

A VASMETALLURGIA TECHNOLÓGIAI ÉS ENERGETIKAI HELYZETE*

FARKAS OTTÓ**

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

Bevezetés

Az acél kiemelkedő gazdasági, kulturális, sőt hadászati jelentőségét bizonyítja, hogy a világ acéltermelése 1900-óta — kisebb-nagyobb ingadozások, ill. megtorpanások mellett — évente átlagosan 4%-kal növekedett, és az elmúlt évben az eddigi legnagyobb évi termeléssel, elérte a 745,3 Mt-t. Ennek a termelési volumennek mintegy a felét a Szovjetunió — mint a világ 1971-óta legtöbb acélt termelő országa —, az Amerikai Egyesült Államok és Japán együttesen képviseli, ami arra utal, hogy a termelésfejlődés dinamikájában országonként, sőt földrészenként is jelentős eltérés mutatkozik. Ebből következően a jelenlegi 170 kg-os egy főre vonatkoztatott éves acéltermelés 0—13 232 kg-os országonkénti szórást rejt magában, jelezve az iparosodás mértékében, és az ezzel szoros kapcsolatban levő nemzeti jövedelem alakulásában a föld országokban mutatkozó óriási különbségeket. Hazánk acéltermelése — mely az elmúlt évben 3,83 Mt volt — a világ acéltermelésében természetesen nem számottevő, hiszen alig haladja meg annak 0,5%-át. Az egy főre vonatkoztatott (jelenleg 364 kg-os) éves acéltermelésünk bár kedvezőbb képet mutat, minthogy ez 2,14-szerese a világon évente egy főre jutó acélmennyiségnek, de távol van a telítettséget jelentő 550 kg/fő évi termeléstől, és lemaradást mutat a KGST tagállamokon belül nemcsak a Szovjetunió 581 kg-os, hanem Csehszlovákia 992 kg-os, Lengyelország 554 kg-os, Románia 535 kg-os és a Német Demokratikus Köztársaság 409 kg-os egy főre vonatkoztatott múlt évi acéltermeléséhez képest.

A vasmetallurgia technológiai helyzete

A vasmetallurgia technológiai színvonala az elmúlt 25 évben sokat fejlődött. A még ma is funkcionáló technológiai eljárások korszerűsítése mellett a fejlődés legjellemzőbb tényezője az oxigénes konverteres acélyártás létre-

* Az MTA Műszaki Tudományok Osztályának az 1980 évi közgyűlés keretében tartott tudományos ülésén elhangzott előadás.

** Prof. Dr. Farkas Ottó, PWME Miskolc, Egyetemváros, 3515.

hozása és annak rohamos térhódítása, az üstmetallurgia megjelenése, valamint a korszerű vasszivacsgyártás kidolgozása és nagyütemű elterjedése. Jelenleg a világ acéltermelésének gyakorlatilag teljes mennyiségét négy technológiai útvonalban állítják elő, melyek sematikus képe az 1. ábrán látható. A bemutatott vázlat nem tartalmazza a vasérc dúsításának — általában nem a vasmetallurgia tevékenységi körébe tartozó — folyamatát, de érdemes megjegyezni, hogy a nagyolvasztók teljesítményének növelése, a szállítási költségek csökkentése és nem utolsósorban a fajlagos kokszfogyasztás csökkentése érdekében napjainkban a világon felhasznált vasércmennyiség nagyobb hányadát dúsítják, és ez a művelet az 50%-nál kevesebb vasat tartalmazó nyersércek esetében ma már gazdaságos.

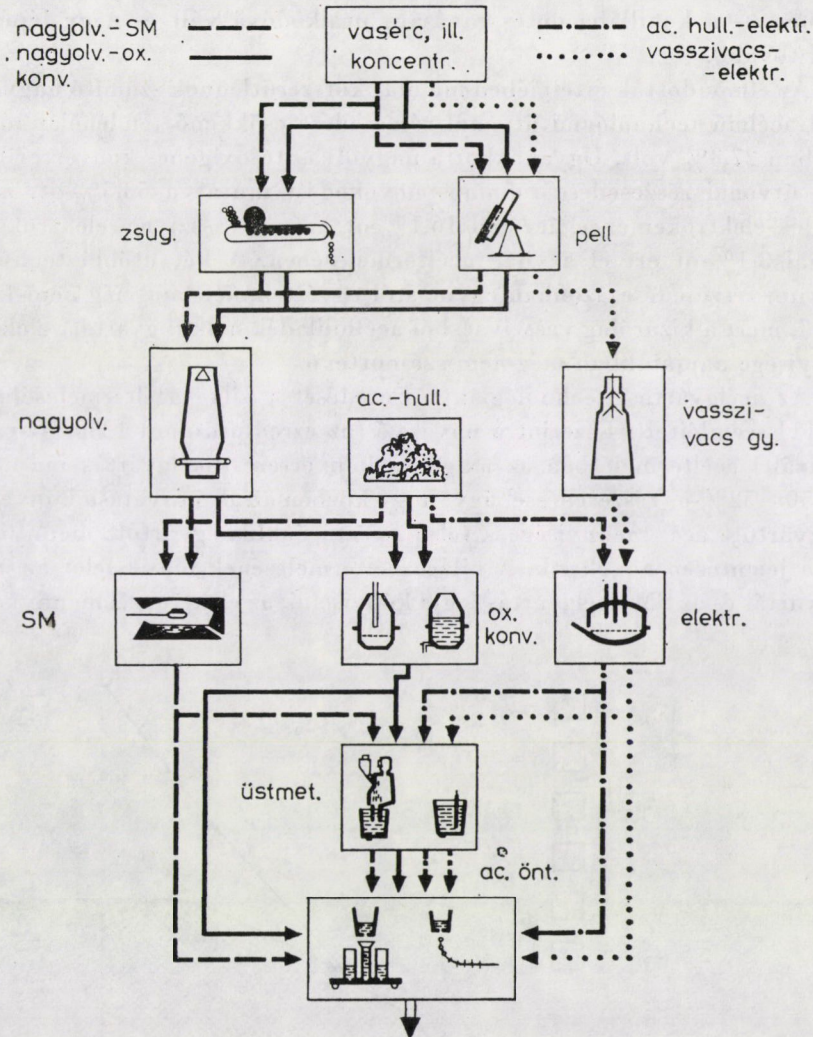
A vasércdarabosító eljárások két uralkodó típusa — a Dwight—Lloyd-rendszerű zsugorító pörkölés és a pelletezés — közül, a dúsítási műveletek egyre nagyobb mértékű megjelenése, az utóbbi eljárás részesedésének növekedését igényli, s egyben magyarázza. Korszerű pelletező berendezések teljesítménye — a gépek típusától és az ércminőségtől függően 25—40 t/m² naponta, míg a zsugorítóművek napi teljesítménye eléri az 50 t/m²-t, egy zsugorító szalag évi termelése pedig 8 Mt-t. Méreteik számottevő növekedése már nem várható.

A nagyolvasztók méretei is közelednek a technológiailag lehetséges felső határhoz. Ma már üzemben vannak olyan nagyolvasztók, melyek 15 m-es medenceátmérővel, 5000 m³; hasznos térfogattal rendelkeznek, és naponta 12 000 t nyersvas előállítására képesek. A Szovjetunióban jelenleg tervezik a világ ezidőszert legnagyobbat, 5600 m³-es nagyolvasztóját.

