszköze, a szélfeszültség nagyobbítását az idők folyamán ez okon is sűrűn vették igénybe. A fúvólevegő nyomása a legnagyobb méretű nagyolvasztóknál így emelkedett mai legnagyobb értékére, kereken 1,25 atm. túlnyomásra. A közepes méretű magyar nagyolvasztók ennek a legnagyobb szélhólyomásnak alig harmadával dolgoznak. Fajlagos vastermelésük persze szintén alig egyharmada a külföldi kohók fajlagos vastermelésének.

A fúvószél előmelegítése, izzítása a 19. század elejéről ered és pedig az angol J. B. Neilson-tól, aki ezt a gondolatát 1828-ban szabadalmaztatta. A levegő előmelegítésének kettős célja van; az egyik a levegő, illetőleg az oxigén eleven erejének s vele az égés sebességének és a termelésnek fokozása, a másik a tüzelőanyagszükséglet egy részének megtakarítása. A fúvólevegő izzítása ezt a kettős célját mindjárt alkalmazása első idejében elérte és az első években tapasztalt nehézségeknek tisztán az volt az oka, hogy a nagyolvasztó megnövekedett hőfoka következtében a vasérc kísérő elemeiből több redukálódott és több ment át a vasba, mint amennyit vártak, helyesebben, mint amennyihez hideg széllel való fűjtatás mellett szokva voltak. Ezeknek a jelentéktelen nehézségeknek leküzdése után a fúvólevegő izzításának módszerei gyorsan terjedtek és tökéletesedtek. Tekintve, hogy a fúvószél hőfokának növelésével a vastermelés növekedése és a tüzelőanyagfogyasztás csökkenése járt együtt, a levegő előmelegítésének gyors terjedése köny-

<sup>45)</sup> H. B a n s e n, Wärmewertigkeit usw. Düsseldorf, 1930. 34. o.



nyen megérthető. A hideg széllel járt nagyolvasztók fúvósíkjának körülbelül  $1600^{\circ}$ -os hőmérséklete az izzított levegővel való fújtatás után  $1800$ — $1900^{\circ}$ -ra emelkedett. Ez a hőmérsékletnövekedés rendkívül hathatós eszköz az újabb idők vaskohászatának szolgálatában.

A vaskohászati gyakorlat mai fejlettségének ismeretében a fúvólevegő izzításának legnagyobb jelentőségét abban a tényben kell látnunk, hogy a nagyhőmérsékletű fúvószél révén a kohó hőforgalma olyan nagy hőfelesleghez, illetőleg olyan nagy hőtartalékhoz jut, amellyel a nagyolvasztónak hőingadozásait, átmeneti hőcsökkenéseit veszedelem nélkül egyenlíti ki. Amíg a ma szokásos nagyhőfokú fújtatással a nagyolvasztó hideg („nyers“) járása rendszerint rövid idő alatt és könnyen megszüntethető, addig a hideg széllel járt régi olvasztók ilyen természetű, hidegjárású periódusai hosszantartók és veszedelmesek voltak. Mégis igen valószínű, hogy a ma szokásos és néha a  $800$ , sőt  $900^{\circ}$ -ot is elérő igen nagy szélhőmérsékletekkel a legcélszerűbb hőfokhatárt már túlléptük. A tapasztalat ugyanis azt mutatja, hogy a különböző nagyságú és hasonló elegyviszonyokkal dolgozó,  $600$ — $900^{\circ}$  hőmérsékletű széllel fújtatott nagyolvasztók szélhőmérséklete és fajlagos termelésének nagysága között semmiféle összefüggés sincsen és semmiképen se állíthatnók jogosan, hogy — egyébként egyenlő körülmények között — annak a nagyolvasztónak a fajlagos termelése a legnagyobb, amelyiknek a szélhőmérséklete a legnagyobb. A már többször említett Diepschlag-féle (és minden más) adatgyűjtemény mindezt világosan bizonyítja. A magyarországi nagyolvasztók is nagyobb hőmérsékletű fúvószéllel dolgoznak, mint — átlagban — a külföldi nagyolvasztók, holott ezek fajlagos vastermelése nagyobb. Reichardt — vizsgálatait alapján — kimutatja, hogy a szél hőmérsékletének fokozatos növelése csak kb.  $400^{\circ}$ -ig jár lényeges kokszmegtakarítással. Az ennél nagyobb szélhőmérsékletek kokszmegtakarító



hatása rohamosan csökken.<sup>46)</sup> A szélhőmérséklet túlságos növelése azzal a hátránnyal is jár, hogy a fúvószél nyomásvesztesége fokozatosan nagyobbodik.<sup>47)</sup>

A magas hőmérsékletű fúvószél elvének igen nagy hátránya, hogy műszaki megoldása rendkívül költséges beruházást igényel, pedig az amerikai Egyesült Államokból elindított, mindenképen helyes és egészséges újabb irányzat szerint mindenképen arra kell igyekeznünk, hogy a legjobb, de legalább is elfogadható eredményt a viszonylag legkisebb tőkeszükséglettel érhessük el. Természetesnek kell tehát találnunk, hogy a fúvólevegő előmelegítésének mellőzését is Amerikában kezdeményezik. Az Egyesült Államok vasipara állandó kísérleteket folytat oxigéndús fúvólevegőnek nagyolvasztóüzemben való használata érdekében. Arra számítanak, hogy oxigénben kellően dús levegő használata esetén az előmelegítésre nem lesz szükség. Meg kell említenünk, hogy a svédországi nagyolvasztók a rendes összetételű levegőt ma is csak igen gyengén, 200—300°-ra melegítik fel. A svéd vasipar sohasem követte a vasipari „világdivatok” túlzásait, pedig vas- és acélminőségeinek kiváló híre, valamint közgazdaságának tökéletes rendezettsége révén arra legalább is annyi jogcíme lehetett volna, mint bármelyik más ország vasiparának. A józan svédek — anélkül, hogy hangoztatták volna — már régen rájöttek a tőkefelhasználás legjobb hatásfokú módjára, amelyet Amerikában csak most kezdenek felismerni és hangoztatni.

<sup>46)</sup> P. Reichardt, Ein neues Wärmeschaubild des Hochofens, Arch. f. d. Eisenhüttenw. 1927. évf. 93. old.

<sup>47)</sup> H. Bansen, Wärmewertigkeit usw. Düsseldorf, 1930. 33. és 34. old.



## 6. A nyersvasgyártás műveletének fizikai és kémiai lefolyása.

Hogy a nagyolvasztónak olyan alakot és méreteket adhassunk, amelyek a leggazdaságosabb termelést biztosítják, másrészt, hogy az olvasztásra szánt ércfajokat úgy válogathassuk össze és úgy készíthessük elő, s az üzemmenetet úgy irányíthassuk, hogy üzemünkből azután bizonyos joggal várhassunk jó metallurgiai és pénzgazdasági eredményeket, ahhoz a nagyolvasztóban lejátszódó fizikai és kémiai folyamatok ismeretére van szükségünk. Ezeknek a folyamatoknak kutatása az anyagoszlophoz való hozzáférhetés nehézségei miatt éppenséggel nem egyszerű. A kohófolyamatok kutatása éppen ezért meglehetősen lassan haladt, míg végre — amerikai kezdeményezésre — az utóbbi 6—8 évben olyan lépésekkel jutott előre, hogy ezalatt a néhány esztendő alatt a nagyolvasztófolyamatok kutatása terén sokkal több történt, mint eleddig évtizedeken át. Amint az már történni szokott, a németek persze ebben is hamar megelőzték az amerikai vasipart, és ma már messze előljárnak a kohófolyamatok üzemi kutatása terén is. Munkámnak ez a fejezete főleg a német kutatók legjobb eredményeire támaszkodik, amelyek a legutóbbi 2—3 év alatt kerültek a vaskohászat legbecsesebb, újabb értékei közé.

Mielőtt a nagyolvasztóban végbemenő folyamatok részletesebb tárgyalásához foglalnánk, célszerű, ha azokról az alábbiakban előzetes, egybefüggő vázlatot tekin-



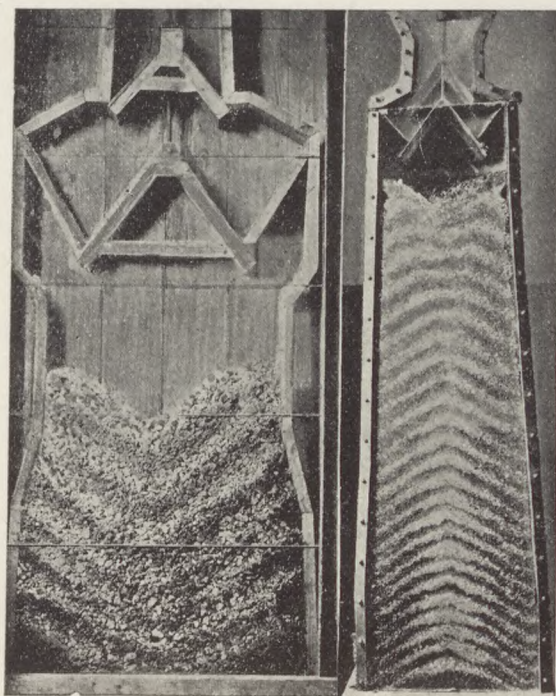
tünk át. A nagyolvasztó torkán feladott vasérc, pótlék (mészke) és kokszt alkotott anyagoszlop egymáson fekvő rétegei olyan sebességgel süllyednek lefelé, amilyen a medence fogyasztóhatásának, olvasztóhatásának, szóval emésztőképességének pontosan megfelel. Az egyes anyagrétegeket sohasem vízszintes síkok határolják el egymástól. Ez még akkor sem volna lehetséges, ha az olvadás a fúvóöv keresztmetszvényének minden pontján egyenlő sebességgel történnék. Pedig tudjuk, hogy a fúvósél hatása a fúvóövnek csak egy körgyűrűalakú részterületén érvényesül, amiértis az anyagoszlop olvadása, tehát fogyasztása is ezen a körgyűrűn át fog a legérelmesebben végbemenni, aminek viszont az a következménye, hogy az anyagrétegeknek a körgyűrű fölébe kerülő részei mindig előre fognak sietni. A körgyűrűalakú olvasztóterület fogyasztóhatása tehát az anyagrétegeket mindig olyan értelemben fogja deformálni, ahogyan az a 8. ábra görbéi szerint várható. A lefelé süllyedő anyagrétegek alakváltozására azonban más körülmények is befolyással vannak. Így például az anyagoszlopnak sűrűsödése az akna és a nyugvó falán, az anyagok különböző fajsúlyának és egymástól eltérő darabnagyságnak hatása, valamint az adagolószerkezet munkamódszere, mind olyan tényezők, amelyek szinte kizárják azt, hogy az anyagrétegek teljesen párhuzamosan és vízszintes síkok között feküdjének egymáson. A 10. ábra világosan szemlélteti azt a határozott és jelentékeny hatást, amelyet az adagolószerkezet különféle- sége gyakorol az anyagrétegek elhelyeződésének alakbeli viszonyaira. Feldmann, Stoecker és Eilender legújabb vizsgálatai<sup>48)</sup> pedig azt bizonyítják, hogy számos mérés alapján egy olvasztónak 5600 mm átmérőjű aknazónájában a frissen beszórt legfelső adag olyan erősen tölcseralakú volt, hogy a tölcsernek az olvasztó tengelyében fekvő legmélyebb

<sup>48)</sup> „Reduktion von Eisenerzen usw.“ Stahl und Eisen 1933. évf. 290. old.



és az akna körfala mentén fekvő legmagasabb szintje között 1—1'8 m volt a magasságkülönbség.

Az anyagrétegek felszínének tölcséres alakja az-  
zal a hátránnyal jár, hogy a nagy fajsúlyú, jobbára  
síma felületű ércdarabok a tölcsér aljára gurulnak, a



10. ábra.

Az adagoló szerkezet befolyása az anyagréte-  
gek elhelyeződésére. (Schapó Lajos kohómérnök szigor-  
lati dolgozatából.)

könnyű és kapaszkodó felületű koks pedig a falhoz  
szorul. Ezt a szintkülönbséget a fal súrlódása rendsze-  
rint még növeli is, ami főleg akkor válik veszedelmessé,  
ha a nyugvó szöge kicsi, vagyis ha a nyugvó nem elég  
meredek. Ilyen kis nyugvószögű nagyolvasztó nyugvó-

<sup>40)</sup> V. ö. az előbb idézett munka 293. oldalával.



jában nagyobb anyagtömegek hosszú időre is megrekedhetnek, ami persze zavarokra is okot adhat.<sup>49)</sup> Ezeknek a kellemetlenségeknek gyakorisága vezetett a profilszerkesztésnek ahhoz az újabb irányához, amelyik a nagyolvasztó nyugvószögét állandóan növeli, amíg csak a  $90^\circ$ -ot el nem éri.

Amíg az anyagoszlop rétegei ilyen helyzet- és alakváltozás közben sorban bejuthatnak a fúvósíkba, természetesen többféle fizikai és kémiai változáson mennek keresztül. Hőmérsékletük a lefeléhaladás közben állandóan nagyobbodik, minthogy útjukban mindig növekedő hőmérsékletű gázokkal találkoznak, amelyek a fúvóövből szállnak felfelé. Amint a többször említett 8. ábra izotermái bizonyítják, a nagyolvasztó egyenlő hőmérsékletű helyei szintén nem vízszintes és párhuzamos síkokat, illetőleg öveket alkotnak, hanem olyan görbék mentén helyezkednek el, amelyek a gázáram túlnyomó részének útjait jelzik. A gáztömegek legnagyobb része ugyanis azokon a kúpfelületeken siet előre, amelyeket egyrészt a fúvóöv aktiv területének olvasztóhatása, másrészt az anyagoszlopnak fajsúly és anyagminőség (érc és tüzelőanyag) szerinti dekomponálódása, szétosztódása hoz létre.

Minthogy az anyagoszlop legfelső szintjének hőmérséklete (a friss adag feladását követő néhány perccet nem számítva) rendszeren több, mint  $100^\circ$ , kétségtelen, hogy a szilárd anyagok tapadt víze mindjárt az anyagoszlop legfelső szintjein elpárolog. A kötött víz szabaddá tételéhez már valamivel nagyobb hőfokra ( $150$ — $450^\circ$ ) van szükség, de a kötött víz felszabadításához és elősegítéséhez sem kell az anyagrétegeknek jelentékenyen mélyebb szintekig süllyedniök. A karbonátok felbontásához azonban már jelentékenyebb hőmennyiségekre van szükség. A nyers anyagok tűzi előkészítésének tárgyalása során (4. fejezet) láttuk, hogy magának a  $\text{FeCO}_3$ -nak felbontása ugyan nem jár jelentékenyebb hőszükséglettel, a kísérő



karbonátok és főleg a mészkő szénsavtartalmának felszabadítása azonban tetemes hőmennyiségeket igényel. A szénsav elszabadulása tehát — bár a Fe-hoz kötött részében már kisebb hőfokon is megkezdődik — csak a mészégetésnek és a pörkölésnek már ismert (4. fejezet) hőmérsékletén fog befejeződni. A 8. ábra görbéi világosan mutatják, hogy milyen viszonylagos mélységekig kell a rétegeknek lesüllyedniök, hogy az anyagoszlop fizikai és kémiai előkészítésének ez a része teljesen befejeződjék. Ezeken a helyeken, illetőleg ezektől lefelé, a vasérceknek és a pótléknak már csak víztől és szénsavtól mentesített oxidjai találhatók. Innentől kezdve tehát a vasérc oxidjai ( $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) színíthető, illetőleg redukálható állapotban vannak, a pótlék oxidja ( $\text{CaO}$ ) pedig salakképzésre alkalmas szabad állapotában van.

Minthogy a felfelé szálló gázáramban nagymennyiségű szénmonoxid ( $\text{CO}$ ) van, ez azonnal megindítja a szabaddá lett vasoxidok redukcióját. A redukciónak ezt a gázfázisát indirekt, közvetett redukciónak nevezik. A közvetett redukció reakciósebessége azonban csekély, amiért is a vasnak ezen az úton színtett mennyisége aránylag — különösen nagy fajlagos termelés, tehát az anyagoszlop nagy süllyedési sebessége esetén — nem mindig jelentékeny. A vasoxidok redukálásának munkájában a további rész tehát a közvetlen, vagy direkt redukcióra vár, amelyet a tüzelőanyag szilárd karbonja végez a fúvóövben, illetőleg közvetlenül fölötte. A vasérc meddő részének felszabadult oxidjai rendszeresen savjellegű tömeget alkotnak úgy, hogy a szintén szabad állapotú  $\text{CaO}$ -al viszonylag könnyen olvadó oldatot, salakot képeznek.