Az ipari méretű vasszivacsgyártás kezdete 1965-re tehető, s a viszonylag kis (évi 500 000 t) termelőegységek, valamint az ércekkel szemben támasztott igen szigorú követelmények ellenére, a vasszivacsstermelés fejlődési üteme — kis beruházási költsége és munkaigénye következtében — megelőzte a nyersvas- és az acéltermelés ütemét. Jelenleg a világ évi vasszivacsstermelése 20 Mt, s fejlődési ütemét tekintve megalapozza az elektroacélgyártás további előretörését. 2000-re az évi vasszivacsstermelés 100 Mt-ra becsülhető.

A messzemenően korszerűsített, oxigénnel intenzifikált, automatizált és megnagyobbított SM-kemencék — a maximálisan 50 t/h teljesítményük és nagy energiafogyasztásuk következtében — sem vehetik fel a versenyt az oxigénes konverteres acélgyártással, s ennek következtében az SM-acélgyártás részesedése a világ acéltermelésében rohamosan csökken.

Az oxigénes konverteres acélgyártás ugyanakkor gyors fejlődést mutat, amit a konverterek nagy termelékenysége, kis energiafogyasztása indokol. Ma már működnek 400 t befogadóképességű, 600 t/h teljesítményű felsőfuvatású oxigénes konverterek, melyek évente több mint 2 Mt acélt képesek előállítani. Az alsó fuvatású oxigénes konverteres acélgyártás elterjedése is fokozódik mindenek előtt kisebb beruházási költsége következtében. Ma már 375 t/h teljesítményű alsó fuvatású konvertereket is építenek.



1. ábra. Vasmetallurgiai technológiák sémái

Az elektroacélgyártás — az esetenként 65 t/h termelőképességű UHP-kemencék kifejlesztésével egyre jelentősebb helyet foglal el a világ acéltermelésében. A vasszivacsstermelés növekedése felszabadítja az elektroacélgyártást a rendelkezésre álló acélhulladék által megszabott korlátok alól.

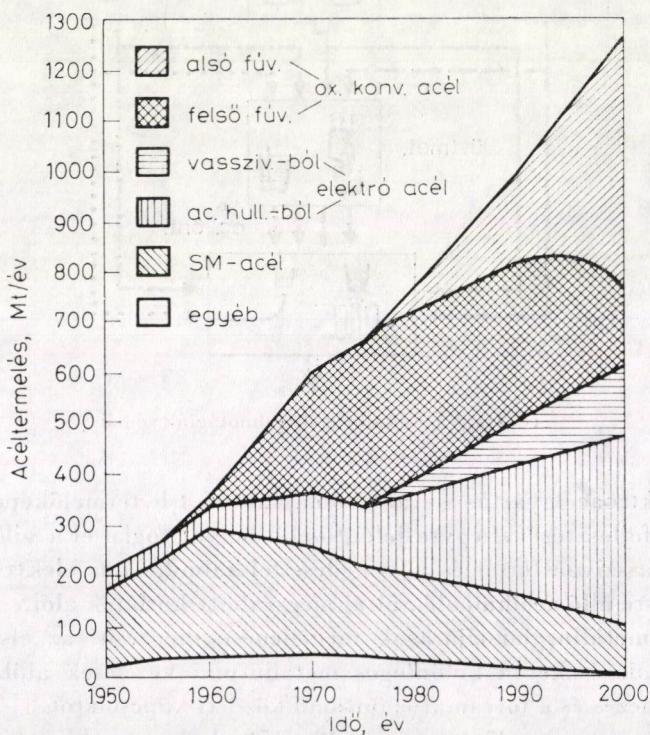
Az üstmetallurgiai eljárások megjelenése mentesíti az elsődleges acélgyártó berendezéseket a különleges metallurgiai kezelések alól és javítja a primérberekezés és a folyamatos öntőmű közötti kapcsolatot.

A folyamatos acélöntés — a 12–15%-kal nagyobb acélkihozatal, a lényegesen kisebb munkaerőigény, és a jelentős energiamegtakarítás követ-

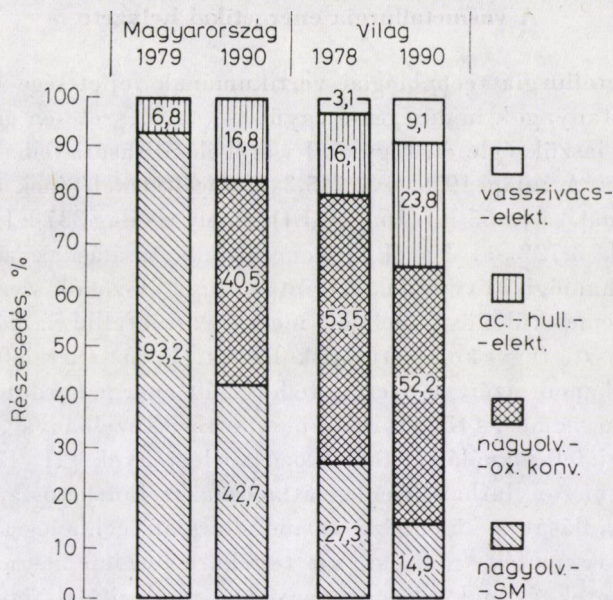
keztében — a kokillába öntés rovására uralkodóvá vált és nagy lépésekben terjed tovább.

Az elmondottak értelmében ma már korszerűtlennek számító nagyolvasztó-SM-acélmű technológiai útvonal részesedése csökkenő tendenciát mutat, s 1978-ban 27,3% volt. Ugyanakkor a nagyolvasztó-oxigénes konverter technológiai útvonal részesedése rohamos növekedést mutatva 53,5%-ot, az acélhulladék-elektrokemence útvonal 16,1%-ot, míg a vasszivacs-elektrokemence útvonal 3,1%-ot ért el a világ acéltermelésében. A két utóbbi technológiai vertikum részesedése azonban egymástól egyértelműen ma még nem különíthető el, mert a kizárólag vasszivacsból acélhulladék nélkül gyártott elektroacél mennyisége napjainkban még nem számottevő.

Az acélgyártási technológiák részesedését a világ acéltermelésében a 2. ábra [1] szemlélteti. Eszerint a növekvő (az ezredfordulóra 1250 Mt-ra prognosztizált) acéltermelésben az oxigénes konverteres acélgyártás marad uralkodó 50 – 52%-os részesedéssel úgy, hogy közben az alsó fuvatású konverterekben gyártott acél mennyisége a felső fuvatásúakban gyártott mennyiség rovására jelentősen növekszik. A világ acéltermelésének másik felét az elektroacélgyártás és az SM-acélgyártás fogja képviselni, az elektroacél mennyiségének



2. ábra. A világ acéltermelésének megoszlása előállítási technológiák szerint az idő függvényében



3. ábra. Vasmetallurgiai technológiák %-os részesevés az acéltermelésben

és részesevésének nagymértékű növekedése, s az SM-acél ezzel arányos mennyiségi és részesevésési csökkenése mellett. 2000-ig, a gyakorlatban jelentős, alapvetően új vasmetallurgiai technológiával nem számolhatunk.

Hazánk vasmetallurgiai vertikumának technológiai szerkezete — mindenek előtt az acélmetallurgiai fázist tekintve — ma még jelentős elmaradást mutat a világhelyzethez képest. Pillanatnyilag oxigénes konverteres acélgéártással nem rendelkezünk, s így az acélnyersvas teljes mennyiségét — amint azt a 3.ábra szemlélteti — SM-acélgéártással dolgozzuk fel acéllá, s ez összacéltermelésünk 93,2%-át képviseli.