Bár a medence fúvósíkjában még hideg széllel történő fűjtetés esetében is nagyobb a hőmérséklet, mint  $1600^\circ$ , a redukálódott vas már csak azért is könnyen és gyorsan olvad meg, mert az érc meddő részeinek redu-

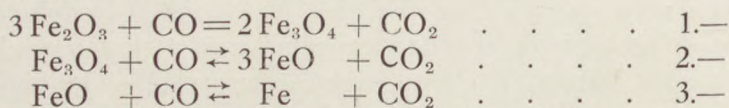


kálódott fémes és nem fémes elemeivel, valamint a tüzelőanyag karbonjával ötvöződik.

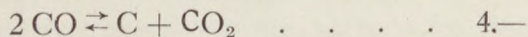
Az így keletkezett folyékony vas, a nyersvas, végleges vegyi összetételét azonban nem a fúvósíkban, hanem a medencében kapja meg. A medencét tehát már ennél az oknál fogva sem tekinthetjük a nyersvas és a salak egyszerű gyűjtődényének.

Arra való tekintettel, hogy a nyersvasgyártás műveletének az a legfontosabb része, amelyik a szabaddá (víztől és szénsavtól mentessé) vált vasoxidoknak indirekt redukciójával indul meg s a szilárd tüzelőanyag karbonjával való redukciójával folytatódik, azért ezeket a folyamatokat és ezek legcélszerűbb módjának feltételeit közelebbről is meg kell ismernünk. Foglalkoznunk kell azután azokkal a szempontokkal is, amelyek szerint ezeknek a redukciós műveleteknek az eredményeit meg kell ítélnünk.

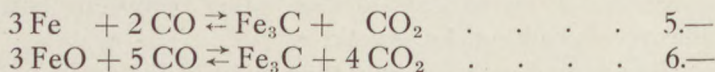
A vasoxidoknak szénmonoxiddal történő, vagyis indirekt redukciója a következő három vegyi egyenlet szerint megy végbe:



Mint hogy azonban — viszonylag alacsonyabb hőfokon — a szénmonoxid az alábbi egyenlet szerint:



szét is eshetik, azért a szénmonoxidnak nemcsak redukáló, hanem karbonizáló hatása is van. Ennek a karbonizáló hatásnak eredménye a vaskarbid, amelynek képződése a következő két egyenlet szerint történik:



Mind a hat egyenletnek közös jellemző vonása, hogy — balról jobbra haladó irányban történő lefolyás esetében — reakciójuknak széndioxid a

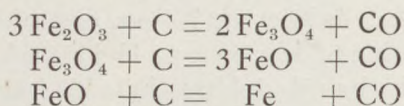


gázterméke és hogy az 1.—sz. egyenlet kivételével megfordíthatók, reverzibilisek. Az 1.—sz. egyenlet csak balról jobbra haladó irányban megy végbe s a tiszta vasoxidnak indirekt redukcióját ábrázolja.

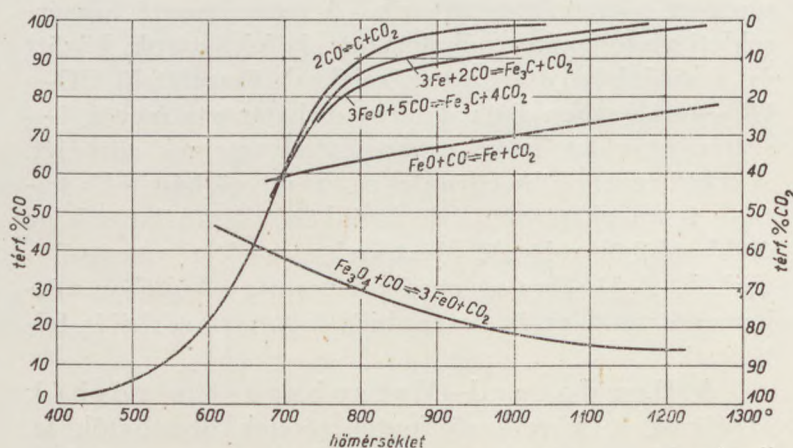
A 2.—6.—sz. megfordítható egyenletek két oldalán szereplő alkotórészeknek egymással mindig egyensúlyban kell lenniök olyan módon, hogy valamennyi egyensúlyhelyzethez pontosan meghatározott  $\text{CO}$ -, illetőleg  $\text{CO}_2$ -mennyiség (térfogatszázalék) és pontosan meghatározott hőmérséklet tartozik. A nagyolvasztó hőmérsékleti viszonyaihoz alkalmazott hőfokhatárok között és a különböző (térfogatszázalékos) összetételű  $\text{CO}$ — $\text{CO}_2$ -gázelegyben Boudouard határozta meg a 4.—számú egyenlet összes egyensúlyhelyzeteinek görbéjét. A többi reverzibilis egyenlet egyensúlygörbéit több kutató is meghatározta, de leginkább használatosak az újabb időből való A. Matsubara-féle egyensúlygörbék. A 11. ábra egyensúlydiagramja a kohóban végbemenő mind az öt reverzibilis folyamat görbéjét feltünteti.

A Boudouard—Matsubara-féle görbék ábrájáról a következő fontos tételek olvashatók le. Széndioxid  $1000^\circ$ -on felül nem képződik, vagy ha igen, úgy azt az izzó szén karbonja azonnal szénmonoxiddá redukálja. Viszont  $400$ — $550^\circ$  között a rendszer egyensúlyát a szén-savnak a túltengése (körülbelül 90%) tartja fenn, finoman eloszlott szilárd karbon kiválása mellett. Mindebből az következik, hogy szénmonoxiddal való redukció csak  $1000^\circ$ -nál kisebb hőmérsékleten lehetséges, minthogy ennél magasabb hőmérsékleten nincs meg a széndioxid képződésének, illetőleg megmaradásának feltétele. E hőfokhatárnál magasabb hőmérsékleten a vasoxidok direkt redukcióját a szilárd karbonnak kell végeznie és pedig az alábbi egyenletek szerint:





A Boudouard - féle görbe alsó hőfokhatárán (400—550°) a szénmonoxid redukáló hatása erősen lecsökken, mert itt már szétesésre és karbonkiválasztásra hajlamos. A rendkívül finom eloszlású kiválotott karbon behatol a vasérc repedéseibe és pórusaiba, ahol azután kellően



11. ábra.

A nagyolvasztó gázfázisának egyensúlygörbéi Boudouard és Matsubara szerint. (Gmelins Handbuch d. anorg. Chemie, 8. kiadás „Eisen“, 3 A. 433. oldal.)

magas hőfokú szintekre leérkezve — erélyes direkt redukciót végez. Minthogy a FeO indirekt redukciójának Matsubara - vonala, illetőleg ennek legmélyebb fekvésű része a Boudouard - féle vonalat a 700°-os hőmérséklet ordinátáján metszi, azért bizonyosra kell vennünk, hogy — a diagram eszményi feltételeinek megközelítése esetén — a nagyolvasztónak 700° hőmérsékletű öveiben fog az indirekt redukció a viszonylag



legkedvezőbb hőgazdasági és időbeli viszonyok között lefolyni.<sup>50)</sup>

Ha a hőmérsékletnek, a gázösszetételnek, a gáznyomásnak és a gázsebességnek állandó ingadozása Boudouard és Matsubara nagyolvasztódiagramját, illetőleg abban a görbék alakját és fekvését a gyakorlati üzem megfigyelései bizonyos mértékig módosíthatják is, kétségtelen, hogy a diagram általánosságban és elvben hűen ábrázolja a nagyolvasztó gázfázisában lejátszódó folyamatokat.

A gyakorlati, nagyipari vasércredukció legjobb eredménye — egyébként egyenlő feltételek között — úgy biztosítható, ha a vasérc porozítása a lehető legnagyobb, s ha az ércdarabok felületének és köbtartalmának viszonya a legkedvezőbb. A vasérc fizikai állapotának befolyását és ennek mértékét főleg a legújabb idők kutatói vizsgálták. Így H. Poetter<sup>51)</sup> azt találta, hogy a különféle érceknek, egymástól ugyan eltérő, de egyazon ércre vonatkozólag mindig egy bizonyos meghatározott szemnagyságánál érhető el a redukálhatóság legnagyobb mértéke, ami viszont valamennyi ércfajtánál közel állandó érték. Ha pedig olyan mikroszkóp alatt, amelyik integráló asztallal is fel van szerelve, meghatározta az érc 1 cm<sup>3</sup>-ére vonatkoztatott pórusfelületeinek összegét, akkor olyan adatok birtokába jutott, amelyek a vasérc redukálhatóságának megbízható mértékéül szolgálhatnak. Poetter példákkal igazolta, hogy vizsgálatainak eredményei a tényleges kokszfogyasztásokkal teljes összhangban állanak. Üzemi példákkal bizonyítja, hogy az érc szemnagyságának csökkentése milyen számottevő kokszmegtakarítással kapcsolatos.

W. Feldmann 1932-ben végzett kísérleteit még

<sup>50)</sup> C. Brisker, Einführung in d. Studium d. Eisenhüttenk. Leipzig 1907. 68—69. oldal.

<sup>51)</sup> E. Diepschlag, M. Zilgen, H. Poetter, Beitrag zur Bewertung von Eisenerzen, St. u. E. 1932. évf. 1154—1162. old.



jobban hozzáilleszti a nagyolvasztóüzem valóságos igényeihez.<sup>52)</sup> Az üzemben tényleg használatos darabnagyságokkal és tiszta kohógázzal végzi redukációs kísérleteit, amelyek gázsebességeit és hőfokviszonyait is pontosan olyannak választja, amilyenek a kísérleti nagyolvasztó megfelelő öveiben találta azokat. A 12. ábra Feldmann kísérleti eredményeit tartalmazza az érc szemnagyságának és redukálhatóságának összefüggése tekintetében. Megállapíthatjuk ezekből, hogy a legapróbbra tört érc legjobban, illetőleg leggyorsabban redukálható. Kétségtelen igazolása ez annak az új iránynak, amely mind kisebb szemnagysággal dolgozik és főleg a nehezen redukálható, tömör vasérceknek minél apróbbra való törését teszi ajánlatossá. Logikus is, hogy az érc tömörségének hátrányát a tömegegységre jutó felület növelésének előnyével igyekszünk kiegyenlíteni.

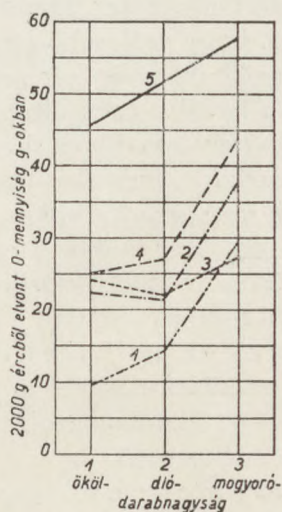
Az akna redukációs munkájának vizsgálata céljából Feldmann az akna négy különböző magasságú övéből vette próbáit (1½ év alatt 500 próbát!), amelyeknek  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -,  $\text{FeO}$ - és fémes Fe-tartalmát mind meghatározta. Kétségtelenül megállapíthatta, hogy előbb majdnem az egész vasoxidmennyiség  $\text{FeO}$ -fokra redukálódik és csak ezen a fázison túl kezdődik a fémvassá való színítődés. A három felső szinten fémvasnak csak nyomai voltak találhatók; számottevő fémvasmennyiség csupán a legalsó, a szénpohasíkjában fekvő szinten mutatkozott, amelynek 1000° volt a hőmérséklete. Feldmann rendkívüli terjedelmű kísérletsorozatainak egyik eredményeképpen azt is megállapítja, hogy a nehezen redukálható tömör ércekből a nagyolvasztó aknája a redukció egész feladatának mindössze 13%-át végezte el s hogy az akna általában csak

<sup>52)</sup> W. Feldmann, J. Stoecker, W. Eilender, Reduktionsversuche mit Eisenerzen unmittelbar am Hochofen, St. u. E. 1933. évf. 289—300. old.



csekély részt vállal a redukció munkájából.

Vizsgálatai alapján Feldmann egyszerű üzemi módszert is ajánl ki nem próbált ércek redukálhatóságának megállapítására. E módszer szerint az ércet a kohóban használni szokott szemnagyságban kohógázzal redukálják és pedig annyi ideig, ameddig az érc a torokról a szénpoháig, illetőleg a nyugvóig jut. Ez alatt



12. ábra.

Feldmann kísérletei az érc szemnagysága és redukálhatósága közötti összefüggés vizsgálatára. (St. u. E. 1933. évf. 291. old.)

az idő alatt a rendszer hőmérsékletének fokozatosan  $1000^{\circ}$ -ig kell emelkednie. Erre a vizsgálatra a silitrudas hengeres csőkemence igen alkalmas és a módszer az üzem számára becses összehasonlító értékeket szolgáltat.

Amíg Feldmann vizsgálatai az akna redukációs munkájára vonatkoznak, addig Mund és Stoecker vizsgálódásai a nyugvóban és medencében lejátszódó



folyamatokra terjeszkednek ki.<sup>53)</sup> A M u n d által szerkesztett kettős próbavevő cső folyékony tömegekből való megbízható próbák vételére rendkívül alkalmasnak bizonyult s ezzel a kísérletsorozat folyamán 600 folyékony próbát emeltek ki a nagyolvasztóból. Egy-egy próba 200—300 gr, tehát igen számottevő súlyú volt. A kísérletek öt hónapig tartottak.

M u n d és S t o c k e r először minden kétséget kizáró bizonyossággal azt állapították meg, hogy az i n a k t i v t é r (meddő tér, toter Mann) a medencében úgy helyezkedik el, hogy szélesebb lapjával a medence fenekén áll, a fúvósíkban pedig két méterrel kisebb átmérője van, mint a fúvókavégek által alkotott körnek; csúcsa a nyugvóban helyezkedik el. Ezt az inaktív teret M u n d és S t o c k e r megállapítása szerint alúlról a fürdő felszínének magasságáig kokszt, azon felül pedig kokszt és érc tölti ki. Az inaktív teret kitöltő ez az anyagtömeg (különösen acélgyártáshoz való nyersvas esetében) rendkívül tömör és szilárd.

M u n d, S t o c k e r és E i l e n d e r fentebb vázolt vizsgálatai és mérései alapján a nyugvó és a medence munkája, illetőleg azok belseje a 13. ábra vázlatával szemléltethető.

A kísérő elemeknek a nyugvóban és a medencében való magatartása tekintetében M u n d, S t o c k e r és E i l e n d e r vizsgálatai a következő eredményekre jutottak:

A karbon a nyugvó alján, vagyis az olvadás kezdetén, már majdnem a lecsapolt nyersvas karbontartalmának megfelelő mennyiségben található a próbákban. A vas a karbon egy részét valószínűleg cementáció útján veszi fel, a többit pedig folyékony állapotban oldja fel.

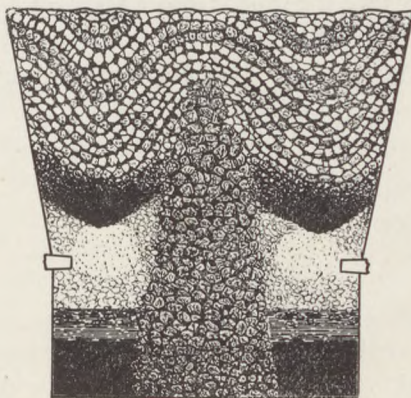
A m a n g á n n a k a próbákban szereplő mennyi-

<sup>53)</sup> A. M u n d, J. S t o c k e r, W. E i l e n d e r, Verlauf der Vorgänge in der Rast und im Gestell, Stahl und Eisen 1931. évf. 1449—1462. old.



ségei tekintetében — bár kisebb mértékben — a karbonra vonatkozó megállapítások mérvadók. Még a mangánnak a vasba való jutása is hasonló módon történik.

A silícium tulajdonképpen csak a medencében kerül a nyersvasba. A fúvósík fölött 1800 mm-nyi magasságban kivett vaspróbák Si-ot nem tartalmaztak, noha a próbának egyébként nyersvasjellege volt. Közvetlenül a fúvósík fölött van ugyan Si a vasban, de ez



13. ábra.

A medence és a nyugvó belsejének szemléltető vázlata.

teljesen kiég belőle akkor, amikor a friss fúvósél zónájába, a fúvósík aktiv területébe kerül. Csak a salakcsapoló szintjében lehetett a silíciumnak erőteljesebb redukálódását és a vasba jutását megállapítani.