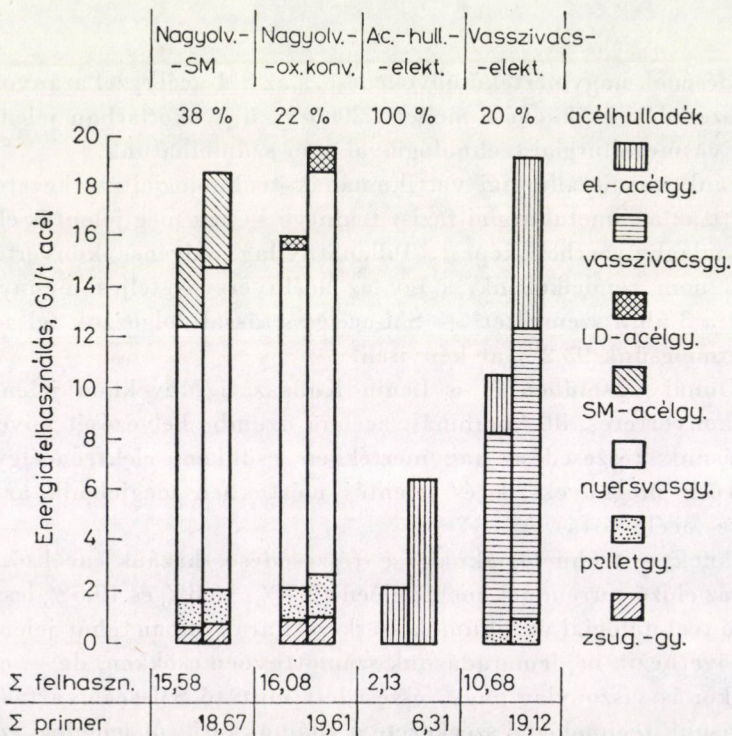
A Dunai Vasműben és a Lenin Kohászati Művekben jelenleg épülő oxigénes konverteres, ill. kombinált acélmű üzembe helyezését követően SM-acélgéártásunk részesevés nagymértékben csökken, elektroacélgéártásunk számottevően megnövekszik és jelentős mértékben megjelenik az oxigénes konverteres acélgéártás.

Ezeknek a technológiáknak a részesevés hazánk acéltermelésében 1990-ben az előző sorrendnek megfelelően 42,7%, 16,8% és 40,5% lesz. A hazai acélgéártó technológiai vertikumok szerkezeti arányaiban tehát jelentős előrehaladás következik be, lemaradásunk számottevően csökken, de — elsősorban a még akkor is viszonylag nagy részesevést mutató SM-acélgéártás miatt — acélgéártásunk technológiai szerkezete a világ akkori, sőt jelenlegi színvonalához képest 1990-ben sem lesz korszerűnek mondható.

A vasmetallurgia energetikai helyzete

A vasmetallurgia technológiai vertikumának fejlettsége — a rendelkezésre álló betétanyagok minőségével együtt — természetesen meghatározza a folyamat energiaszükségletét, s így az 1 t acél előállítására felhasznált energiamennyiséget is. A világ 1979. évi 745,3 Mt acéltermelésének összes primerenergiafelhasználása 12,55 EJ (16,84 GJ/t), amely a világ 337 EJ primerenergia fogyasztásának 3,72%-a. Ennek az energiafelhasználásnak az alakulása a különböző technológiai útvonalak szerint — s így országok szerint is — nemcsak azért érdemel különös figyelmet, mert a vasmetallurgia közismerten sok energiát fogyaszt, (egy komplett vaskohászati üzem energiafogyasztásának 65 ÷ 70%-át), hanem azért is, mert a felhasznált energiahordozók zöme egyre növekvő értékű, nemes, s többnyire import forrású tüzelőanyag.

Az energiafelhasználással foglalkozó közlemények [2]—[7] figyelembevételével világviszonylatban jelenleg átlagosnak tekinthető fajlagos energiafogyasztás alakulását a különböző vasmetallurgiai technológiákra vonatkoztatva a 4. ábra szemlélteti. Ezek, és a további energiafelhasználási adatok a nagyolvasztó torokgázának teljes hasznosítását tételezik fel, figyelembe veszik



4. ábra. Vasmetallurgiai technológiák energiafelhasználása, GJ/t acél

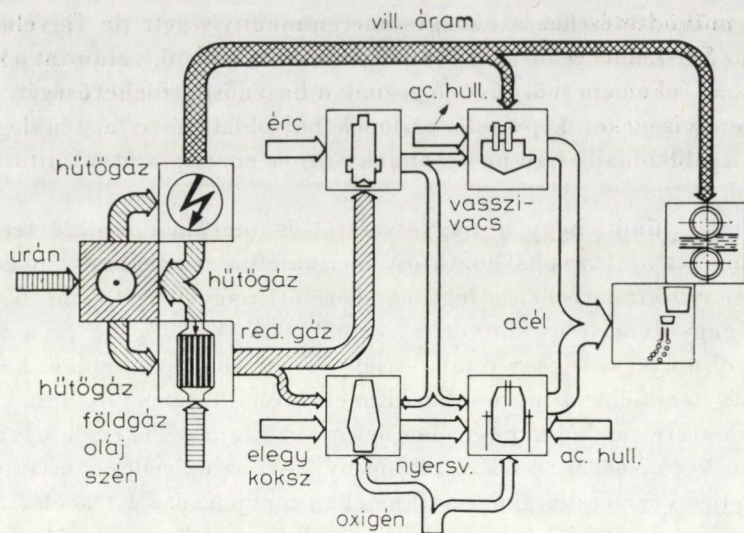
az üzem működtetéséhez szükséges energiamennyiséget, de figyelmen kívül hagyják az SM-kemence füstgázának regenerátort követő, valamint a konverter gáznak és az ívkemencéből távozó gáznak a hasznosítási lehetőségét. Az ábrán energiamennyiségeket képviselő oszlopok bal oldali része a ténylegesen felhasznált, a jobb oldali része pedig annak primer energiára átszámított értékeit tünteti fel.

Szembe tűnik, hogy a nagyolvasztót is magában foglaló technológiai vertikumok 1 t acélra vonatkoztatott energiafelhasználásában a nyersvas előállítás igényli kimagaslóan a legtöbb energiát (nagyolvasztó-SM: 68,87%, ill. 68,61%; nagyolvasztó-ox.konverter: 84,02%, ill. 82,20%), s ez a részesedés — a nagyobb nyersvasigény miatt — lényegesen több az oxigénes konverteres acélgégyártás technológiai útvonalán. Ennek következtében — annak ellenére, hogy a konverter az SM-kemencében jelentkező fajlagos energiafogyasztásnak csak töredékét (7-ed, ill. 4-ed részét) igényli —, az oxigénes konverteres acélgégyártás teljes vasmetallurgiai vertikumában megjelenő, s 1 t acélra vonatkoztatott energiafogyasztás — ha csekély mértékben is, de — általában nagyobb, mint a nagyolvasztó-SM-acélgégyártás technológiai útvonal fajlagos energiafogyasztása. Nem szabad azonban figyelmen kívül hagyni, hogy az oxigénes konverteres acélgégyártás — az SM-acélgégyártáshoz képest — lényegesen kevesebb acélhulladékot használ fel azonos acélmennyiség előállítására, s ezzel lehetővé teszi a legkisebb energiaigényű elektroacélgégyártás növelését, azaz az adott ország teljes acéltermelésére vonatkoztatott fajlagos energiafogyasztás csökkenését.

Jól látható ugyanis, hogy az acélhulladékból gyártott elektroacél igényli a legkevesebb energiát, ami természetesen abból fakad, hogy az ércelőkészítés és a nyersvasgyártás kimarad ebből a technológiai folyamatból. Az energiaárak gyors növekedése miatt tehát egyre szükségesebbé válik, hogy a lehető legtöbb acélhulladék felhasználása érdekében, a gyenge minőségű acélhulladékok előkészítésére szolgáló módszereket tökéletesítsék, illetve a jelenleg még gazdaságosan fel nem használható acélhulladékok előkészítésére eljárásokat dolgozzanak ki.

A vasszivacs felhasználásával történő elektroacélgégyártás energiafogyasztása a vasszivacs-előállítás és a hozzátartozó pelletezés energiaszükségletével növekszik. Ha az értékeket primer energiában vizsgáljuk, ennek a technológiai folyamatnak a fajlagos energiafelhasználása gyakorlatilag megegyezik a nagyolvasztó-SM, ill. a nagyolvasztó-ox.konverter technológiai folyamat energiafogyasztásával.

A ténylegesen felhasznált energiamennyiség szem előtt tartásával a vasszivacs-elektroacél technológiai út sokkal kedvezőbb. Ezen belül a vasszivacs-gégyártás energiaigénye kisebb mint a nyersvasgyártásé, de figyelembe kell venni, hogy a vasszivacs sokkal jobb vasércet igényel, s a kapott termék nem folyékony, hanem szilárd állapotban jelenik meg.



5. ábra. Atomenergia felhasználása a vasmetallurgiában

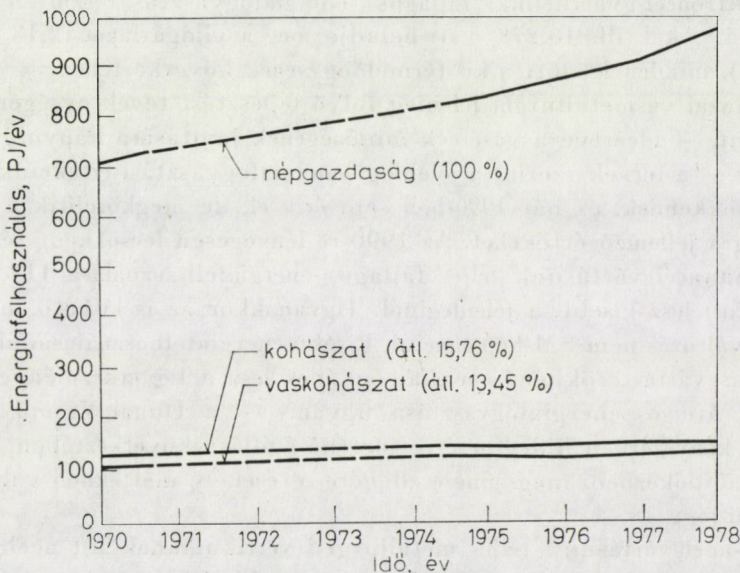
A villamos-energiaelőállítás jelenlegi rossz hatásfokának (32%) javítása jelentősen csökkentené a folyamat energiaigényét. Továbbá, ha rendelkezésre állna olyan eljárás a vasszivacs megolvasztására, melyben a hőt nem kell villamos energiává, majd ismét hővé alakítani, az összes energiafogyasztás lényegesen kevesebb lenne.

Az atomerőművekből származó energia mennyiségének állandó növekedése valószínűleg a jövőben elősegíti az elektrokemencéken keresztül vezet technológiai vertikumok fejlődését. Atomenergia felhasználásával működő vasmetallurgiai kombinát lehetséges sematikus képét szemlélteti az 5. ábra [8]. Látható, hogy a nagyhőmérsékletű reaktorból származó folyamathő nemcsak a villamos energia előállításának céljait szolgálja, hanem egy része közvetlenül felhasználható a vasszivacsgyártáshoz, sőt a nyersvasgyártáshoz szükséges redukálógáz szénhidrogénekből vagy szénből történő előállítási hőszükségletének biztosítására.

Ahhoz azonban, hogy az atomenergia jelentős helyet foglaljon el a vasmetallurgiában, arra volna szükség, hogy a jelenlegi atomerőmű-rendszereket — melyek az ércben levő hasadóképes anyagoknak csak mintegy 0,75%-át hasznosítják —, ún. szaporító reaktortípusok váltsák fel, amelyek anyaghasznosítása várhatóan 50–70%. Az ilyen reaktorok kifejlesztése azonban ma még nem tekinthető minden szempontból megoldottnak, s így legkorábban 1990–1995-ben szülehetnek versenyképes szaporító reaktortípusok. Ebből következően atomreaktorokból származó hő- és villamos energia felhasználása 2005-ig nem lesz jelentős és valószínűleg csak 2025-ben válik gazdaságossá a vasmetallurgiában.

A hidrogén, a napenergia, a geotermikus energia a vasmetallurgia számára 2005-ig szintén kis jelentőségű lesz. A 2005-ig várható energiamegtakarítás nagyobb része a tökéletesebb betétanyagelőkészítésből, az elavult berendezések kiváltásából, a hulladék nagyobb mértékű hasznosításából, kisebb része pedig az eljárások tökéletesítéséből fog származni. Ezekből eredően 2005-ben a várható energiafogyasztás a nagyolvasztó-ox.konverter technológiai vertikumban a jelenleginek 85%-a, az acélhulladék-elektroacél gyártási folyamatban a jelenleginek 84%-a, míg a visszavacselektroacél technológiai útvonalon a jelenleginek 76%-a lesz [9].

Hazánk közismerten a korlátozott energiakészletekkel rendelkező országok sorába tartozik, így a hazai vasmetallurgiai fázis energiafogyasztásának alakulása természetesen megkülönböztetett figyelmet igényel. Az 1 főre vonatkoztatott, biztosított fosszilis energiahordozó készletünk (3,3TJ) csupán 54,1%-a a föld egészére vonatkoztatott ugyanezen értelmű energiamennyiségnek (6,1 TJ), melyen belül 2,8 TJ a szén, 0,1 TJ a kőolaj és 0,4 TJ a földgáz által képviselt, 1 főre jutó energiakészletünk [10]. Az ennek következtében gyengén közepesnek minősíthető energiaellátottságunk — nem beszélve a minőségi hiányokról (pl. a kokszolható szénkészlet csekély mennyisége) — az energiaimportjának növekedését vonta maga után, melynek részesedése az energiaszükségletünkben jelenleg 55% (ezen belül kb. 70% szénhidrogén, 20% szilárd energiahordozó és 10% villamos energia). Vaskohászatunk energiafelhasználásának import hányada ettől lényegesen nagyobb.