A foszfor az olvadás zónájában már csaknem a csapolt nyersvas koncentrációját érte el a kivett folyékony próbák vasában. A foszfornak az elegyben lévő egész mennyisége átmegy a nyersvasba.

A kénnek a salakban való lekötése részben már a fúvósíkban megtörténik, de csupán a salakcsapoló szintjében fejeződik be teljesen. A vas kéntelenítése



annál mélyrehatóbb, minél hígabb és minél nagyobb hőmérsékletű a salak.

Az ólom és a réz, mint olyan fémek, amelyek könnyebben redukálódnak, mint a vas, a nagyolvasztóban már színfémek akkor, amikor a vas még oxidjaiban van lekötve. A réztartalom átmegy a vasba, a redukálódott Pb pedig a medence fenekén gyűlik össze.

Mund, Stoecker és Eilender vizsgálatai megállapították azt is, hogy a nyugvó és a medence különböző szintjeiben milyen a nyersvas és a salak mennyiségeinek hozzávetőleges aránya. Öt hónapig tartó, tehát bizvást jó átlagos értékeket nyújtó vizsgálataik eredménye a következő:

	Nyersvas	Salak
1800 mm-nyire a fúvósík fölött	54%	46%
a fúvósíkban . . . . .	37 „	63 „
a salakcsapoló szintjében : . . . . .	43 „	57 „
vascsapoláskor . . . . .	71 „	29 „

A vas és a salak arányának százalékszámait azt mutatják, hogy a végleges arány csak a medence legalsó övében alakul ki, vagyis, hogy még a medence legalsó részében is igen számottevő metallurgiai folyamatok mennek végbe. Ez persze azt is bizonyítja, hogy a medencében jelentékeny mennyiségben lehetnek (és vannak is mindig) redukálatlan vas- és fém-oxidok. Mund és társai a vizsgált nagytermelésű kohóban például azt találták, hogy csupán a medence legalsó övében (a salakcsapoló és a vascsapoló között) a következő mennyiségek redukálódtak még:

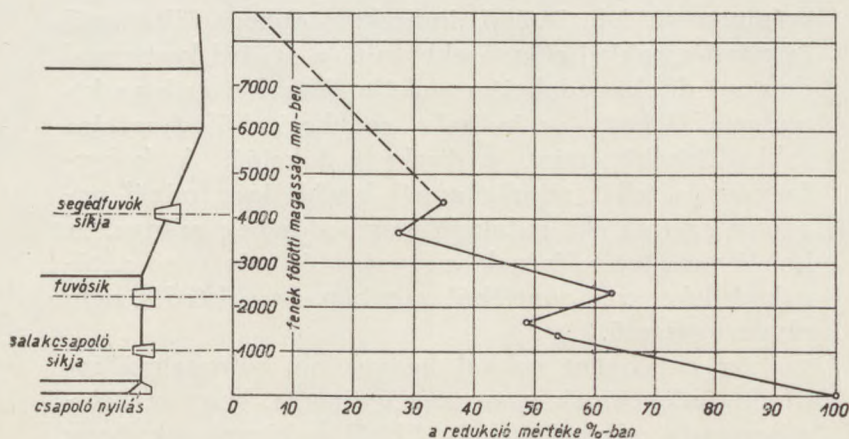
a vasnak	15%-a
a Si-nak	83 „
a Mn-nak	52 „
a P-nak	21 „

Ez világosan bizonyítja azt a tényt, hogy az úgyneve-



zett „vasszivacs” fázisában a vasércek redukciója még távolról sincsen befejezve.

Mund és társai munkájának egyik legfontosabb része a fúvósík oxidáló hatásának vizsgálata. A fúvóöv oxidáló hatása igen jelentékenynek mutatkozott. A nyersvas és a salak arányának fentebb szintenként közölt százalékszámait kétségtelenül bizonyítják, hogy a fúvóövben nagymennyiségű redukált vas újra oxidálódik, csökkentve a



14. ábra.

A nyugvó és a medence redukciós munkájának ábrája Mund, Stoecker és Eilender szerint. (St. u. E. 1931. évf. 1461. oldal.)

vas arányszámát és növelve a salak mennyiségét. A kísérleti esetben az újraoxidálódás a már egyszer redukálódott fémmennyiségeknek közel egynegyedére terjedt ki. A vizsgálat alá vont nagyolvasztó redukciós munkájának fokozatos haladását és a fúvóövek újraoxidáló hatásának nagyságát a 14. ábra kohóprofilja és redukciós görbéje szemlélteti. A redukciónak ez az ábrája is bizonyítja, hogy a medencének a fúvósík alatti része milyen hatalmas (40–50%) redukciós munkára képes. A redukciós mun-



kának ezt az utóműveletét a medence tengelyében álló inaktív tér koksztömege, koksztartaléka, illetőleg ennek szilárd karbonja végzi — direkt redukció útján.

A nagyolvasztó különböző öveiben végbemenő fizikai és kémiai folyamatok áttekintése után azokkal a szempontokkal is foglalkoznunk kell, amelyek szerint a kétféle (közvetlen és közvetett) redukció munkájának megoszlását az üzemgazdaság igényei tekintetében meg kell ítélnünk.

A kémiai folyamatok hőforgalma szempontjából a szénmonoxiddal történő indirekt redukció föltétlenül és mindég sokkal előnyösebb, mint a szilárd karbonnal dolgozó direkt redukció munkája. Már Ledebur ki-mutatta,<sup>54)</sup> hogy az indirekt redukció hőfogyasztása sokkal kisebb, mint a direkt redukcióé. A kokszfogyasztás tehát mindig annál kisebb lesz, minél nagyobb az indirekt redukció részesedésének aránya. A kohóüzem termelésének nagysága és pénzgazdaságának érdeke szempontjából azonban ez a kérdés nem olyan egyszerű.

Az egyébként sokkal kedvezőbb hőforgalmú indirekt redukciónak igen nagy gyöngéje, hogy reakciósebessége rendkívül csekély. Ebből az következik, hogy túlzottan kedvező redukciós számmal, vagyis túlzott mértékű közvetlen redukcióval csak mérsékelt anyag-ozslop-sebesség, tehát csak kisebb, vagy közepes fajlagos termelés járhat együtt. A kedvezőtlenebb hőforgalmú közvetlen redukciónak viszont igen nagy a reakciósebessége, tehát nagy termelés fog a nyomában járni. Bulle néhány évvel ezelőtt megjelent egyik nagyobb munkájában<sup>55)</sup> ezt írja az indirekt redukcióról: „Die indirekte Reduktion braucht Zeit und geringe Temperaturen, deshalb

<sup>54)</sup> A. Ledebur, Handbuch d. Eisenhüttenkunde V. kiadás, Leipzig 1916. 1. kötet 311—312. oldal.

<sup>55)</sup> G. Bulle, Wirtschaftliche Bewertung der Betriebsbedingungen in Hochofenbetrieb, Archiv für das Eisenhüttenwesen, 1927. S. 169.



scheint es wichtig den Koks möglichst tief im Ofen zu verbrennen... Es kommt also darauf an, möglichst viel Kohlenstoff in der Zeiteinheit vor den Formen zu verbrennen um die Hochofenleistung zu erhöhen“. (Az indirekt redukcióhoz idő és kisebb hőmérséklet kell; az a fontos tehát, hogy a kokszt lehetőleg a kohó mélyebb szintjeiben égessük el... Időegységenként minél több karbont égessünk el a fúvósíokban, hogy a kohó teljesítményét növelhessük.)

A közvetlen redukció rendkívül nagy reakciósebességéről Körber és Meyer emlékeznek meg egyik legújabb munkájukban, megállapítván, hogy: „die Reduktion der Eisenoxide durch Kohlenstoff verläuft bei schneller und genügend hoher Erwärmung so stürmisch, daß...“<sup>56)</sup>

Bulle előbb idézett munkájában (172. oldal) a kétféle redukció megoszlásának üzem-, illetőleg pénzgazdasági hatásával is foglalkozik s a következőket állapítja meg: „Das Streben aller Hochofenleute geht in letzter Zeit dahin, die Erzeugung durch verminderte Durchsatzzeit zu erhöhen. Dabei zeigt sich manchmal, daß die verminderte Durchsatzzeit mit verschlechterten Reduktionsverhältnissen Hand in Hand geht und deshalb der Koksverbrauch, trotz erhöhter Leistung, steigt. Dagegen steigt der Gewinn aus der Roheisenerzeugung doch an“. (Manapság minden szakember arra igyekszik, hogy a kohó termelését az anyagaszlop sebességének fokozásával növelje. Ez persze nem ritkán a kétféle redukciós művelet részesedési arányának rosszabbodásával jár. Ilyenkor azután a %-os kokszfogyasztás, a vaster-

<sup>56)</sup> F. Körber, H. H. Meyer, Reduktion von Eisenoxyden usw. Archiv f. d. Eisenhüttenwesen 1932. évf. 182. oldal. Körbernek és Meyernek ez a munkája, valamint W. Bauklohnak és R. Durrernek az Archiv für das Eisenhüttenw. 1931. évfolyamának 455—460. oldalain közölt kísérleti eredményei számszerű adatokat is tartalmaznak a kétféle redukciós művelet reakciósebességeinek nagy különbsége tekintetében.



melés megnövekedése dacára is, emelkedni fog. Ellenben megnövekszik a nyersvastermeléssel kapcsolatos pénzbeli haszon.) Bulle példát is hoz fel és kimutatja, hogy — ha a nagyolvasztó napi termelését például 480 tonnáról 720 tonnára növeljük — a naponként elérhető pénzbeli nyereség, a redukciós számnak és a kokszfogyasztásnak rosszabbodása ellenére is a korábbi nyereségnek három és félszeresére emelkedik. Amerika, Anglia, Németország és Franciaország nagyolvasztóüzemeinek redukciós száma és százalékos kokszfogyasztása általában nem a legkedvezőbb, fajlagos és napi termelésük, valamint üzleti hasznuk mégis maximális.

A skót barnaszénkohókról írott munkájában Bell is megállapítja, hogy tévedés lenne, ha a nagyolvasztó gazdaságosságának megítélésénél az indirekt redukció részesedési arányszámának túlságosan nagy jelentőséget tulajdonítanánk.<sup>57)</sup>

A redukciós szám megítélésénél nem szabad felednünk, hogy kedvezőbb redukciós szám esetében a torokgáz fűtőértéke rendszeren erősen romlik, kedvezőtlenebb redukciós szám mellett pedig javul. Igaz ugyan, hogy ez azt jelenti, hogy a tüzelőanyag energiájának kihasználása magában a nagyolvasztóban ebben az utóbbi esetben gyengébb, de ezzel szemben áll az a tény, hogy a torokgáz fűtőértékének növekedése egyáltalában nem veszteség, hanem csupán az energia alakjának megváltozása. A hőegységnyi energia tökéletesen ugyanaz az érték, akár a szilárd tüzelőanyagban, akár pedig a torokgázban van lekötve. Sőt gázalakban való felhasználása esetében számottevő megtakarítás is szokott mutatkozni.<sup>58)</sup> Ha tehát a torokgázokat helyesen használjuk föl, akkor még előny is

<sup>57)</sup> Illies beszámolója Bell munkájáról a „Feuerungstechnik” 1931. évfolyamának 3. számában.

<sup>58)</sup> Eisenhütte IV. kiadás, 272. oldal.



származhatik abból, ha a torokgáz fűtőértéke emelkedik. Ez azt jelenti, hogy olyan eset is lehetséges, amikor a kisebb redukciós szám még határozott előnyökkel is jár. Míg ugyanis a nagyolvasztó a tüzelőanyag energiájának csak kerekben 40—45%-át használja ki,<sup>59)</sup> addig a torokgázzal fűtött léghevítők a gáz hőenergiáját 80—90%-os hatásfokkal hasznosítják.

Az elmondottak után logikusan járunk el tehát, ha megállapítjuk, hogy a kedvező redukciós szám kétségtelen bizonyítéka ugyan a tüzelőanyag jó kihasználásának, — mégis — a nagyolvasztó vastermelésének és pénzgazdaságának érdeke határozottan megköveteli annak a fontos szabálynak szem előtt tartását, amely szerint az indirekt redukció túlzott érvényesülése sohasem lehet ideál.

---

<sup>59)</sup> Anhaltszahlen, III. kiadás, 17. oldal (hőmérleg és táblázatok).



## 7. A nagyolvasztó hőgazdasága.

A nagyolvasztó hőforgalmának gazdaságosságát az a számszerű megállapítás dönti el, hogy a „b e f e k t e t e t t” hőtömegből mennyi kellett a kohó tulajdonképeni céljának (előkészítés, redukció, vas- és salakolvasztás) szolgálatára, vagy pedig: hogy milyen a „h a s z n o s” hő mennyiségének és az elvesztett, illetőleg „m e d d ő” hőtömegeknek viszonya egymáshoz.

A hasznos hőmennyiség tételeit azok a melegmennyiségek alkotják, amelyek a betét víztelenítéséhez, szénsavtalanításához, redukciójához, valamint a nyersvas és a salak képződéséhez, megolvasztásához és folyékony állapotban való tartásához szükségesek. Viszont veszteségnek kell tekintenünk a nagyolvasztó hőgazdasága szempontjából mindazokat a melegmennyiségeket, amelyek a hűtővíz megnagyobbodott hőmérsékletében, a torokgáz szabad és kötött melegében (fűtőértékében), valamint a kohó kisugárzásában jutnak kifejezésre. Befektetett hőnek, h ő b e v é t e l n e k a nyersvas súlyegységének termeléséhez felhasznált tüzelőanyag fűtőértékét és a fúvószállal a kohóba vitt melegmennyiséget kell tekintenünk.

Ha a súlyegységnyi nyersvasra vonatkoztatott hőbevéttel szembeállítjuk, mint h ő k i a d á s t, a hasznos hőnek és a veszteségeknek a tételeit (amelyek közül a sugárzási veszteséget egyenleg gyanánt a két oldal különbségéből állapítjuk meg), akkor a kereskedelmi mérleghez hasonló számadáskivonatot, az úgynevezett h ő m é r l e g e t kapjuk. A hőmérleg tehát



magában véve is alkalmas arra, hogy belőle a befektetett hőmennyiségnek a meddő és veszteséges tételekhez való viszonyát megállapíthassuk. A hőmérleg azonban — szerkezeténél fogva — módot nyújt arra is, hogy adataiból a kohó üzemének (különböző szempontok szerint vett) hatásfokait kiszámíthassuk.

Az alább következő példában az olvasó Nagymagyarország egyik legnagyobb vasművének, a korompai vas- és acélgár nagyolvasztóinak az 1918. évből való egyhavi hőmérlegével találkozunk. Az egyes tételek hőmennyiségének kiszámításánál azonban már a legújabb kutatások egységnyi hőértékei vették alapul és pedig az „Eisenhütte“ IV. kiadása tüzeléstan fejezetének adatai szerint.

A korompai nagyolvasztónak a hőmérleggel kapcsolatos adatai.

100 kg nyersvasra jutó kokszfogyasztás	136'21 kg
100 kg „ „ vasércfogyasztás	244'42 „
100 kg „ „ mészkőfogyasztás	92'92 „
az érc vastartalma	40'11%
az elegy (a betét) vastartalma	29'06%
100 kg koksz olvasztóhatása	247'66 kg
100 kg nyersvasra jutó szállópor	1'58 „
100 kg „ „ salak	144'49 „

A feldolgozott érc összetétele:

SiO <sub>2</sub>	= 14'71%	CO <sub>2</sub>	= 3'34%
Fe II	= 7'03%	MgO	= 7'53%
Fe III	= 30'83%	BaO	= 0'81%
Fe össz.	= 37'86%	S	= 0'60%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	= 2'62%	P	= 0'12%
Mn	= 1'75%	H <sub>2</sub> O	= 5'10%
CaO	= 3'78%	Hydrátvíz	= 2'05%



## A koks összetétele:

H <sub>2</sub> O	Hamu	C	diszp. H.	S	O+N
7'9	12'34	76'60	0'39	0'83	1'94%
Fűtőértéke . . . . 6256 he.					

## Mész kő összetétele:

H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Fe	Mn	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	CO <sub>2</sub>
0'40	0'60	0'45	0'07	0'35	53'60	1'40	42'97%
100 kg CaCO <sub>3</sub> -nak 103'2 kg mész kő felel meg.							

## A kohógáz összetétele:

CO <sub>2</sub>	O	CO	H	CH <sub>4</sub>	N	Vízgőz
10'04	0'2	28'89	3'14	0'10	57'63	66 gr/m <sup>3</sup> térfogat %
Hőmérséklete = 76°, fűtőértéke = 952 he/m <sup>3</sup>						

## A nyersvas összetétele:

C	Mn	P	Si	S
3'82	2'46	0'31	0'93	0'03%

## A torokgáz mennyiségének kiszámítása:

Minthogy a 100 kg nyersvas gyártásával kapcsolatosan keletkező szállóporban 0'15 kg koks por is van, azért

100 kg nyersvasra a koks fogyasztásból	136'06 kg jut.
Ennek C-tartalma	104'22 „
hozzáadva az elegy C-tartalmát (48'15 kg CO <sub>2</sub> )	13'12 „
tehát 100 kg vashoz felhasználtunk	117'34 kg C-t
ebből a nyersvasba ment	3'82 „
vagyis elgázosodott	113'52 kg C

Minthogy pedig a torokgáz összetétele — amint láttuk — olyan, hogy minden 100 köbméterében 39,03



$\text{m}^3$  karbontartalmú gáz ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  és  $\text{CH}_4$ ) van, amelynek  $0'536$  kg a C-tartalma köbméterenként, azért a termelt nyersvas minden  $100$  kg-ja után:

$$\frac{113'52}{39'03 \times 0'536} = 540'61 \text{ m}^3 (0^\circ, 760 \text{ mm})$$

mennyiségű torokgázt kapunk.

A befűjtatott levegő mennyisége:

A súlyegységnyi ( $100$  kg) nyersvas termelésével kapcsolatban keletkezett torokgázban

$$540'61 \times 57'63 = 311'5 \text{ m}^3 \text{ N van, aminek}$$

$$311'5 \times 1'266 = 394'36 \text{ m}^3 \text{ levegőmennyiség felel meg.}$$

A befűjtatott levegő átlagos víztartalma köbméterenként  $3'5$  gr volt, átlagos hőmérséklete pedig  $700^\circ$ .

Ezeknek az adatoknak ismeretében a hőbevétel és a hőkiadás egyes tételeinek kiszámítása most már következőképen történik.

#### I. A melegbevétel tételeinek számítása.

1. A koksztűtőértéke  $100$  kg nyersvassal kapcsolatban

$$136'21 \times 6256 = 852129 \text{ he.}$$

2. A fúvószerű behozott meleg mennyisége:

A súlyegységnyi vas termeléséhez felhasznált  $394'36 \text{ m}^3$

levegőmennyiség súlya . . . . .  $508'72$  kg

ebben vízgőz  $394'36$  à  $3'5$  gr . . . . .  $1'38$  „

vagyis a befűjt nedves levegő súlya . . . .  $510'10$  kg

Ez a nedves levegő  $700^\circ$ -on a következő melegmennyiséget viszi be a nagyolvasztóba:

$117'00$  kg O bevisz  $117'00 \times 0'227 \times 700 = 18.591$  he-t

$391'72$  „ N „  $391'72 \times 0'260 \times 700 = 71.293$  „

$1'38$  „  $\text{H}_2\text{O}$  „  $1'38 \times 0'480 \times 700 = 464$  „

vagyis  $510'10$  kg nedves levegő bevisz

a kohóba  $90.348$  he-t



## II. A melegkiadás tételeinek számítása.

## 1. A hasznos hő tételei:

a) A súlyegységnyi (100 kg) nyersvasban levő elemek redukciója által fogyasztott mennyiség.

Fe redukálása	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -ból,	74'87 . 1789 =	133.942 he
Fe	„ FeO- „	17'07 . 1176 =	20.074 „
Mn	„ Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - „	2'46 . 2060 =	5.068 „
P	„ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - „	0'29 . 5966 =	1.730 „
Si	„ SiO <sub>2</sub> - „	0'93 . 6750 =	6.277 „

a redukcióhoz szükséges meleg tehát 167.091 he.

## b) Az előkészítő művelet melegfogyasztása.

Minden nyersvas után 4'99 kg kötött

víz bomlik fel, ami kg-onként 701 he-t,

vagyis összesen . . 4'99 . 701 = 3498 he-t fogyaszt.

A tapadt víz, a nedvesség elpárologtatása a

100 kg-nyi vasra jutó ércben lévő 12'38 kg

mészköben „ 0'40 „

koksban „ 10'76 „,

összesen tehát 23'54 kg

súlyú víznek elpárologtatása 23'54 . 626 = 14.736 he-t igényel.

Az érc locsolására használt víznek körülbelül 7%-ot (vasral) kitevő mennyisége elpárologás közben

körülbelül 4263 he-t köt meg,

vagyis a vízpárologtatás . . 22.497 he-t emészt fel.

A szén-sav felszabadítása a 100 kg vasra jutó

FeCO<sub>3</sub>-ból 8'11 . 557 = 4.517 he-t

CaCO<sub>3</sub>-ból 40'02 . 969 = 38.779 he-t,

együtt 43.296 he-t fogyaszt.



c) a nyersvas melegtartalma

$$100.280 = 28.000 \text{ he}$$

d) A salak melegtartalma

$$144'49.500 = 72.245 \text{ he}$$

e) A vas karbonizációjának  
melegfogyasztása

$$3'82.8080 = 30.865 \text{ he}$$

## 2. A torokgáz által elvitt meleg

a) A torokgáz szabad melege:

$$\begin{array}{rcl} \text{CO}_2 & 54'29 \text{ m}^3 \cdot 0'408.76 & = 1.683 \text{ he} \\ \text{a többi gázalkotórész} & 486'27 (,) \cdot 0'314.76 & = 11.604 \text{ he} \\ \text{a vízgőz} & 35'68 \text{ (kg)} \cdot 0'464.76 & = 1.266 \text{ he} \\ \hline & \text{együtt} & 14.553 \text{ he} \end{array}$$

b) A torokgáz kötött melege (fűtőértéke):

$$540'61.952 = 514.660 \text{ he.}$$

3. A hűtővíz felmelegedése és a nagyolvasztó kisugárzása révén elvesztett meleg mennyisége a bevételi és a kiadási oldal egyenlege gyanánt adódik ki.

Az így kiszámított tételeknek egymás mellé, illetőleg egymással szembe állításából a 8. számú táblázatban bemutatott hőmérleget kapjuk. Ennek a hőmérlegnek egyes tételei — amint látható — általában igen jól egyeznek az *Anhaltszahlen* III. kiadásának 18. oldalán közölt tájékoztató értékekkel (*Zahlen-tafel* 24) s az egészen jelentéktelen mértékű eltéréseknek különleges helyi (korompai) jelentőségű okai vannak. Így az előkészítő műveletek felemésztette hőmennyiség valami kevéssel azért nagyobb, mint az *Anhaltszahlen* idevágó felső határértéke, mert Korompa abban az időben a rendesnél nagyobb basicitású salakkal dolgozott s az igen nagy mennyiségű mészköpótlékban a rendesnél több szénsavat kellett szabaddá tenni. A gáz szabad melegének tétele viszont azért



nem éri el az Anhaltzahlen megfelelő tételének alsó határértékét, mert kohónk a rendesnél kisebb szelnyomással dolgozott, lassan járt s így a gázok a viszonylagosan nagy kohómagasság mellett a rendesnél

8. sz. táblázat.

A korompai nagyolvasztó hőmérlege  
(100 kg nyersvasra).

	Hőmennyiség		Anhalt- zahlen (III. kiad.) határ- értékei
	he	%	
I. Hőbevétele			
1. A koksztűtőértéke . . . . .	852.129	90.5	90—95
2. Az izzó szél hőtartalma . . . . .	90.348	9.5	5—10
Összes bevétele	942.477	100.0	
II. Hőkiadás			
1. A hasznos hő tételei:			
a) Redukció . . . . .	167.091	17.70	15 - 25
b) Előkészítő műveletek:			
nedvesség, hidratvíz . . . . .	22.497	2.36	} 2 - 5.5
karbonátok . . . . .	43.296	4.57	
c) A nyersvas melegtartalma . . . . .	28.000	2.96	2.5—4.0
d) A salak melegtartalma . . . . .	72.245	7.65	3.8—7.0
e) A vas karbonizációja . . . . .	30.865	3.28	3—6
2. A torokgáz melegtartalma:			
a) A gáz szabad melege . . . . .	14.553	1.54	3—6
b) A gáz kötött melege . . . . .	514.660	54.72	45—60
3. A hűtővíz és a sugárzás okozta vesztés mint egyenleg . . . . .	49.270	5.22	5—12
Összes kiadás	942.477	100.00	

jobban lehültek. Az elegy vastartalma kicsi, a salakmennyiség nagy volt; ez a magyarázata annak, hogy a salak melegtartalmának tétele a felső határ körül jár. Úgy a hőbevétele, mint a hőkiadás minden más tétele a tájékoztató határértékek közé esik. A koksztűtő teljesítménye (247.6 kg/100 kg) a jobbak közé tartozik.



Hőmérlegünkéből most már módunkban van azoknak a hatásfokoknak az értékszámait is megállapítani, amelyeket a kohászati gyakorlat leginkább használ. Az egyik ilyen a nagyolvasztó hatásfoka, amelyik tizedestört alakjában a hasznos hőnek (II. 1. a)—e) tételek összege) és a teljes hőbevételnek viszonyát fejezi ki. Hőmérlegünk adataiból a nagyolvasztó hatásfoka

$$\frac{363.994}{942.477} = 0.38$$

értéket mutat, ami az Anhaltssahlen határértékeivel (0.33—0.40) igen jól egyezik. A másik gyakran használt hatásfok az úgynevezett metallurgiai hatásfok, amelyik viszont a folyékony nyersvas melegtartalmának és a hasznos hőmennyiségnek viszonyát jelzi. Esetünkben a metallurgiai hatásfoknak

$$\frac{28.000}{363.994} = 0.08$$

az értéke, ami szintén egyezést mutat az Anhaltssahlen adatainak (0.08—0.11) alsó határértékével.

Harmadik hatásfokérték a tüzelés hatásfoka. Ez a szám a hasznos hő és a II. 3. alatti veszteségek összegének viszonyát jelzi a hőbevétel egész összegéhez. Kohóink tüzelésének hatásfoka tehát

$$\frac{413.264}{942.477} = 0.44$$

lesz, ami a tájékoztató határértékek szerint általában 0.35 és 0.50 közé szokott esni.

Úgy a nagyolvasztó-hatásfok, mint a tüzelés hatásfoka, de meg a hőmérleg kiadási oldalának 2. és 3. tételei alatt szereplő hőmennyiség is azt bizonyítja, hogy a nagyolvasztó a tüzelőanyag hőenergiájának csupán



35—45%-át hasznosítja, míg 55—65% — a nagyolvasztó szempontjából — veszendőbe megy.

A hőmértékhez használt adatokból a nagyolvasztó redukciós számát, vagyis az indirekt redukció részesedésének százalékát is kiszámíthatjuk. A számítás egyik módja a következő:

A 100 kg-nyi nyersvastermeléssel kapcsolatban képződött torokgázmennyiségben

$$540'61 \cdot 10'04 = 54'29 \text{ m}^3 \text{ CO}_2 \text{ van.}$$

Ha ebből levonjuk a

CaCO <sub>3</sub> -ból eredő . . .	92'92 . 42'97 kg
és a FeCO <sub>3</sub> „ . . .	242'84 . 3'34 „
vagyis együtt 48'13 kg CO <sub>2</sub> -t,	
amelynek . . . . .	24'39 m <sup>3</sup>

a köbtartalma, akkor a különbség = 29'90 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> az

a szénsavmennyiség, amelyik az indirekt redukciót végző CO továbboxidálásából keletkezett. Ennek a mennyiségnek (29'9 m<sup>3</sup>) 58.756 kg a súlya, amelyben viszont az oxigén fél mennyiségének (vagyis a továbboxidálásából származó oxigénnek) súlya 21.365 kg. Minthogy pedig az indirekt redukcióval lebontható Fe- és Mn-oxidoknak 100 kg nyersvasra jutó összes O-mennyisége 38'4 kg-ot tesz ki, azért esetünkben a redukciós szám értéke

$$\frac{21'36}{38'4} \cdot 100 = 55'6\% \text{ lesz.}$$

A német vaskohászatban újabban inkább a „Wärmestelle“ ajánlotta Reichardt-féle képlettel számítják ki az indirekt redukció részesedésének százalékszámát. Reichardt képlete a következő:



$$O_i = \frac{4}{3} \left( \frac{CO_2}{CO_2 + CO} (C - C_{Fe} + C_{el}) - C_{el} \right)$$

ahol  $O_i$  = az indirekt redukcióval elvont O-nek súlya kg-ban

$C$  = a 100 kg vasra jutó kokszkarbon kg-ban

$C_{Fe}$  = a nyersvasba ment karbon kg-ban

$C_{el}$  = az érc és a mészkő karbontartalma kg-ban

$CO_2$  = a széndioxid százalékszám a torokgázban

$CO$  = a szénmonoxid százalékszám a torokgázban

Ha a korompai kohó adatait a Reichardt-féle képletbe behelyettesítjük, akkor a következő eredményhez jutunk:

$$O_i = \frac{4}{3} \left( \frac{10'04}{28'89 + 10'04} (104'22 - 3'82 + 13'12) - 13'12 \right) = 21'44$$

vagyis a Reichardt-féle képlet is

$$\frac{21'44}{38'4} 100 = 55'8\% \text{ redukciós számot}$$

ad eredményül, ami az előbbi módszerrel nyert értékkel úgyszólván teljesen egyező.

A nagyolvasztók redukciós száma általában 40–65% között mozog.<sup>90)</sup>

<sup>90)</sup> Az „Anhaltzahlen” III. kiadásának 13. oldalán a 16. számú táblázat legalsó sorában közölt érték sajtóhiba!



## 8. Az elegyszámítás.

A vasércék kísérő oxidjai és az ugyancsak elsalakítandó kokszhamu alkotórészei vegyesen sav-, vagy bázis jellegűek. De úgyszólván mindig a savjellegű alkotórészeké a túlsúly. A lotharingiai minettek összetétele, amelyben a bázisok vannak túlsúlyban, a ritkaságok közé tartozik. Az elegyösszeállításnak, az elegyszámításnak tehát tulajdonképpen mindig az a célja, hogy a hiányzó bázismennyiséget, illetőleg a bázist tartalmazó pótlék mennyiségét megállapítsa. Ez a bázis mindig a  $\text{CaO}$  szokott lenni, egyrészt mert (szénsavhoz kötve) mint  $\text{mész}$  viszonylag tiszta állapotban nagy mennyiségben fordul elő s így olcsón kapható, másrészt, mert a  $\text{Ca}$  a vas egyik legveszedelmesebb kísérőelemével, a kénnel olyan vegyületet alkot, amely a vasban nem oldódik.

Az elegyszámítás menete legcélszerűbben egy példa keretében mutatható be. Legyen a  $100 \text{ kg}$  vasra jutó ércben és kokszhamuban

alkotórész:      érc + kokszhamu = együtt:

$\text{FeO}$	118'46	0'71	119'17 $\text{kg}$ ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ is
$\text{SiO}_2$	22'80	3'91	26'71 „ átszá-
$\text{MnO}$	7'38	0'02	7'40 „ mítva)
$\text{CaO}$	8'35	0'76	9'11 „
$\text{MgO}$	7'29	0'30	7'59 „
$\text{BaO}$	3'10	—	3'10 „
$\text{Al}_2\text{O}_3$	2'32	2'60	4'92 „
$\text{S}$	1'61	0'17	1'78 „



Legyen a nyersvas Fe-tartalma 92'90%  
és a „ Si- „ 0'56%

Minthogy 0'56 kg Si-nak 1'2 SiO<sub>2</sub> felel meg, azért a 100 kg nyersvas mellett keletkező salakba

$$26'7 - 1'2 = 25'5 \text{ kg SiO}_2 \text{ fog átmenni.}$$

Tapasztalat szerint a MnO-nak egyharmada a salakba megy át, kétharmada pedig redukálódik és a redukált Mn-mennyiség a nyersvassal ötvöződik. Vagyis

$$\frac{7'4}{3} = 2'46 \text{ kg MnO}$$

a salaknak lesz alkotórészevé.

Az elegy FeO-tartalmának kereken 1%-a szokott elsalakulni. A salakban tehát

$$\frac{119}{100} = 1'19 \text{ FeO-t kell számításba vennünk.}$$

A salakba jutó savak és bázisok mérlege ezek után így alakul:

$$\begin{array}{lcl} \text{s a v} & & 25'5 + 4'92 = 30'42 \text{ kg} \\ \text{b á z i s} & 1'19 + 2'46 + 9'11 + 7'59 + 3'10 = & 23'45 \text{ kg} \end{array}$$

Ha most feltesszük, hogy olyan salakkal kell dolgoznunk, amelyek bázicitása, salakszáma (bázisainak és savjainak egyszeres, vagy százszoros súlyaránya) 1'38, illetőleg 138, akkor

$$\frac{23'45 + x}{30'42} = 1'38, \text{ amiből}$$

a bázishiány (CaO-hiány)

$$x = (30'42 \cdot 1'38) - 23'45 = 18'53 \text{ kg-mal}$$

adódik ki.