6. ábra. A magyar népgazdaság, a kohászat és a vaskohászat energiafelhasználásának változása az idő függvényében

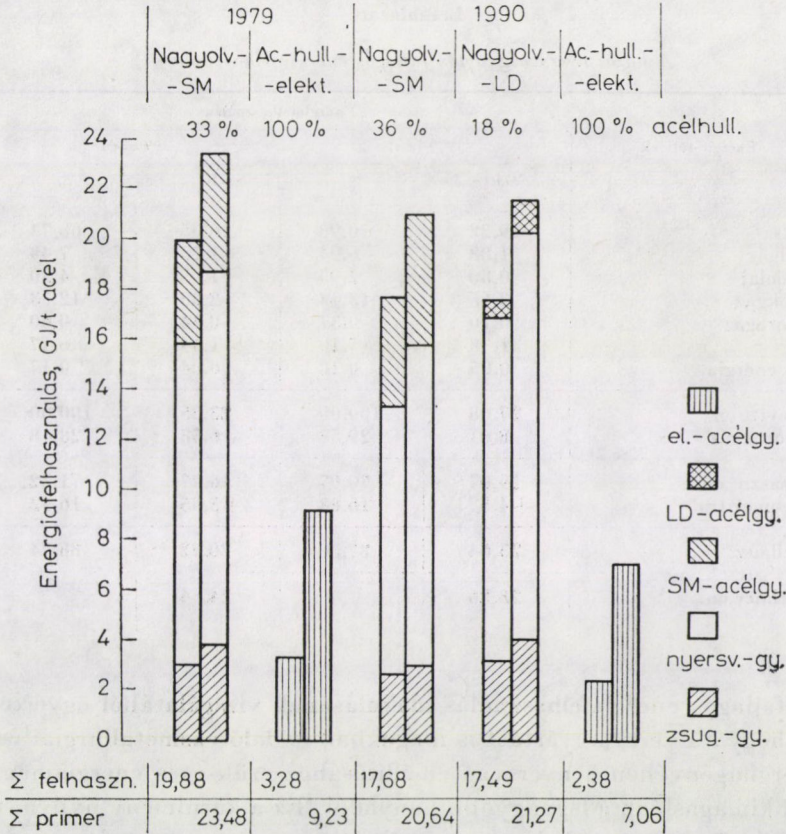
A népgazdaság saját forrásból és importból származó, közvetlen felhasználásra kerülő energiamennyiségének és ezen belül a kohászat, valamint a vaskohászat energiafelhasználásának az elmúlt évtizedben történő változását a 6. ábra mutatja. Látható, hogy a népgazdaságban 1978-ban felhasznált 970,45 PJ energiából a kohászat 144,15 PJ-t, vagyis 14,85%-ot, a vaskohászat pedig 122,22 PJ-t, azaz 12,59%-ot fogyasztott el. Vaskohászatunk részesedése az ország energiafogyasztásában — folyamatos csökkenése ellenére — nagy. Az NSZK acélipara például 9,2%-át használta fel az ország energiafogyasztásának 1979-ben annak ellenére, hogy az 1 főre vonatkoztatott acéltermelés is sokkal több, mint hazánkban. A vizsgált időszak átlagában kifejezve az országos összenergiafogyasztásnak számottevő részét, vagyis 15,76%-át a kohászat, s csak valamivel kevesebbet 13,45%-át a vaskohászat használta fel, melyből vaskohászatunknak az egész kohászati iparunk energiafogyasztásában mutatott igen nagy (85,34%-os) részesedése is megnyilvánul.

Vasmetallurgiánk — előzőekben vázolt — technológiai helyzete, valamint nyersvasgyártásunk rendkívül rossz betétanyagai, a metallurgiai vertikum nagy fajlagos energiafelhasználásában is megjelenik. A 7. ábra technológiai útvonalanként ábrázolja az 1 t acélra vonatkoztatott energiafogyasztást az elmúlt évre és várhatóan 1990-re érvényesen. Ebből kiderül, hogy SM-acélgyártásunk a teljes metallurgiai vertikumban jelenleg 19,88 GJ-t (primer energiában 23,48 GJ-t) fogyaszt 1 t acél előállításához, vagyis 27,6%-kal (primer energiában 25,76%-kal) többet, mint a világátlagnak tekinthető 15,85 GJ (ill. 18,67 GJ).

Elektroacél-gyártásunk fajlagos energiafogyasztása szintén nagyon nagy, s 54,0%-kal (ill. 46,27%-kal) haladja meg a világátlagot (2,13 GJ/t, ill. 6,31 GJ/t), mindenek előtt a kis termelőegységek következtében.

A hazai vasmetallurgia jelenleg folyó fejlesztési tevékenységének eredményeként, — ideértve a vasérc minőségének javítására irányuló erőfeszítéseket is — a tervek szerint a jelenlegi energiafogyasztási értékeink számottevően csökkennek, és bár 1990-ben sem érik el, de megközelítik a jelenlegi világátlagra jellemző értékeket. Az 1990-re lényegesen lecsökkent részesedést mutató SM-acélgyártásunk teljes fajlagos energiafelhasználása 11%-kal (ill. 11,24%-kal) lesz kisebb a jelenleginél. Ugyanakkor az is látható, hogy ez a kedvező változás nem SM-kemencéink kisebb energiafelhasználásának, hanem a nyersvasgyártás csökkenő energiaigényének lesz a következménye. SM-kemencéink átlagos energiafogyasztása ugyanis — a Dunai Vasmű SM-acélművének kényszerűen hideg betétre történő átállása következtében, a csepeli SM-acélmű időközbeni megszűnése ellenére — csekély mértékben valószínűleg növekedni fog.

LD-acélgyártásunk teljes metallurgiai vertikumának 1 t acélra vonatkoztatott energiafelhasználása — a konverter sokkal kisebb, lényegében csak oxigénfogyasztásra korlátozódó energiaigénye, s a nagyobb fajlagos nyers-



7. ábra. Hazai vasmetallurgiai technológiák energiafelhasználása, GJ/t acél

vasigény miatt megnövekvő energiaszükséglet eredőjeként — gyakorlatilag meg fog egyezni, az SM-acélgyártás teljes fajlagos energiafelhasználásával. Ugyanakkor szem előtt kell tartani, hogy az oxigénes konverteres acélgyártás — az SM-acélgyártáshoz képest — lényegesen kisebb fajlagos acélhulladék-fogyasztása következtében közvetve elősegíti a legkisebb energiaigényű elektroacélgyártás kapacitásának bővítését, s ezzel a hazai összes acéltermelés fajlagos energiafelhasználásának csökkenését. De természetesen lehetőséget ad az SM-kemencék nagyobb arányú acélhulladékfelhasználására is.

A még akkor is túlságosan sok energiát fogyasztó nyersvasgyártásunk következtében LD-acélgyártásunk teljes metallurgiai vertikumának fajlagos energiafelhasználása még 1990-ben is 9,95%-kal lesz nagyobb, mint a jelenlegi világátlag.

Elektroacél-gyártásunk fajlagos energiaszükségletének csökkenése alapvetően ívkemence-parkunk korszerűsítésével, bővítésével, s részben az üstmetallurgia megjelenésével lesz kapcsolatos.

1. táblázat

A hazai nyersvasgyártás fajlagos energiafelhasználása

Energia-tételek	Energiafelhasználás			
	1979-ben		1990-ben	
	GJ/t	%	GJ/t	%
Koksz	19,22	70,98	16,05	68,74
Földgáz	1,88	6,94	1,75	7,49
Fűtőolaj	0,80	2,95	1,05	4,50
Torokgáz	3,65	13,48	2,88	12,33
Kamragáz	0,10	0,37	0,14	0,60
Gőz	1,38	5,10	1,44	6,17
Vill. energia	0,05	0,18	0,04	0,17
Σ bevitt en.	27,08	100,00	23,35	100,00
– torokgáz	–8,01	29,58	–6,58	28,18
Felhaszn. en.	19,07	70,07	16,77	71,82
+ zsugoritm.	+4,57	16,88	+3,95	16,92
Σ felhaszn. en.	23,64	87,30	20,72	88,74
Σ primer en.	28,26	—	24,54	—

A fajlagos energiafelhasználás alakulásának vizsgálatából egyértelműen kiderül, hogy a nyersvasgyártást is magukban foglaló vasmetallurgiai vertikumok energiaigényében a nyersvas előállításához szükséges energiamennyiség képviseli kimagaslóan a legnagyobb hányadot. Ez a körülmény nyilvánvalóan és egyértelműen arra utal, hogy az acélgártás teljes energiafogyasztásának csökkentésére irányuló törekvésekben, a nyersvaselőállítás energiaszükségletének csökkentése a fő feladat.