A kénnek a salakban való lekötése mindig CaS alakjában történik úgy, hogy az elegy S-tartalma to-



vábbi CaO-mennyiség pótlékolását kívánja. Elegyünk 1'78 kg-nyi kéntartalma

$$1'78 \cdot 1'8 = 3'2 \text{ kg CaO-t fog lekötni,}$$

ami a fentebb kiszámított 18'53 kg-mal együtt

összesen 21'73 kg CaO-ot, illetőleg

$$21'73 \cdot 1'79 = 38'8 \text{ kg } \text{CaCO}_3\text{-ot jelent.}$$

Ennyi  $\text{CaCO}_3$ -ot tartalmazó mészkövet kell tehát pótlék alakjában feladnunk a 100 kg-nyi nyersvasmennyiség termeléséhez szükséges fenti összetételű érc és kokszzhamu mellé, ha 138-as salakszámmal kell dolgoznunk.

Ha a mészkőben csak némileg is számottevő savtartalom ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ ) van, akkor az ezt lekötő  $\text{CaCO}_3$ -mennyiséget is meg kell állapítani és hozzáadni az imént kiszámított mennyiségekhez.

Az elegyszámítás — mint láttuk — a súlyegységnyi nyersvas termelése kapcsán a salakba jutó kokszzhamu összetételét is tekintetbe kell, hogy vegye. A számítás céljaira tehát a százalékos kokszfogyasztás adataira is szükségünk van. Ez utóbbinak előzetes kiszámítására meglehetősen bizonytalan módszer van alkalmazásban.<sup>61)</sup> Bár ez a módszer az egyedül helyes és logikus alapból, a hasznos hőmennyiség értékéből indul ki, a módszer mégis bizonytalan, mert abban három hibaforrás is van. O s a n n ugyanis 1. az indirekt redukció értékszámát állandónak (55%) veszi, holott az általában 40—65% között szokott mozogni, 2. közelebbi indokolás nélkül 34%-os állandó veszteségtételt állít be a számításba, 3. a karbonnak kizárólag szénmonoxiddá való elégését tételezi fel.

Szerzőnek az a nézete, hogy ilyen számítások kö-

<sup>61)</sup> Pl. O s a n n, Lehrbuch der Eisenhüttenkunde, II. kiadás 1. kötetének 675—693. és „Eisenhütte” IV. kiadás 477—479. oldal. Az „Eisenhütte”-nek ez a szakasza ugyancsak Osann-tól való.



rében — valamely elkerülhetetlen feltételezés bevonása kapcsán — csak egyetlen hibaforrás koncedálható; ennek határértékei is közel kell essenek egymáshoz és mindenképen indokoltnak kell lenniök. A kokszfogyasztás értékszámának előzetes meghatározására éppen ezért csakis az az egyszerű módszer látszik alkalmasnak, amelyik a hasznos hő összértékéből egyetlen osztás útján jut a kokszfogyasztás százalékszámához. Az osztó a kokszt tényleges fűtőértékének olyan mértékű csökkentése révén áll elő, amelyet a kohónak, illetőleg a kohó tüzelésének (lásd a 7. fejezetben) hatásfoka indokol. Ezek a hatásfokok világosan mutatják, hogy a kokszt fűtőértékét a nagyolvasztó csak mintegy 35—50%-ban hasznosítja.<sup>62)</sup> Vagyis, — ha az ismert fűtőértékű és ismert összetételű kokszt fűtőértékét, ennek a számításnak céljaira, 40%-ra csökkentjük s ezzel a számmal elosztjuk a hasznos hő mennyiség számát, — akkor a viszonylag legnagyobb biztonsággal közelítjük meg a tényleges kokszfogyasztás százalékszámát.

Így például a korompai nagyolvasztónak — amint azt az előbbi fejezetben láttuk — kereken 364.000 he volt a hasznos hőmennyisége. A használt kokszt fűtőértéke pedig 6256 he volt. Ennek a fűtőértéknek csak 42%-át hasznosítja a kohó, amiért is az osztó értéke ebben az esetben:

$$6256 \cdot 0{,}42 = 2627 \text{ he lesz.}$$

Ha most az így csökkentett egységnyi fűtőértékkel elosztjuk a hasznos hő mennyiségét, akkor a korompai nagyolvasztó kokszfogyasztása gyanánt

$$\frac{364.000}{2627} = 138\%-ot, \text{ illetőleg } 138 \text{ kg-ot}$$

<sup>62)</sup> Az „Anhaltssahlen“ III. kiadásának 17. oldalán a 23. sz. táblázat a nagyolvasztó tüzelésének hatásfokát 0,35—0,50 értékkel adja meg; átlagnak tehát körülbelül 0,40—0,44 tekintendő.



kapunk minden 100 kg nyersvasra, ami az előbbi fejezetben közölt tényleges kokszfogyasztást (136'2 kg) igen jól megközelíti.

Második példának az „A n h a l t s z a h l e n“ III. kiadásának 17. oldalán részletezett hőmérleget vehetjük. Ennek hasznos hője kereken 300.000 he/100 kg vas. A használt koksz fűtőértéke 6980 he volt. Ha ezt az értéket annak 44%-ára redukáljuk, akkor az osztó értéke kereken 3071 lesz. A számított kokszfogyasztás pedig

$$\frac{300.000}{3071} = 97'0 \text{ kg/100 kg vas, a valóságos}$$

92'7 kg-mal szemben. Az egyezést itt is kielégítőnek kell tekinteni.

Harmadik példa gyanánt annak a nagyolvasztónak a kokszfogyasztása szolgálhat, amelynek adatait ebben a fejezetben az elegyszámítás céljaira használtuk fel. Ez a nagyolvasztó, amelynek hasznos hőmennyisége 278.700 he, tüzelő hatásfoka pedig 0'48, a valóságban 85% kokszfogyasztással dolgozik. Kokszának fűtőértéke 6900 he. Számításunk ebben az esetben

$$\frac{278.700}{6900 \cdot 0'48} = 84 \text{ kg-os kokszfogyasztást}$$

eredményez, tehát a tényleges fogyasztáshoz egészen közel eső értéket.

A kokszfogyasztás előzetes számításának ehhez a módjához csak az ércnek és a koksznak összetételére van szükségünk, amelynek alapján a hasznos hő mennyiségét határozzuk meg. Minthogy pedig a nagyolvasztó tüzelő hatásfokának számításba vont értéke, illetőleg annak átlaga (0'42—0'44) több ezer hőmérlegnek évtizedek óta leszűrt eredménye, azért ennek a megközelítő számítási módnak hibaforrása tulajdonképpen egyáltalában nincsen. Ha az eredmény a való-



ságos kokszfogyasztás értékszámától itt-ott mégis némi eltérést mutat, annak csakis az a soha ki nem küszöbölhető oka lehet, hogy az elegy vegyi összetétele és nedvességének mértéke sohasem egészen tökéletesen egyező az elemzésekhez felhasznált átlagpróbák vegyi összetételével és nedvességével. Tekintve ugyanis, hogy a kokszfogyasztás előzetes kiszámításának fentebb ismertetett módja nem egyéb, mint a hőmérleg adatainak megfordított irányú számítása, ennek a meghatározási módnak tulajdonképpen mindig egészen helyes és megbízható eredményeket kell szolgáltatnia.

A nagyolvasztósalak keletkezésének nem föltétele a vegyületképződés, minthogy már évtizedekkel ezelőtt kétségtelenül beigazolódott, hogy a salak az alkotó oxidoknak egymásban való homogén oldata. Bármilyen súlyarányban részesednek is az oxidok a kohó elegyében, a képződő salak még kihűlt, megszilárdult tömegében is a homogén oldat kétségbevonhatatlan ismertető jeleit mutatja. Joggal fölmerülhet tehát a kérdés, hogy — mint az elegyszámítás fentebbi példájában is tettük — miért kell mégis bizonyos előre meghatározott súlyarányt biztosítani az elegyben képviselt savak és bázisok között?

A hiányzó bázisnak kisebb, vagy nagyobb, de mindig meghatározott mértékben való pótlása nemcsak azért szükséges, hogy vele a salak olvadáspontját leszállítsuk, illetőleg szabályozzuk, hanem azért is, hogy a salak vegyi hatását céljainknak megfelelően állítsuk be. Így például a nyersvas kénmentesítése csak olyan salakösszetétel mellett lehetséges, amelyben e célra  $\text{CaO}$ -felesleg áll rendelkezésre. A mészben dús nagyolvasztó-salak egyetlen biztos eszköze annak, hogy kénmentes, helyesebben kénben igen szegény nyersvasat gyárthassunk. A nyersvas kénmentessége jelentékenyen növeli annak metallurgiai értékét és további feldolgozásának területét. A savas termé-



szetű oxidokat képző kísérőelemek általában is csak akkor vonhatók el a vasból, ha igen nagy bázicitású salakkal dolgozunk. Mindig ilyen salakkal kell tehát dolgoznunk, valahányszor acélgyártáshoz való és amelletten igen tiszta és nagyértékű, tehát kénmentes és szilíciumban viszonylag szegény nyersvas gyártása a célunk. (A hőmérleg és az elegyszámítás példáiban szereplő kohóüzemek is ezért dolgoznak igen erősen bázikus salakkal.) Ha viszont szilíciumban dús nyersvasat kell gyártanunk, úgy az csak savas, kovásvanban dús kohósalakkal lehetséges. Mangándús nyersvas pedig csak olyan salakkal gyártható, amelyik bázikus és amelyben a bázicitásnak jelentős részét a  $MnO$ -tartalom szolgáltatja. Mind ez arra mutat, hogy — ha a vegyületképződés a kohósalak keletkezésének nem is feltétele — a vegyületképződéssel kapcsolatos törvényszerűségek jelentős szerepe úgy a salak keletkezése, mint annak vegyi hatása tekintetében egészen kétségtelen.

A salak bázicitásának, vagyis a bázisok és savak súlyviszonyának 100-zal szorzott értékszámai Osann szerint a következők szoktak lenni:

Thomas-nyersvasnál . . . . .	110
öntővasnál . . . . .	104
acélgyári nyersvasnál . . . . .	120
tükrös nyersvasnál . . . . .	130
Fe-Si-nál . . . . .	64



## 9. A nyersvas.

A nagyolvasztó vastermékében, a nyersvasban, — a gyártásnak az előbbi fejezetekben megismert körülményeinél fogva — mindig több karbon van, mint 17%. A nyersvas tehát, mint metallurgiai termék, a vas állapotdiagrammjának azokat a területeit képviseli, amelyeknek szövetelemei a vasanyag szívósságát, képlékenységét minden hőmérsékleten megszüntetik. A nyersvasnak éppen a merevsége, törékenysége, képlékenységének hiánya az a sajátság, amely a nyersvas fogalmát a vasanyagok másik főcsoportjának, a kovácsolható vasnak, illetőleg az acélnak fogalmától elhatárolja. De ez a határ csak elméleti szempontból tekinthető (az 17%-os C-tartalommal) pontosnak. Korábbi munkáiban éppen szerző mutatott rá arra, hogy a gyakorlatban a nyersvas és az acél birodalmának határa éppenséggel nem éles vonalú.<sup>63)</sup> Közvetlenül az 17%-os karbonhatár alatt sincsen már meg a gyakorlatilag kihasználható képlékenység mértéke. Viszont a fokozatosan elenyésző képlékenység nyomát Ledebur még 24% karbontartalmú vasban, tehát nyersvasban is megtalálta.<sup>64)</sup>

Sha a nyersvas szívósságának az öntészet igényei szempontjából van is jelentősége, a nyersvas

<sup>63)</sup> E. Cotel, Die Grenze der Warmbildsamkeit des Stahles, Zeitschrift für d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Berlin, 73. kötet, továbbá „Limite de la malléabilité de l'acier", Revue univ. d. min. 1926. évf. 1. sz.

<sup>64)</sup> A. Ledebur, Handbuch d. Eisenhüttenkunde, IV. kiadás, 3. kötet, 712. oldal.



képlékenységek hiánya egyáltalában nem hátrány. Feldolgozását tekintve ugyanis a nyersvasnak csak két rendeltetése van: vagy átmeneti anyaga, félterménye az acélgyártásnak, vagy közvetlen anyaga a vasöntészetnek. Mind a két rendeltetése olyan tehát, amelynél a képlékenységnek, a képlékeny alakíthatóságnak feltétele soha szóba nem kerül. A nyersvasnak — eme kettős rendeltetéséhez képest — két csoportja van; az egyikbe az acélgyártáshoz való félérs nyersvasak fajtái, a másikba a vasöntészet számára készült szürke nyersvasak különböző képviselői tartoznak.

A szürke nyersvasfajták töretének szürke színét a hexagonális táblácskákban kivált, a természetben előforduló tiszta grafithez igen hasonló és éppen ezért ugyanúgy is nevezett karbonmódosulat adja meg. A grafitnak a nyersvas kristályai között elhelyezkedő önálló szöveteleme akkor válik ki a vasból, ha a nyersvas szilícium- és karbontartalmában olyan túltelítés állott elő, amelyet a folyékony vas elbír ugyan, a megszilárdulás, illetőleg a kristályosodás azonban a karbon fölöslegét külön szövetelem gyanánt kiszorította a túltelített oldatból. A nyersvas folyékony állapotában több C + Si-ot képes oldatban tartani, mint szilárd állapotában. Ha a nyersvas karbontartalma viszonylagosan nagy, akkor kisebb szilíciumtartalom is grafitkiválást fog a kristályosodáskor okozni. Kisebb karbontartalmú nyersvas viszont elbír egy kisebb (0,5%) szilíciumtartalmat anélkül, hogy számbavehető grafitosodás következne be. De magára a nyersvasban levő karbon egész, illetőleg összes mennyiségére (oldott C + grafit) is a szilíciumtartalom gyakorol döntő befolyást. A nyersvas egész karbontartalma annál kisebb lesz, minél nagyobb a Si-tartalom. A nyersvas kristályosodásának módját azonban — anélkül, hogy a fentebb mondottakon változtatna — a lehűlés sebessége is lényegesen befolyásolja. A grafitváltás folyamata



nem gyors, legalább is nem pillanatnyi sebességű; lejátszódásához idő kell. Ha tehát a lehülés sebességét megfelelően növeljük, akkor a grafitkiválás mértékét korlátozhatjuk, sőt megfelelő C + Si-tartalom mellett meg is szüntethetjük. Ennek a jelenségnek gyakorlati alkalmazásával a vasöntészetben gyakran találkozunk. Ha egyazon öntőüst vasából szürke, szívós öntvényre is, meg fehérén kristályosodó, kemény anyagú vasöntvényre is szükségünk van, úgy az előbbi esetben megmelegítjük a mintát, az utóbbiban pedig az öntés után lehűtjük. De a nagyolvasztó üzemében is nem egyszer tapasztaljuk, hogy egyazon csapolás meleg homokba öntött vasa szürke, vasmintába eresztett része pedig fehér töretű.

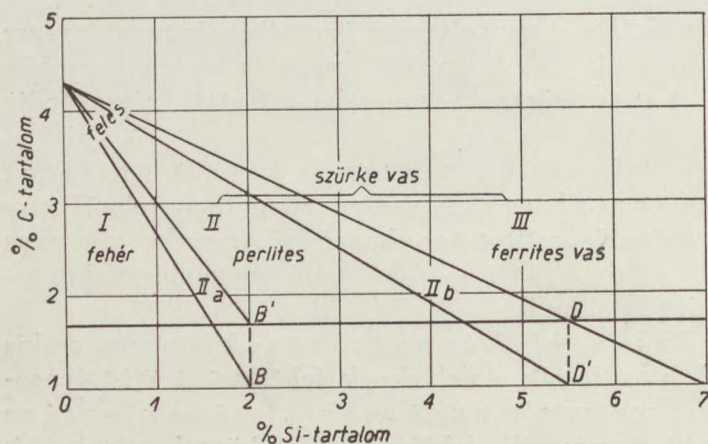
A folyékony nyersvas kivált grafitot nem tartalmaz. A szilárd állapotban jelentékeny mennyiségű grafitot tartalmazó sötétszürke nyersvas grafittartalma tehát — újból való megömlesztéskor — megint feloldódik.

Az igazi fehér nyersvasak azonban csakis azok a vasfajták, amelyeknek fehér színű kristályosodása a nyersvas mangántartalmának hatása alatt és normális lehülés mellett következett be. A mangántartalom hatása ugyanis éppen az ellenkezője annak, amelyet a Si gyakorol a nyersvas karbontartamára. A mangán nagy mértékben elősegíti a nyersvas karbonfelvevő képességét és annak a lehetőségét, hogy az így felvett karbonmennyiségnek minél nagyobb mennyisége maradhasson — megszilárdulás után is — oldatban. A nyersvas mangántartalma tehát megnehezíti a grafit kiválását, illetőleg csökkenti annak mértékét. A nyersvasban lévő esetleges Si-tartalom persze csökkenti a mangán befolyását s vele együtt a nyersvas karbonfelvevő képességét.

Mindebből az következik, hogy a nyersvas szilícium- és mangántartalmának, illetőleg ezek arányának megfelelő megválasztásával előre el tudjuk dön-



teni, vajjon nyersvasunk — normális lehűlési, illetőleg merevedési viszonyok mellett — fehér, vagy szürke töretű lesz-e. E tekintetben igen megbízható alapot nyújt Maurer freibergi kohásztanár diagramja, amely főleg a vasöntészet céljait kívánja szolgálni. Ezt a diagramot a 15. ábra mutatja be az „Eisenhütte“ IV. kiadásának 41. oldalán látható (Abb. 8.) ábra szerint.



15. ábra.

Maurer diagramja. (Eisenhütte IV. 41. oldal.)

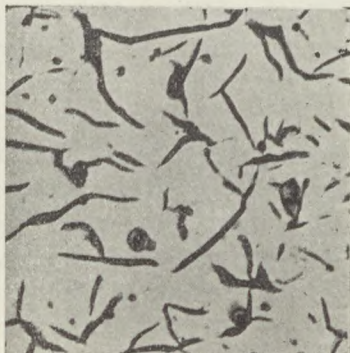
Bár Maurer állapotábrája teljes tájékozódást nyújt a fehér és szürke nyersvasak területi eloszlása, illetőleg a karbon- és szilíciumtartalom aránya, egyensúlya tekintetében, az állapotábra világosan mutat rá arra is, hogy a fehér és a szürke vasak elhatárolása nem éles. Azokat a nyersvasfajtákat, amelyeknek törésfelületein úgy fehér, mint szürke kristályok, vagy legalább is szürke behintések találhatók, feles vagy tarka nyersvasaknak nevezzük.

A Maurer-féle állapotábra alapján készült a Greiner—Klingenstein-féle öntöttvas-dia-





16. ábra.



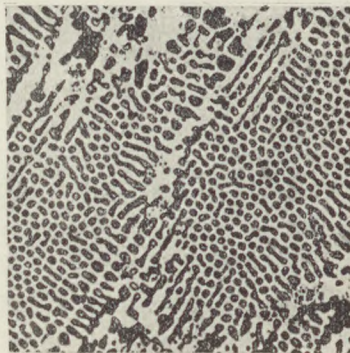
17. ábra.

Szürke nyersvas mikroszövezete.



18. ábra.

Szürke nyersvas  
mikroszövezete.



19. ábra.

Fehér nyersvas mikro-  
szövezete. (C-tartalom 4.3%)



gram,<sup>65)</sup> amelyik a hűlési viszonyokat is igyekszik tekintetbe venni és pedig olyan módon, hogy ennek az állapotábrának abszcisszáját a nyersvasból (illetőleg öntöttvasból) való tárgy vastagsági méretei alkotják, ordinátája pedig a nyersvas karbon- és szilíciumtartalmának együttes százalékszámait képviseli.

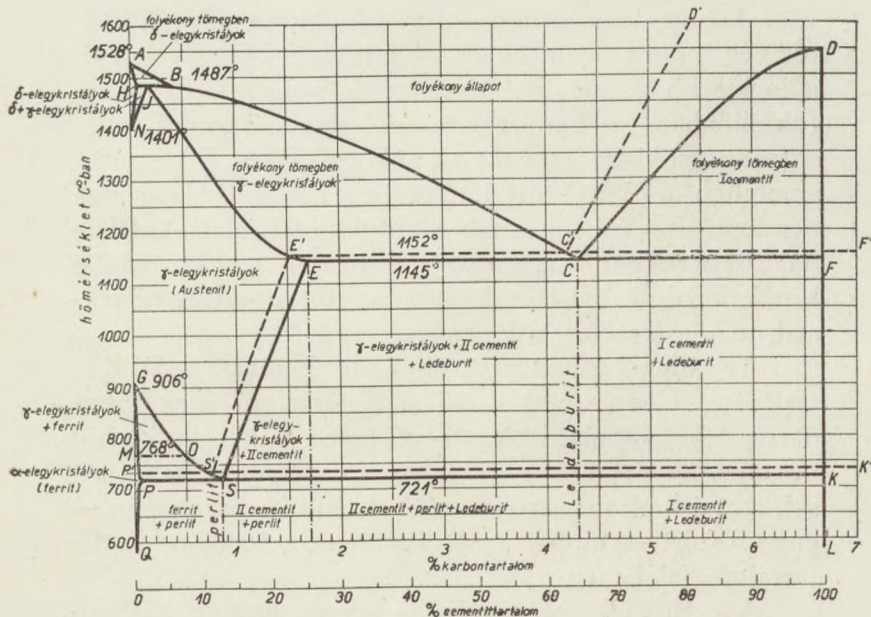
Mint már említők, a szürke nyersfajták — másodszori átömlesztéssel, de esetleg anélkül is — vasöntvényeknek, tehát készárunknak közvetlen anyagai. Minthogy pedig a vaskohászatnak régi tapasztalata, hogy a felhasznált nyersvas tulajdonságai az öntvény anyagában minden kétséget kizáró módon felismerhetők (amint mondani szokás: az öntvény átörökli nyersvasának tulajdonságait), azért a szürke nyersfajták minőségének megítélése szempontjából nemcsak a vegyi összetétel és a törésfelület szabad szemmel való vizsgálata, hanem a mikroszövet alkata is fontos. Amíg faszenkohók és kokszos nagyolvasztók évtizedeken át egymás mellett dolgoztak, általános volt a tapasztalat, hogy a faszenes nagyolvasztókban gyártott szürke nyersvas akkor is jobb minőségű, szívósabb és kevésbé porózus, ha vegyi összetétele miben sem tért el a kokszos nagyolvasztóban gyártott szürke nyersvasétól. A mikroszöveti vizsgálat azután kimutatta, hogy a faszenes olvasztó szürke nyersvasában a grafit finomabb, vékonyabb szálacskák alakjában és egyenletesebben van elosztva, mint a kokszos kohók nyersvasában. A 16., 17. és 18. ábrák különböző szürke nyersvasak mikroszövetét szemléltetik. A 19. ábra pedig azt mutatja, hogy a fehér nyersvasban a vasanyag főtömegének folytonosságát a primér cementit felületei éppen úgy megszakítják, mint a grafit a szürke nyersvasét. De amíg a félterményjellegű fehér nyersvas minőségének ez semmiképen sem megy rovására, addig a készárú anyagát képező szürke nyersvas hasz-

<sup>65)</sup> Lásd Eisenhütte IV. kiadás 562. old.



nálhatóságát lényegesen befolyásolja a grafitbe-  
ágyazások elosztódásának módja, finomsága,  
egyenletessége.

Mielőtt a nyersvas vegyi összetételének a fizikai  
tulajdonságokra gyakorolt hatásaira rátérnénk, foglal-  
koznunk kell a fehér és a szürke nyersvasak, (helye-



20. ábra.

A Fe — Fe<sub>3</sub>C- és Fe-grafit-ötvözetek legújabb álla-  
potábrája Körber és Schottky szerint. (Das Eisen-  
Kohlenstoff-Diagramm, Düsseldorf, Verlag Stahleisen, 1933.)

sebben a Fe—Fe<sub>3</sub>C- és a Fe-grafit-rendszerek) a Kör-  
ber javította legújabb állapotábrájával, amely  
éppen e sorok írásakor került közlésre.<sup>66)</sup> Erről a 20.  
ábrában bemutatott állapotdiagramról a következő lé-  
nyeges megállapítások olvashatók le.

Az állapotábra folytonos vonalai a metastabi-

<sup>66)</sup> Dr. F. Körber és H. Schottky, Das Eisen-Kohlen-  
stoff-Diagramm, Düsseldorf, Verlag Stahleisen, 1933.



lis  $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ -rendszerre, szakadozott vonalai pedig a stabilis  $\text{Fe}$ -grafitrendszerre vonatkoznak. A két rendszer legfontosabb görbéi között általában nincs lényegesebb eltérés és például a megszilárdulás befejeződésének vonala a szürke vasnál  $1152^\circ$ -ot, a fehér nyersvasnál pedig  $1145^\circ$ -ot jelez, vagyis a különbség mindössze  $7^\circ$ . A megszilárdulás kezdete és vége között legnagyobb a hőfokkülönbség az E (illetőleg E') pont ordinátáján — mintegy  $275^\circ$  —, vagyis a legkisebb C-tartalmú nyersvasak vonalán. Ez a hőfokkülönbség a karbontartalom emelkedésével fokozatosan csökken az eutektikus (C és C') pontig, amelyben a 4'3% C-tartalmú ötvözet megszilárdulásának kezdetét és végét ugyanaz a hőfokvonal jelzi. A 4'3%-nál több karbont tartalmazó ötvözetek megszilárdulásának kezdete és vége között megint gyorsan növekszik a hőmérséklet különbsége.

Az állapotdiagram jobboldali határát a DFKL-ordináta jelenti, mint a 6'67% C-tartalmú vaskarbon-ötvözetek vonala. A  $\text{Fe}_3\text{C}$ -összetételű vaskarbid ugyanis, amely mint szövetelem cementit nevet visel, ennyi karbont tartalmaz. A második abszcisszán — éppen ezért — ennek az ordinátának a 100%-os  $\text{Fe}_3\text{C}$ -tartalom felel meg.

A kettős állapotábra azt is jelenti, hogy a karbon-dús vasfürdőből primer kristályosodásban grafit, vagy cementit képződhetik, de mindakettő is benne lehet az ötvözetben.

A  $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ -rendszernek legnevezetesebb helye a 4'3% karbont tartalmazó eutektikum függőleges vonala. Ez a C ponton átmenő ordináta azt az ötvözetet képviseli, amely 6'67% karbontartalmú cementitből és 1'7% karbontartalmú telített elegykristályokból áll, s amelynek Ledeburita neve.

A  $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ -rendszerből a  $\text{Fe}$ -grafitrendszerbe való átmenet gyakorlati esete a kovácsolható öntvények gyártása, amely-



nek során a fehér nyersvasból öntött tárgyak hosszú időn át körülbelül 900<sup>o</sup>-on ízzítatnak, majd igen lassan hűlnek le. E tűzi művelet során a vaskarbid felbomlik ( $\text{Fe}_3\text{C} = 3\text{Fe} + \text{C}$ ) és az ötvözet szövetében elemi karbonmódosulat válik ki, aminek következtében az ötvözet törete is elveszíti eredeti fehér színét és sötétszürkévé válik.

A vegyi összetételnek, a nyersvas fizikai tulajdonságaira gyakorolt befolyása mélyreható és változatos. Az alábbiak erről a befolyásról vázlatos képet nyújtanak.

A nyersvas fajsúlyára már a karbontartalom módosulata maga is lényeges befolyást gyakorol. A grafitkiválás okozta térfogatnövekedésnek fajsúlycsökkenés a következménye s így a szürke nyersvas fajsúlya mindig kisebb, mint a fehér nyersvasé. Sauerwald és Wecker szerint:<sup>67)</sup>

a fehér nyersvas fajsúlya szilárd állapotban 7'15, folyékonyan 7'05 és a szürke nyersvas fajsúlya szilárd állapotban 6'90, folyékonyan 6'97.

A nyersvas keménységének kifejezésére a Brinell-, Shore-, Rockwell- és Vickers-féle keménységi számok közül leginkább a Brinell-féle keménységi értékeket használjuk, bár kétségtelen, hogy a nyersvassal kapcsolatban a keménységi számoknak koránt sincsen akkora jelentőségük, mint az acélok keménységének meghatározásánál. A szürke nyersvas Brinell-keménységeit Klingenstein<sup>68)</sup> vizsgálta meg és azt találta, hogy a szürke nyersvas Brinell-keménysége a karbon és szilíciumtartalom együttes százalékszámának növekedésével egyenes arányban csökken. Így pl.

45% együttes C + Si-tartalomnak kereken kb. 230

55% együttes C + Si-tartalomnak kereken kb. 190 és

<sup>67)</sup> Zeitschrift für d. anorg. Chemie, 1925. évf. 773. old.

<sup>68)</sup> „Werkstoffhandbuch Stahl u. Eisen” L. 11—12. old.



70% együttes C + Si-tartalomnak kerekén kb. 120

Brinell-keménység fog megfelelni, föltéve, hogy a nyersvas Mn-tartalma nem nagyobb 0'8%-nál!

A fehér nyersvas keménysége Goerens és Jungbluth szerint egyenes arányban együtt növekszik a karbontartalom növekedésével és pl.

22% C-tartalom esetében kb.	310
30% „ „ „ „	400
40% „ „ „ „	520

lesz a fehér nyersvas Brinell-keménysége.

A szürke nyersvas hajlítószilárdsága a Werkstoffhandbuch (Stahl und Eisen) adatai szerint a karbon és szilícium együttes tartalmának növekedésével együtt csökken és pl.

45% együttes C + Si-tartalomnak kb.	53 kg/mm <sup>2</sup>
55% együttes C + Si-tartalomnak kb.	37 kg/mm <sup>2</sup> és
65% együttes C + Si-tartalomnak kb.	28 kg/mm <sup>2</sup>

hajlítószilárdság felel meg. A húzószilárdság számértéke rendszerint közel fele a hajlítószilárdság értékének. A számok egymásnak megfelelő értékei érvényességének itt is az a feltétele, hogy a nyersvas Mn-tartalma 0'8% alatt maradjon. Úgy ez a föltétel, mint a fehér nyersvasak igen nagy keménységi értékei azt az általános tapasztalatot fejezik ki, hogy a mangántartalom az, amelynek növekedése a nyersvas keménységét és szilárdságát jelentékenyen növelni, szívósságát pedig erősen csökkenteni szokta.

A nyersvas fogyasztása — Ledebur és mások vizsgálatai szerint — az összetételhez képest a következő értékek között ingadozik:

szürke faszén nyersvas (kb. 1'5% Si, 3% grafit,	
1'4% Mn) . . . . .	0'010
feles faszén nyersvas . . . . .	0'013



fehér nyersvas (1'0% Si, 3'6% C, 3'2% Mn) . .	0'017
tükrös „ (kupolóban átömlesztve) . .	0'020

A grafitban dús nyersvasak fogynak a legkevésbé; ezzel szemben a mangán jelentékenyen növeli a fogyás nagyságát.

A nyersvas hígfolysát a foszfortartalom növeli és a kén tartalom csökkenti. Bár a P-tartalom merevvé, törekennyé teszi a nyersvasat, a szilárdsági tekintetben igénybe nem vett szürke öntvények anyagában a P-tartalom nem ritkán az 1%-ot is meg szokta haladni. A díszes mintázatú vasöntvények anyagának ugyanis szinte természetes követelménye a minél nagyobb mértékű hígfolyas. A kén tartalom növekedése a nyersvasat olyan sűrű, olyan bágyadt folyasává teszi, hogy id. Kerpely Antal megfigyelése szerint<sup>69)</sup> a 0'3 S-t tartalmazó nyersvasak vasöntési célokra egyáltalában nem használhatók többé. A legvastagabb falú, illetőleg legzömökebb, egyszerű alakú vasöntvények anyagának S-tartalma is legfeljebb 0'12% szokott lenni. A jóminőségű szürke öntővasak kén tartalma nem haladhatja meg a 0'06%-ot, de lehetőleg 0'04% alatt maradjon.

A nyersvas anyagának savállóságát a nikkelt javítja, a kén pedig erősen csökkenti. A nyersvas „tűzállóság”-át viszont a foszformentesség segíti elő leginkább.

A különféle nyersvasfajták vegyi összetételének tájékoztató példáit az „Eisenhütte“ IV. kiadásának (907. old.) adatai alapján a 9. számú táblázatban foglaltuk össze. Nagymagyarország néhány jellemző nyersvasösszetételét pedig — Kerpely Antal „Magyarország vaskövei és vasterményei” című művéből véve — a 10. számú táblázat tartalmazza.

<sup>69)</sup> id. Kerpely Antal, Ungarns Eisensteine usw. Wien 1887. évf. 65. old.