Az 1. táblázat tanúsága szerint nyersvasgyártásunk összes fajlagos energiafogyasztása jelenleg 23,64 GJ (primer energiában 28,26 GJ), mely a világon átlagosan elért 18,70 GJ-hoz viszonyítva 26,42%-kal több. Az energia-tételek részesedését megvizsgálva kitűnik, hogy a nagyolvasztóba bevitt fajlagos energiamennyiség messze legnagyobb hányadát — jelenleg 70,98%-át — a koksz képviseli, mely mostani adottságaink mellett 685 kg-ot jelent 1 t nyersvasra vonatkoztatva. A fajlagos kokszfogyasztás világátlagban 530 kg körül mozog, de léteznek 400 kg/t nyersvas kokszfogyasztással dolgozó nagyolvasztóművek is. Nyersvasgyártásunk koksz-szükségletének mind emellett 2/3-át, vagyis évente közel 1 Mt-t importálnunk kell, s bár ez a kokszmennyiség nagyobb részben szocialista országokból származik, a pillanatnyilag 180 dollár-os, ill. 5120 Ft-os tonnánkénti ár jelentős tényezője külkereskedelmi kiadásainknak. A túlzott energiafogyasztás kisebbik hányadát nagyolvasztóink kétségtelen technológiai elmaradottsága — mint pl. a felhasznált levegő nem kielégítő hőmérséklete, a nagytoroknyomás csaknem teljes hiánya, néhány

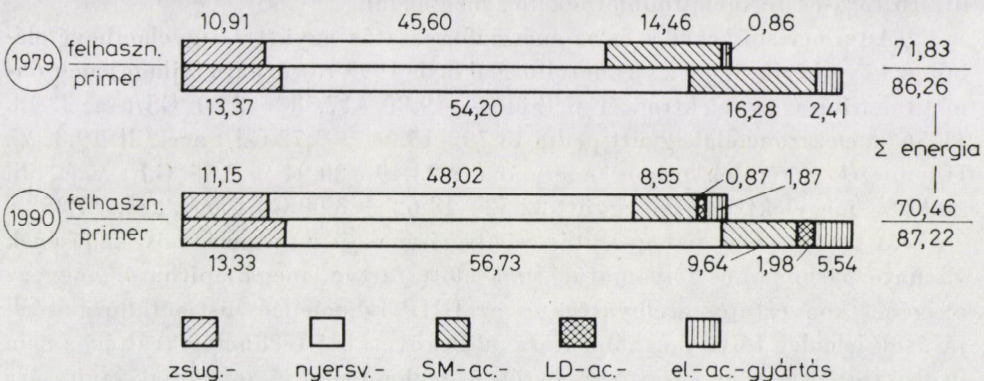
nagyolvasztóink elavultsága, felszereltségének, szabályozásának hiányossága, betétanyagainak porossága, stb. — indokolja. Az energiafogyasztás többletének nagyobbik hányadát azonban a rendkívül rossz betétanyagviszonyok okozzák. Nagyolvasztóink 1 t elegy kohósításából 440 kg nyersvasat, a Szovjetunió 550 kg-ot, Japán és a Német Szövetségi Köztársaság 600 kg-ot állíthat elő. Minden tonna nyersvas mellett 850 kg salakot kénytelenek a hazai nagyolvasztók megolvasztani. Ugyanez a tétel a Szovjetunióban 400—450 kg, Japánban és a Német Szövetségi Köztársaságban 300—350 kg.

A vasban dúsabb ércек feldolgozására irányuló törekvés létjogosultsága tehát igen nagy, mely egyfelől az ércdúsítás megvalósítását, másfelől jóminőségű ércек beszerzését kell, hogy eredményezze.

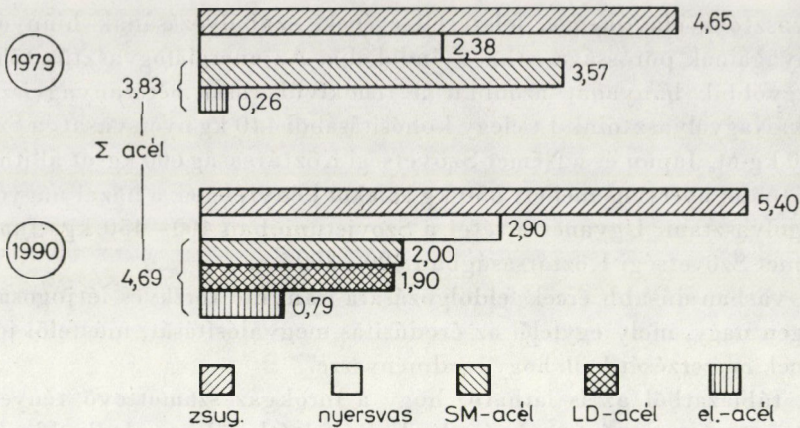
A táblázatból az is látható, hogy a torokgáz számottevő tényezője a nyersvasgyártás energiaforgalmának. Ezért feltétlenül meg kell oldani veszteségmentes felhasználását, mely ma még csak 75–80%-ban teljesül. Nyersvasgyártásunk 1990-re várható fajlagos energiafogyasztása — bár láthatóan jelentősen csökken — de sajnos nem fogja elérni a jelenlegi világlátnak megfelelő értéket. A fajlagos kokszfogyasztás a jelen ismereteink szerint 10 év múlva is még 572 kg lesz.

Ezért az 1990-re tervezett elegykihozatal, mely 750 kg salakot jelent 1 t nyersvasra, mind technológiai, mind gazdaságossági szempontból felülvizsgálatra szorul.

Az 1 t acélra vonatkoztatott, s az előzőekben vázolt módon csökkenő energiafogyasztás eredményeként hazánk vasmetallurgiai vertikumának összes energiafelhasználása — az acéltermelés jelentős növekedése ellenére — gyakorlatilag változatlan marad. A 8. ábrán feltüntetett adatok szerint 1979-ben a vasmetallurgiai fázis 71,83 PJ energiát (86,26 PJ primer energiát) használt fel, melynek legnagyobb hányadát természetesen a nyersvasgyártás, legkisebb hányadát pedig az elektroacélgyártás igényelte. 1990-ben a várható összes



8. ábra. A hazai vasmetallurgia energiafelhasználása, PJ/év



9. ábra. A hazai vasmetallurgia termelése, Mt/év

energiafogyasztás csaknem pontosan megegyezik a jelenlegivel, de az acélgyártó fázis energiafelhasználásában és annak szerkezeti összetételében — az LD-acélgyártás megjelenése következtében — kedvező változás jön létre. A nyersvasgyártás energiaigénye — a fajlagos energiafogyasztás csökkenése ellenére, növekvő mennyisége következtében — nagyobb hányadát fogja képviselni a vasmetallurgia vertikum teljes energiaszükségletének, mint jelenleg.

A 10 év múlva is gyakorlatilag változatlan energiafelhasználás mellett, a hazai vasmetallurgiai termelés jelentősen növekszik. Amint arról a 9. ábra tájékoztat, a jelenlegi 3,83 Mt acéltermelésünk 3,57 Mt SM-acélt és 0,26 Mt elektroacélt foglal magában.

1990-ben várható 2,0 Mt SM-, 1,9 Mt LD- és 0,79 Mt elektro-, azaz összesen 4,69 Mt acéltermelésünk, a a jelenlegihez képest 22,45%-os növekedést fog jelenteni. Ez természetesen a nyersvastermelés és az ahhoz tartozó zsugorítványtermelés növelésének szükségességét is maga után vonja, ami 21,85%-os, ill. 16,13%-os termeléstöbbletnak fog megfelelni.

A termelésnövekedés és az energiafogyasztás együttes figyelembevételéből az következik, hogy a vasmetallurgiai fázis 1990-re várható fajlagos energiamegtakarítása — elektroacél nélkül — $19,88 - 17,58 = 2,30$ GJ/t acél, ill. 11,56%, elektroacéllal együtt pedig $18,76 - 15,04 = 3,72$ GJ/t acél, ill. 19,82%. Ugyanezek a tételek primer energiában: $23,49 - 20,94 = 2,55$ GJ/t acél, ill. 10,86%, míg elektroacéllal együtt $22,52 - 18,62 = 3,90$ GJ/t acél, azaz 17,35%.

A fajlagos energiafogyasztás csökkenésének és a termelés növekedésének várható párhuzamos folyamatát szem előtt tartva, megállapítható, hogy az oxigénes konverteres acélgyártás és az UHP ívkemencés üstmetallurgias eljárások jelenleg folyó meghonosításával bekövetkező technológiaváltás, s nem utolsósorban a nyersvasgyártás betét- és technológiai viszonyainak javítására irányuló törekvés, a hazai vasmetallurgia fejlesztésének helyes irányát tá-

masztja alá. A vonatkozó fejlesztési tervek fokozatos megvalósulásának eredményeként — ha vasmetallurgiánk mintegy másfél-két évtizedes lemaradását nem is tudjuk az elkövetkező 10 évben megszüntetni — jelentős előrehaladást fogunk elérni a jelenlegi nemzetközi színvonal megközelítésében, miközben acélermelésünket úgy tudjuk fokozni, hogy a felhasznált energiamennyiség részesedése a népgazdaság energiafogyasztásában számottevően csökken.

IRODALOM

1. GOMBÁS L.: Alapvető szempontok az acélermelés fejlesztésére. *BKL, Kohászat* 12. (1979) 535—543
2. FROST, P. D. and co.: Energy consumption in the primary production of metals. *Iron and Steel Engineer* (1979) April, 50—56
3. BARNES, R. S.: Der gegenwärtige Stand der Technologie der Eisen- und Stahlerzeugung. *Stahl und Eisen* (1974), 1077—1084
4. BARNES, R. S.: The current state of iron and steel technology. *Ironmaking and Steelmaking* (1975), 82—88
5. THORNTON, D. S.—WILLIAMS, D. J. T.: Effect of raw materials for steelmaking on energy requirements. *Ironmaking and Steelmaking*, (1975) 241—247
6. BARNES, R. S.: The role of nuclear steelmaking. *Ironmaking and Steelmaking* (1975) 271—278
7. FRIED, R.—STROHSCHNEIN, H.: Die Energiewirtschaft der Stahlindustrie in der geänderten Versorgungslage. *Stahl und Eisen* (1975) 85—90
8. FRIEDL, R.—PÖTTKEN, H. G.—RISSE, W.: Die Energiewirtschaft der Stahlindustrie der Bundesrepublik Deutschland im Einflussbereich der Weltenergiewirtschaft. *Stahl und Eisen* (1973) 920—927
9. WINZER, G.—REICHENSTEIN, E.: Technologie der Eisen- und Stahlerzeugung in den Jahren 1975 bis 2005 — Bericht über eine Studie der Hamersley Iron Pty. Ltd. (Australien). *Stahl und Eisen* (1978) 1119—1126
10. LÉVAI A.: Energetikai kilátások Magyarországon az ezredforduló táján. *Ipargazdaság* (1978) dec., p. 6—10

KORREFERÁTUM

HORVÁTH JÁNOS

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

FARKAS Ottó elhangzott előadásában kiemelte azt a tényt, hogy hazánkban az acélgyártás fajlagos összes energia-igénye elsősorban azért alakul kedvezőtlenül, mivel a nyersvas-gyártásnál nagy a fajlagos energiaszükséglet.

Ennek alapvető okát az alapanyagok kedvezőtlen összetételében látjuk. A jelenleg túlnyomó hányadban használt krivoj-rogi aglohematit érc szitafrakciónkénti vegyelemzésének áttekintése problémáinkra egyértelműen rávilágít.

Elég, ha csak annak a ténynek az említése, hogy az agloérc 30%-ban tartalmaz 6,3 mm feletti frakciókat. A térfogatsúly sem állandó, hiszen az egyes frakciók Fe és SiO_2 tartalma is változó. Példaként említhető, hogy míg a 0,50–0,63 mm-es frakció Fe-tartalma egyes esetekben 63,5%-os értéket is elér 6,8% SiO_2 tartalom mellett, addig a 8–12,5 mm-es frakciójú érc Fe tartalma csak 44–45%, de a SiO_2 tartalma már 29,5–30,6%. Nem szólva a zsugorítvány-gyártás nehézségeiről ilyen minőségű alapvető elegyalkotó esetében. Érzékelhető a nyersvas-gyártásra gyakorolt kedvezőtlen hatása: 1978–79-ben országos szinten az elegykihozatal 44% alatt maradt, a fajlagos kokszfogyasztás pedig 1978-ban 655 kg száraz kokszt volt 1 tonna nyersvasra, amelyet 1979-ben 646 kg/tonnára tudtunk csökkenteni.

Az utóbbi évtizedek rohamos technológiai fejlődése világviszonylatban a nyersvasgyártás területén is megmutatkozott. A végrehajtott számos változtatás a termelés növelése mellett elsősorban a fajlagos kokszfogyasztás csökkentésére irányult. Leghatékonyabb módszerek az elegykészítés javítása mutatkozott, azaz a vashan dús ércek alkalmazása, a bányászott ércek egyre mélyebb dúsítása. Hazai viszonylatban is elsősorban ezen a téren kell intézkedéseket foganatosítani.

A kedvezőbb elegy alkalmazása mellett a technológia fejlesztése a következő irányokban történt:

— a forrószél-hőmérséklet növelése, amely napjainkban a korszerű nagyolvasztóknál 1500 K;

— kokszt helyettesítő energiahordozók befúvatása a fúvósíkba, melyek közül leginkább elterjedt a szénhidrogének alkalmazása,

— a fűvósél oxigénnel való dúsítása a szénhidrogének befűvatható mennyiségének növelése és a nagyolvasztók teljesítményének növelése céljából,

— a toroknyomás növelése, egyenletesebb járat biztosítása, az indirekt redukció mértékének növelése céljából.

A fejlettebb technológia alkalmazása terén is elmaradásban van vas-kohászatunk. 1979-ben az alkalmazott forrószél hőmérséklete kereken 1200 K volt, azaz az elmaradásunk 300 K. A világon elsők között alkalmaztuk a szénhidrogének befűvathatóságát, ugyanakkor ezek mennyiségét növelni nem tudjuk, mivel a mai napig sincs oxigént alkalmazó nagyolvasztó. Növelt toroknyomással mindössze egyetlen nagyolvasztónk dolgozik és a jövőben is csak egyénél tervezik alkalmazását.

A felhasznált ércek ferrumtartalom növelésének természetes határai vannak, de a gazdaságosan befűvatható szénhidrogén (esetleg szén, vagy kokszpor) mennyisége is korlátozott. Gyakorlati tapasztalatok alapján normál atmoszférikus levegő alkalmazása mellett 70 - 90 m³ földgáz, illetve ugyanennyi kg olaj fűvatható be 1 tonna nyersvasra vonatkoztatva.