## 9. sz. táblázat.

## A nyersvasfajták vegyi összetétele.

Nyersvasfajta	C %	Si %	Mn %	P %	Törés- felület
Thomasacélgyártáshoz	3·5	0·3–0·5	1·0–1·5	1·7–2·0	feles-fehér
S-Martinacélgyártáshoz	3·5–4·0	0·3–1·0	2·0–6·0	0·08–0·3	fehér
Bessemeracélgyártáshoz	3·5	1·2–2·0	1·0	0·1	szürkés
Tükrös nyersvas . . .	4·0–4·5	0·2–1·3	10·0–30·0	0·1	fehér, tükrös
I. sz. öntővas (haematit)	4·0	2·0–3·0	1·0	0·1	szürke
II. sz. öntővas . . .	4·0	2·0–3·0	0·6	0·6	"
III. sz. öntővas . . .	4·0	2·0–3·0	0·5	1·7	"

## 10. sz. táblázat.

## Magyarországi nyersvasak összetétele.

Nyersvasfajta	Mn %	C %	Gra- fit %	Si %	S %	P %	Fe %	Megjegyzés
Kompachi faszenes	3·1	0·9	2·8	2·3	0·01	0·1	89·5	sötétszürke
Govasdiai faszenes	1·0	0·5	3·1	1·5	0·02	0·07	93·6	"
Aninai koksos	0·6	0·6	3·2	0·9	0·09	0·19	94·0	"
Betléri faszenes	1·8	0·6	2·9	1·3	0·07	0·20	92·8	"
Resicai (lángpestbői,	1·3	0·7	2·2	1·0	—	0·03	94·4	feles
Csetneki faszenes	1·4	0·7	2·0	2·0	0·08	0·03	93·5	sötétszürke
Dernői faszenes	2·3	0·4	3·3	2·4	0·05	0·3	90·9	"



## 10. A nyersvasgyártás salakja.

A nagyolvasztó szilárd mellékterménye a salak, amelynek tömegét az anyagoszlopnak azok az alkotórészei képezik, amelyek se a nyersvasba nem mentek át, se el nem gázosodtak. A salakot tehát az ércnek, a pótléknak és a kokszhamunak el nem gázosított meddő részei alkotják. A salak mennyisége és összetétele éppen ezért előzetesen is kiszámítható, ha az elegynek és a tüzelőanyagnak vegyi összetételét ismerjük.

Bár a nagyolvasztó salakja a meddő részek lekötésének és különválasztásának szükségszerűsége következtében kikerülhetetlen mellékterménye a nyersvasgyártásnak, a salakot — hőmérsékletének, hígfolysának és vegyi hatásának kellő szabályozása révén — igen hathatós metallurgiai eszköz gyanánt alkalmazhatjuk a nagyolvasztó kémiai műveletei során. Az elegyszámítással kapcsolatban (8. fejezet) már megállapítottuk, hogy némely elemnek kellő mennyiségben való bejuttatása a vasba, vagy egy másik elemnek távoltartása a vastól, egyaránt csak akkor sikerülhet, ha a nagyolvasztó salakja meghatározott irányú összetétellel és kellő hőmérséklettel, szóval megfelelő reakcióképességgel rendelkezik.

A salak fizikai és kémiai jellegéről alkotott mai felfogásunk alapjának megteremtése Ledebur-tól való. Ledebur — már több, mint három évtizeddel ezelőtt — „Handbuch der Eisenhüttenkunde“ című munkájának IV. kiadásában



(Leipzig, Verlag A. Felix, 1902) a 199. oldalon világosan megállapítja, hogy: „Alle Bestandteile der Schlacken treten in sehr verschiedenen Gewichtsverhältnissen und ohne jede Rücksicht auf stöchiometrische Verhältniszahlen nebeneinander auf. Hieraus folgt zunächst, dass eine Schlacke nicht aus einer einzigen engeren chemischen Verbindung zu bestehen braucht, sondern als eine nur in hoher Temperatur flüssige Lösung verschiedener chemischer Verbindungen ineinander zu betrachten ist.“ (Minthogy a salak alkotórészeinek súlyaránya teljesen független a stöchiometriai viszonyszámoktól, kétségtelen, hogy a salakot nem egyetlen vegyületnek, hanem különféle vegyületek egymásban való oldatának kell tekintenünk.)

Az a három vegyület (oxid), amelynek egymásban való oldata — a legkülönbébb súlyarányok keretei között — rendszerint eldönti a nagyolvasztó salakjának fizikai és kémiai jellegét, a  $\text{CaO}$ , a  $\text{SiO}_2$  és az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . A nyersvasgyártás salakjai tehát általában a kalciumszilikátok és alumínátok típusaihoz közeledő (esetleg szabályszerű ilyen vegyületeket is tartalmazó) oldatok, amelyek csak a nagyolvasztó magas hőmérsékletén folyékonyak. Minthogy azonban e három salakalkotó oxidnak igen sok olyan összetétele képzelhető el, amelynek úgy olvadáspontja, mint keletkezési hőfoka nagyobb annál, amit a nagyolvasztó hőgazdasága elbírhát, azért az elegyösszeállításakor mindig tekintettel kell lennünk arra, hogy a három legfontosabb salakalkotó súlyaránya lehetőleg olyan legyen, hogy az oldat olvadáspontja az  $1400^\circ$ -ot ne haladja meg. Ez annál fontosabb, mert a salak képződésének hőmérséklete esetleg jóval nagyobb, mint az olvadáspontja. A salakot alkotó vezérvegyületek olvadáspontja ugyanis egytől-egyig nagyobb, mint az általuk alkotott kész salaké. Ha a  $\text{CaO}$ -ból,  $\text{SiO}_2$ -ből és  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ból álló salakok egész



területét olyan egyenlő oldalú háromszög területének tekintjük, amelynek csúcsai az egyes alkotók tiszta vegyületének 100%-át jelentik, akkor a nagyolvasztó üzeme számára legkívánatosabb salakösszetételeket a salakháromszög területének az a része fogja képviselni, amelyik a  $\text{CaO}$  és a  $\text{SiO}_2$  csúcsait összekötő oldal felezőpontjából indul ki és a háromszög súlypontjába ér. Ezeknek a salakfajtáknak olvadáspontja rendszerint 1300 és 1400° közé esik.

A valóságban természetesen sohasem lehetséges olyan eset, amelyben a nagyolvasztó salakja kizárólag csak ebből a három főalkotóból állana. De minthogy — az esetek legnagyobb részében — a salak jellegét mégis csak a három főalkotó szerepe dönti el, azért a salakháromszög, vagy ennek — a hőfokokat is érzékeltető — térbeli modellje mindig jó tájékozódást nyújt a salakminőségek tekintetében.

A három főalkotórészen kívül a salakban mindig van  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  és  $\text{S}$  (ez utóbbi a  $\text{Ca}$ -hoz kötve mint  $\text{CaS}$ ). A fagyáspontcsökkenés törvénye értelmében a salak természetesen annál alacsonyabb hőfokon fog olvadni, minél nagyobb benne az alkotórészek száma. Ez különösen a nehéz fémek oxidjaira vonatkozik, amelyek a salak olvadákonyságát leginkább előmozdítják. Föltéve, hogy a salak olvadáspontja a már említett felső határ alatt marad, mégsem az olvadákonyság a legfontosabb tényező, hanem a salak kémiai hatása. Minthogy — a salak képződésének pillanatától kezdve — a vas és a salak összetétele között a nyugvó és a medence minden egyes szintjén határozott egyensúly áll fenn, azért kétségtelen, hogy a salak legfőbb feladata csak az lehet, hogy egyrészt biztosítsa a kívánatos kísérő elemek bizonyos meghatározott mennyiségének a nyersvasba való bejutását, másrészt az elegy kéntartalmát a vas számára oldhatatlan ( $\text{CaS}$ ) alakban kösse le. Hogy a salak a nyersvas kellő mér-



tékű kénmentesítésére alkalmas lehessen, nagyobb kén tartalmú elegy és kokszhamu esetében annyira  $\text{CaO}$ -dúsnak kell lennie, hogy az ilyen nehezebben olvadó salak megömlesztése csak a legnagyobb medencehőmérséklettel, illetőleg megfelelően megnövekedő kokszfogyasztással lesz lehetséges.

Újabb vizsgálatok a legszabatosabban megállapították, hogy 1. a fúvósíkban, 2. a salakcsapoló szintjében és 3. a vascsapoló síkjában, vagyis a medence fenekén milyen a salak összetétele. A nagyolvasztó fizikai és kémiai folyamatainak tárgyalása során (6. fejezet) megállapítottuk, hogy a fúvósíkban igen számottévvő újraoxidálódás áll be (l. a 14. ábrát). Minthogy pedig a hőmérséklet is éppen itt emelkedik a legmagasabbra, a vasoxidulban átmenetileg erősen megdúsult salaktömeg olvadékonysága és hígfolysa szinte egy pillanat alatt igen nagy mértékben megnövekszik úgy, hogy a híg és erősen reakcióképes salak a fúvósíkból nagy mennyiségben csurog be a medencébe.

A fúvósíkban képződő salaktömeg összetételét és ennek az összetételnek a vascsapolónyíláson történő kibocsátásáig bekövetkező változásait M und, Stoecker és Eilender vizsgálták meg hónapokig tartó kísérletek és rendkívül nagyszámú próbavétel, illetőleg elemzés alapján.<sup>70)</sup> A vizsgálatok eredményeit az alábbiakban foglaljuk össze.

A három szinten vett salakpróbák összetételei a 11. számú táblázatban találhatók meg. Megjegyzendő, hogy a fentebb megnevezett kutatók a fúvósíknak minden 20—20 cm széles vízszintes sávjából 3—11 próbát vettek és elemeztek meg. A 11. számú táblázat azonban úgy a 80 cm mélységig terjedő oxidációs térrre, mint a fúvósík 100 és 180 cm közötti mélységé-

<sup>70)</sup> M und, Stoecker, Eilender, Verlauf der Vorgänge in der Rast und im Gestell usw. St. u. E. 1931. évf. 1449—1462. oldal.



nek vízszintes terére vonatkozóan csak az elemzések átlagát tünteti fel.

A 11. számú táblázat salakelemzéseit világosan mutatják, hogy a fúvósíkban rendkívül nagy mértékben növekszik a salak vasoxidul- és vasoxidtartalma. A fúvókák előtt a salak Fe-tartalma maga is eléri néha az 55%-ot! A fúvósík egyéb pontjain Martin-nyersvas gyártása mellett 10–12, öntőnyersvas gyártásakor pedig 12–14% volt a salak vastartalma. Az 1. és 2. szint között a fúvósíkban újra oxidálódott fémek megint redukálódtak. A salak kovásv- és timföldtartalma csak a vascsapoló szintjében, vagyis a medence alján éri el a legnagyobb értékeit. A kokszhamu alkotórészei tehát csak az 1–3 szintek között oldódnak fel teljes mennyiségükben. Tehát a szilícium redukciójának is itt történik a javarésze. A vascsapoláskor a vassal együtt kifolyt salak aciditása és vele együtt kovasavtartalma, néhány százalékkal mindig nagyobb volt, mint a salakfolyókán állandóan leeresztett salaké. A CaO-tartalom — ezzel szemben — a salakfolyón elfolyó próbákban volt mindig nagyobb. A salak eredetileg nagyobb fokú bázicitását a fúvósíkból leérkező kokszhamu erősen savas összetétele (l. 5. fejezet) csökkenti le. Feltűnő, hogy a magnézium-oxid milyen könnyen, illetőleg gyorsan megy át a salakba. Már a fúvósíknak redukciós területén is csaknem egész mennyisége (80%-a) a salakban van.

A nagyolvasztósalakok sulfidoldó képességét S. McCaffery és J. F. Oesterle vizsgálták és azt találták, hogy 1350 és 1600° között a salak CaS-oldó képessége a hőmérséklet növekedésével együtt jelentékenyen növekszik, mert amíg a megvizsgált három salakfajta 1350°-nál 4–17% CaS-ot old, addig 1500°-nál már 22–27%-ot, 1600°-nál pedig 40–48 százalékot.<sup>71)</sup>

<sup>71)</sup> Americ. Inst. of Min. and Met. Eng. 1923. évf. 613. oldal.



## 11. sz. táblázat.

A fúvósik, a salakcsapoló és a vascsapoló szintjeinek átlagos salakösszetétele szürke nyersvas gyártásakor.

Salak-alkotó rész	A fúvósik oxidációs terének határértékei	A fúvósik többi pontjának átlaga	A salakfolyón elfolyó salakban	A vascsapoláskor kifolyó salakban
s z á z a l é k b a n				
FeO	32·27—57·60	12·86	0·39	0·30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3·37—23·00	3·91	—	—
Fe(összes)	27·40—56·45	13·57	0·31	0·23
MnO	0·49— 0·85	1·39	0·35	0·45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0·52— 0·96	0·48	0·015	0·007
S	0·19— 0·69	1·11	2·46	2·81
SiO <sub>2</sub>	9·22—21·74	28·27	32·36	34·67
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3·19—10·91	9·75	12·68	13·62
CaO	8·18—25·80	29·45	44·05	38·08
MgO	1·09— 2·74	5·10	6·52	6·33

A különféle nyersvasfajták salakösszetételének határértékeit a 12. sz. táblázat foglalja össze.

## 12. sz. táblázat.

A különféle nyersvasfajták salakjának vegyi összetétele. (Gemeinfassl. Darstellung des Eisenhüttenwesens. 13. kiadás.)

Nyersvasfajta	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	FeO %	MnO %	CaO %	MgO %	CaS %
Szürke öntővas	30-36	12-17	0·5-1·5	0·3-0·6	43-49	1·8-4·0	2·0-5·5
Thomas-nyersvas	29-34	11·3-18	1·3-1·8	1·3-2·3	38-43	4·2-5·0	0·8-2·4
Martin-nyersvas	33-37	6·1-14	0·8-4·4	6·4-16	29-41	2·0-10·5	2·7-4·3
" "	33-40	6·6-12	0·5-2·5	1·0-6·3	40-46	3·4-7·8	2·5-4·9
Tükrös nyersvas	30-34	8·1-8·3	0·5-1·4	7·7-12	40-41	kb. 5·5	5·4



## 11. A torokgáz és a szállópor.

A nyersvasgyártásnak azt a gázalakú mellékterményét, amely a nagyolvasztó torkán távozik, torokgáznak nevezzük. A torokgáz — útjának egy részén — magával viszi az anyagoszlop vízgőzzé vált nedveségét és kötött víztartalmát, valamint a szilárd anyagoknak a meleg gázáramban lebegő finom porát, amelynek szállópor a neve. A nagyolvasztó hőgazdaságának tárgyalása során (7. fejezet) láttuk, hogy a torokgáznak úgy mennyisége, mint fűtőértéke (800—1000  $\text{he m}^3$ -enként) igen jelentékeny. A nagyolvasztó tehát nemcsak nyersvasgyártó kemencének, hanem olyan gázfejlesztő berendezésnek is tekinthető, amelynek tüzelőanyagoszlopa az elegy anyagaival fel van hígítva. Így aztán egészen természetesnek kell találnunk, hogy a nagyolvasztó torokgázai nemcsak a tüzelőanyag (koks) elgázosításából eredő alkotórészeket tartalmazzák, hanem az elegy szilárd anyagaiból gőz- és gázalakban ( $\text{CO}_2$ ) levált alkotórészeket is. Minthogy a szilárd anyagok és a gázáram között fizikai és kémiai kölcsönhatás van, azt is természetesnek kell találnunk, hogy a nagyolvasztó gázfejlesztő munkájára és ezzel együtt a torokgáz összetételére a nyersvasgyártás folyamata (illetőleg a tüzelőanyag oszlopának vasércekkel és mész-kővel való „hígítása”) lényeges befolyást gyakorol. Kétségtelen, hogy — a nagyolvasztó üzemének célját tekintve — elsősorban a nyersvasgyártás gazdaságos menete a fontos és csak másodsorban a torokgáz fűtőértéke. Mégis — tekintettel arra, hogy a torokgázra ala-



pított ipari üzemek, erőátviteli és világító központok közgazdasági jelentősége igen nagy, bizonyos, hogy a torokgáz fűtőértékének ipari és közgazdasági jelentősége önmagában is igen számottevő. Ma, amikor az ipari és gazdasági válság nem ritkán egészen különös feladatok elé állítja a kohóipart, egyáltalában nem ritka az olyan eset, amikor a torokgáz mennyiségének és fűtőértékének sokkal nagyobb jelentősége van, mint a nagyolvasztó tulajdonképeni célját szolgáló nyersvasgyártásnak. Így egy alsórajna-vidéki vasmű időnként (1932.—33.) folyékony salakú gázfejlesztő gyanánt járattja az egyik nagyolvasztóját. Óránként  $30.000 \text{ m}^3$  gázt termelnek és minden  $100 \text{ t}$  kokszra  $30 \text{ t}$  salakot, mészkövet, palát adnak be. A gáz fűtőértéke  $1080\text{—}1120 \text{ he}$  köbméterenként. A gázosítás hatásfoka  $70\text{—}72\%$ . A gáz portartalma igen csekély.<sup>72)</sup> A nagyolvasztónak úgyszólván tisztán gázfejlesztő gyanánt való használata természetesen egészen szélső eset, de mégis kétségtelen bizonyítéka annak, hogy a nagyolvasztó üzeme kettős természetű; egyrészt vastermelő, másrészt gázfejlesztő berendezés.

Ha a továbbiakban most már mindig az állandó nyersvasgyártás rendes állapotát tételezzük fel, akkor — a torokgáz (kohógáznak is mondják) energiagazdasági jelentőségének szempontjából — a nyersvasgyártással kapcsolatosan keletkező gáz mennyiség nagyságát és fűtőértékét kell megismernünk. A gáz mennyiség kiszámításánál abból kell kiindulnunk, hogy a gáztömegnek — természetesen — a tüzelőanyag elgázosodott részéből, az anyagoszlop szilárd anyagaiból levált gázból ( $\text{CO}_2$ ) és az égéshez felhasznált levegő nitrogénjéből kell állania. Annak a szemléltetésére, hogy az indirekt redukció részesedésének aránya milyen nagy befolyást gyakorol nemcsak a

<sup>72)</sup> B. von Sothen, Anpassung der Energiewirtschaft der Hüttenwerke an schlechte Beschäftigung, Archiv f. d. Eisenhüttenwesen, 1933. évf. 365. oldal.



torokgáz mennyiségére, hanem a gáztömeg fűtőértékére is, a számítás céljaira két olyan kohó adatait használjuk fel, amelyeknek egyike közepes (55%), másika pedig igen kedvező redukciós számmal (65%) dolgozott. Az 55%-os indirekt redukcióval dolgozó nagyolvasztó torokgázainak összetétele a következő:

CO <sub>2</sub>	O	CO	H	N	
9'0	0'1	30'3	3'6	57'0	térfogatszázalék

100 m<sup>3</sup> száraz gáz C-tartalma  $39'3 \cdot 0'536 = 21'06$  kg  
 100 kg nyersvasra jutó C az elegy CO<sub>2</sub>-jából = 13'12 „  
 100 „ nyersvasba átment C-tartalom . . = 3'82 „  
 100 „ nyersvasra jutó elégetett koks C-tartalma . . . . . = 99'58 „

A torokgázba jutott C-mennyiség tehát:

$$13'12 + 99'58 - 3'82 = 108'88 \text{ kg.}$$

A 100 kg-nyi nyersvasmennyiség gyártásával kapcsolatban keletkező torokgáz mennyisége eszerint:

$$\frac{108'88}{21'06} \cdot 100 = 517 \text{ m}^3.$$

A gáz fűtőértéke pedig a legáltalánosabban használt „V e r b a n d s f o r m e l” szerint:

$$H_u = 25'8 H_2 + 30'5 CO = 25'8, 3'6 +$$

+  $30'5 \cdot 30'3 = 1017$  he-t tesz ki a száraz torokgáz minden normálköbméterére vonatkoztatva.

A 65%-os redukciós számmal dolgozó nagyolvasztó torokgázának összetétele ez volt:

CO <sub>2</sub>	O	CO	H	N	
14'5	—	24'4	3'7	57'4	térfogatszázalék



100 kg vas elegyében lévő C-tartalom (a CO <sub>2</sub> -ből) . . . . .	= 7'58 kg
100 „ vas felvett C-tartalma . . . . .	= 3'36 „
100 „ vas termeléséhez elégetett C-menny- nyiség . . . . .	= 68'60 „

Ha — úgy mint előbb tettük — itt is kiszámítjuk a gáz fűtőértékét és 100 kg nyersvasra jutó mennyiségét, akkor ebben a második esetben:

839'6 he-nyi fűtőértéket és

349'0 m<sup>3</sup>-nyi torokgázmennyiséget kapunk a számítás eredménye gyanánt.

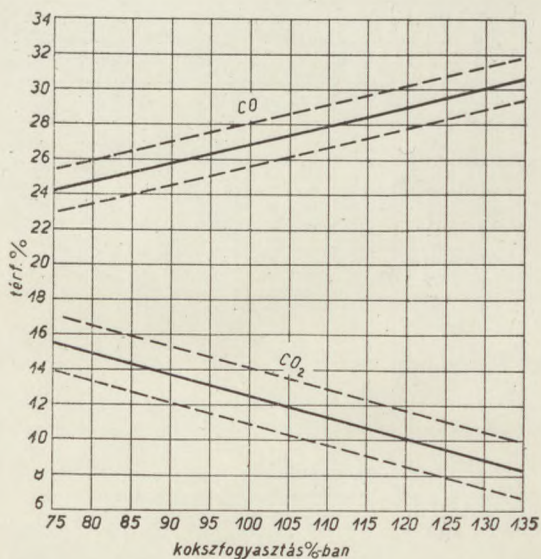
A nagy különbség tehát szembeötlő. A két eredmény egymással való szembeállításához a megállapításhoz vezet, hogy a nagyobb redukciós számnak kisebb gáztömeg és gyengébb egységnyi fűtőérték, a kisebb redukciós számnak pedig nagyobb gáztömeg és nagyobb fűtőérték a következménye. A torokgáz összetétele tehát bizonyos fokig közvetlenül is szemlélteti a nagyolvasztó járásának módját, illetőleg a tüzelőanyag kihasználásának mértékét.

A torokgáz mennyisége és fűtőértéke mindenképen a kokszfogyasztásnak és a nyersvasgyártó folyamatnak a függvénye. H. A. Brassert két évre terjedő idevágó vizsgálatainak eredményét összegyűjtve, azokat grafikonokba foglalta, hogy megállapítsa az összefüggést egyrészt a százalékos kokszfogyasztás és a gázösszetétel, másrészt a kokszfogyasztás és a fűtőérték, valamint a gázmennyiség között.<sup>73)</sup> Adatai megbízhatók, mert száznál több adatának mindegyike egy-egy hónapi átlagnak eredménye és a kísérlet körébe vont olvasztók többféle nyersvasfajtát termeltek, tehát ebben a tekintetben is lelkiismeretes átlagértéknek tekinthetők. Brassert-nak a gázösszetételre vonatkozó kísérleti

<sup>73)</sup> H. A. Brassert, *Neuzeitliche Entwicklung des amerikanischen Hochofenbetriebes*, St. u. E. 1916. évf. 119—121. old.



eredményeit a 21. sz. ábra, a gázmennyiség és a fűtőértékre vonatkozó adatait pedig a 22. sz. ábra grafikonja szemlélteti. Ezek az ábrák azt bizonyítják, hogy a gázmennyiség együtt növekszik a vastermelés, illetőleg a kokszfogyasztás növekedésével. Érdekes, hogy Brassert már ebben a tanulmányában (1916) is be-



21. ábra.

A kokszfogyasztás és a torokgáz összetételének összefüggése Brassert szerint. (St. u. E. 1916. évf. 121. old.)

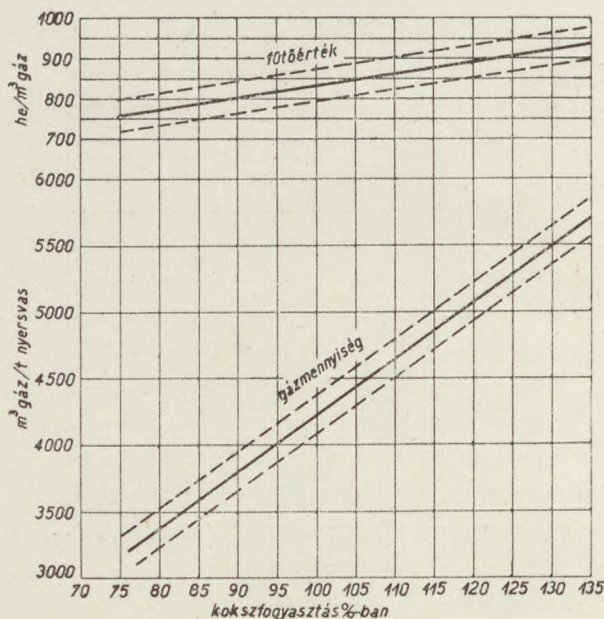
számol arról, hogy amerikai nagyolvasztókat sikerrel járattak kizárólag gázfejlesztés céljaira, amikor is acélgyári salakot adagoltak a koks hamujának elsalakítására.

A torokgáz főtömegének eredete a fűvósíkban van, ahol a tüzelőanyagoknak kerekén 85%-a szokott elégni. A gáztömeg egyéb részeit a nyugvóban és az aknában lévő folyamatok szolgáltatják részben a koks egy részének a szénsav okozta elgázi-



tása ( $C + CO_2 = 2CO$ ), részben pedig az anyagoszlop szilárd anyagaiból, főleg a mészkőből leváló  $CO_2$  révén.

Hogy a fúvósíkban keletkező gáztömeg az anyagoszlop oxidjainak redukcióját megfelelően, és minél mélyrehatóbban végezhesse, a lehető legnagyobb redukálóképesség birtokában kell, hogy legyen. Vagyis a



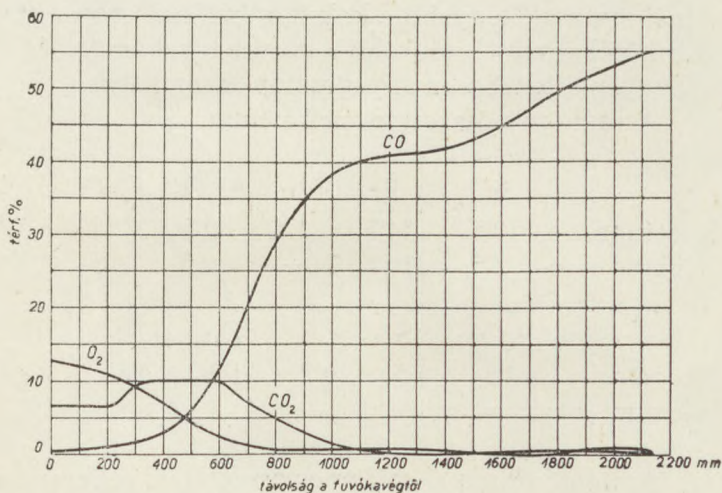
22. ábra.

A kokszt fogyasztás és a torokgáz mennyiségének, valamint fűtőértékének összefüggése Brasert szerint. (St. u. E. 1916. évf. 121. old.)

medence fúvóövében keletkező gáztömegnek az égéshez felhasznált levegő nitrogénjén kívül tulajdonképpen csak szénmonoxidot szabadna tartalmaznia. Ha a fúvósík oxidáló hatású körgyűrűjének terétől eltekintünk, akkor ezt a feltételt a gyakorlat valósága majdnem tökéletesen kielégíti, mert a fúvósíkban és fölötte állandóan nagy feleslegben lévő izzó karbonmennyiség az oxidáló hatású tér oxigénjét egy további pillanat alatt



felemészti, az oxidáló tér  $\text{CO}_2$ -ját pedig ugyanakkor redukálja. A fúvósík különböző pontjainak gázösszetétele kétségtelenül bizonyítja, hogy oxigén és széndioxid csakis a fúvóka végétől számított legfeljebb egy méternyi mélységben található, míg — ezzel szemben — a fúvósík egyéb pontjain se oxigén, se széndioxid nincsen a gázban. A 23. ábrán bemutatott görbék, amelyek az amerikai S. P.



23. ábra.

A fúvósík gázösszetételének görbéi Kinney szerint. (St. u. E. 1926. évf. 442. old.)

Kinney vizsgálatainak (10 kohó átlaga!) eredményét szemléltetik, azt mutatják, hogy oxigén már a fúvóka végétől körülbelül 700 mm-nyi távolságban sincsen a gázban, 800 mm-nél pedig a szénsavtartalom is eltűnik a gázból. Az O-tartalom természetesen a levegő belépésekor maximum, mennyisége azonban fokozatosan és gyorsan csökken. A  $\text{CO}_2$ -tartalom ellenben 400–600 mm mélységben éri el legnagyobb értékét és csak ettől a ponttól kezdve csökken rohamosan.

A torokgázban lebegő szállópor anyagát a



szilárd anyagoszlop levált apró, poros részei, valamint szublimálódott vegyületei és elemei alkotják. A szállóporban tehát a nagyolvasztó anyagoszlopának esetleg minden alkotórészét megtaláljuk, de sohasem az anyagoszlop összetételének változatlan arányában. A torokgáz  $\text{m}^3$ -enkénti portartalma 5—20 gr szokott lenni, aminek persze 1—2%-os vasvesztés a következménye. A torokgáz portartalma s vele az úgynevezett porlási vesztés annál nagyobb, minél porosabb az érc, minél morzsalékonyabb a koks, minél nagyobb a fúvószél hőfoka, minél nagyobb a gázáram sebessége és minél egyenlőtlenebb az anyagoszlop levonulása.

A szállópor összetételének példái:

	$\text{SiO}_2$	Fe	Mn	$\text{Al}_2\text{O}_3$	CaO	MgO
Korompa	10'5	34'7	1'6	2'5	3'7	6'4
Bochum	3'5	16'7	—	0'6	4'5	1'6

	$\text{P}_2\text{O}_5$	S	Cu	Zn	$\text{CO}_2$	Pb
Korompa	2'0	1'5	0'2	1'2	4'3	—
Bochum	—	—	—	45'3	—	2'1%

Amíg a korompai szállópor összetétele teljesen vasércjellegű, addig a Zn-ban dús bochumi szállópor fémérc gyanánt adható el és dolgozható fel. A korompaihoz hasonló szállóporokat tehát újra a nagyolvasztóba kell juttatni és pedig brikettálás, vagy tűzi darabosítás, agglomerálás után, esetleg — H e s k a m p rendszere szerint — az akna alsó részébe való befújtatás útján.<sup>74)</sup> H e s k a m p rendszere a steierországi E i s e n e r z nagyolvasztójának üzemében állandó alkalmazásban van és azzal az előnnyel jár, hogy a brikettálást, vagy a tűzi darabosítás munkáját feleslegessé teszi.

J. S t o e c k e r a szállóporral járó hátrányok kiküszöbölésére, illetőleg csökkentésére — kísérletei alap-

<sup>74)</sup> S t a h l u n d E i s e n, 1931. évf. 1133. oldal.



ján — láncfüggöny, láncszűrő alkalmazását ajánlja.<sup>75)</sup> A gázfogóba beépített, illetőleg beakasztott láncfüggönynek jótékony hatása nemcsak a portömegek mennyiségének csökkentésében nyilvánul, hanem abban is, hogy a láncfüggöny okozta nagyobb ellenállás következtében a gáztömegeknek nincs módjuk — egy vagy két határozott ágra oszolva — gyorsan elsietni, hanem arra kényszerülnek, hogy a nagyolvasztó valamennyi zónáját egyenletesen töltsék ki. Így aztán a gázáram melegének sokkal nagyobb hányadát adja át az anyagoszlopnak és redukciós munkája is mélyrehatóbb, kiterjedtebb lesz. A kokszfogyasztás tehát csökken. A gáz sebessége kisebb lesz s vele tovább csökken a szállópor mennyisége és a porlási veszteség. Kisebb lesz a torokgázok hőmérséklete is. A rázókészülékkel felszerelt láncfüggöny a portömegetől igen jól megtisztítható. Kétségtelen tehát, hogy a láncszűrő nemcsak a szállópor mennyiségének csökkentése, hanem a nagyolvasztó járásának gazdaságossága tekintetében is igen előnyös befolyást gyakorol.

A nagyolvasztóból elvezetett és megfelelően megtisztított torokgázok mennyiségének közel felét maga a nagyolvasztótelep szokta felhasználni. Az egész mennyiségnek 30—35%-át a léghevítők üzeme veszi igénybe, további 10—15%-át pedig a nagyolvasztó melléküzemei használják fel. A felmaradó mennyiséget társüzemek, erőátviteli és világító központok energiaforrása gyanánt szokták felhasználni.

<sup>75)</sup> J. Stoecker, Einfluss der Gasströmung im Hochofen auf den Gichtstaubentfall, Stahl und Eisen 1929. évf. 1297. old.