A kokszolható szénkészlet erőteljes csökkenése, a kohókokszárok ugrás-szerű növekedése napjainkban az importra szoruló országokat abban is érdekeltté teszi, hogy termelési kapacitásaik kihasználása mellett ne csak a fajlagos kokszigényt csökkentsék, hanem a változatlan vagy növekvő nyersvasigényt a nagyolvasztókban időegység alatt eltűzelt — egyébként állandó — kokszmennyiség csökkentésével biztosítsák.

A fajlagos kokszszükségletet, az időegységre vonatkoztatott kokszigényt, a jövőben hagyományos módszerekkel tovább csökkenteni már alig lehetséges.

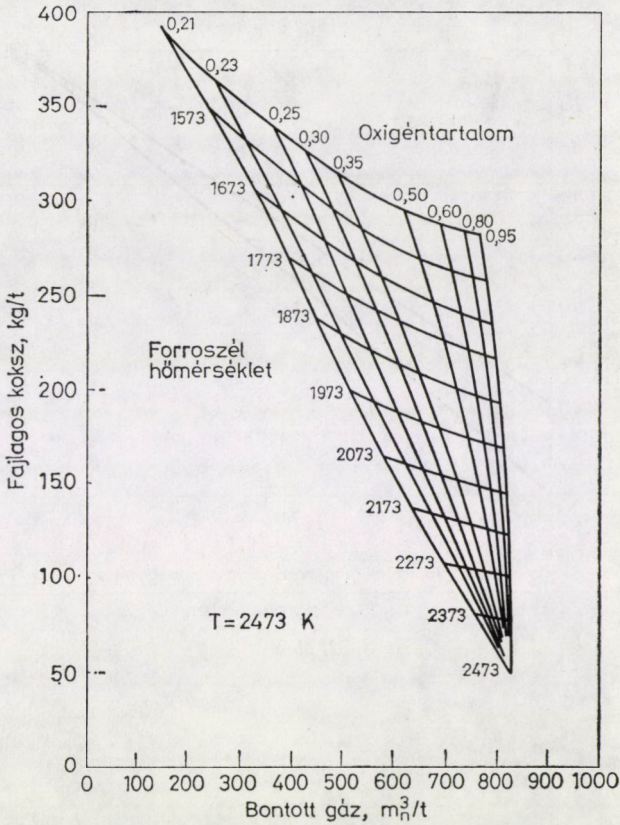
A nyersvasgyártás fenti célját illetően igen nagy reményekre jogosít az a technológia, amelynek lényege a forrószél oxigénes dúsítása és ezzel párhuzamosan a — szénhidrogének kohón kívüli bontásból származó, 1500 K-nál nagyobb hőmérsékletű — forró redukálógázok befűvathatósága a nagyolvasztó fűvósíkjába.

Elvégzett elméleti számításaink eredményeit az 1. ábra mutatja. Az égéshőmérséklet közel 2500 K.

A számításoknál igen jól előkészített, a korszerű lehetőségeket figyelembe vevő elegykihozatalt biztosító elegyből indultunk ki.

Kokszhelyettesítő anyagok felhasználása nélkül az elérhető maximális fajlagos kokszfogyasztás 530 kg/t az adott esetben.

Mint az ábrán látható, a forrószél és ezzel együtt a forró szénmonoxid- és hidrogéntartalmú gázok hőmérsékletének növelésével az elméleti égéshőmérséklet biztosító oxigéntartalom és a redukáló gázmennyiség függvényében a fajlagos kokszigény jelentősen csökkenthető. Az elméleti számítások szerint 1 m³ 1500 K hőmérsékletű gáz 0,31 kg kokszot helyettesít. (1 m³ hideg föld-



1. ábra

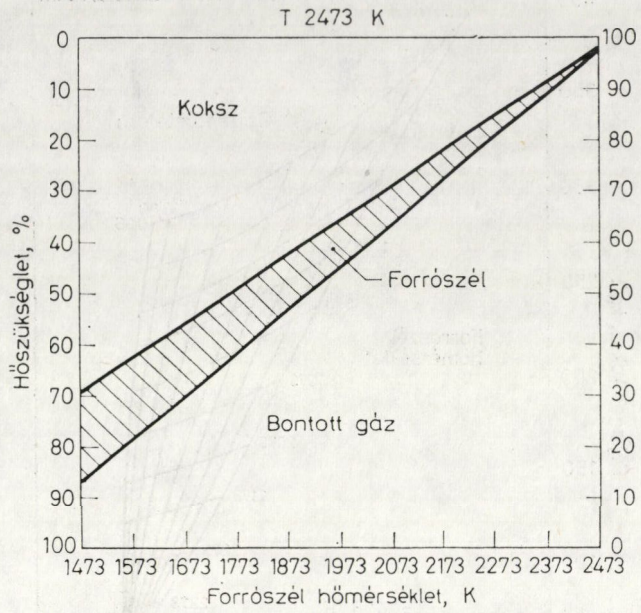
gáz befuvatása a gyakorlati adatok szerint 0,9 kg kocszot helyettesít.) Amennyiben 1 m³ földgázból 4 m³ redukálógázt állítunk elő, és előmelegítjük azt, a helyettesítési arány 30%-al növelhető.

A szakirodalom számos kísérletről számol be, ahol 1500 K körüli hőmérsékletű redukálógázt alkalmaztak. Az Egyesült Államokban és Japánban a Nippon Kokan cégnél kisméretű kísérleti kohóban végezték a vizsgálatokat. A szovjet, belga és brazil közlések szerint a hazai nagyolvasztók méretéhez hasonló kohókban már üzemszerűen is alkalmaztak forró redukálógázokat.

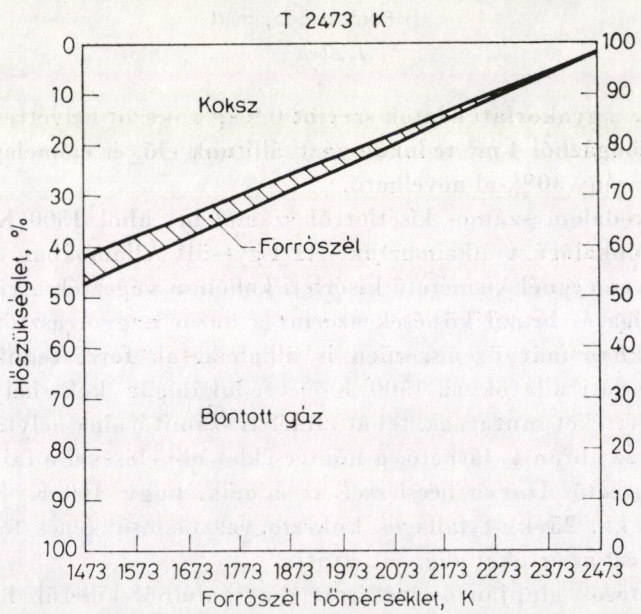
A gyakorlati adatok az 1500 K-os redukálógáz kocszhelyettesítésére 0,25 – 0,30 kg értéket mutatnak, tehát elméleti számításaink helytállóak.

Mint ez az ábrán is látható, a hőmérséklet növelésével a fajlagos kocszigény csökkenthető. Durva becsléssel az adódik, hogy 100 K hőmérséklet-növekedésnek kb. 25 kg/t fajlagos kocszfogyasztás-csökkenés felel meg. Az oxigéndúsítás ezt az értéket alig változtatja.

A számítások alapján összeállított diagrammból kiderül, hogy állandó elméleti égéshőmérsékleten és rögzített oxigénkoncentráció mellett létezik



2. ábra



3. ábra

olyan forrószél és ezzel azonos redukálógáz-hőmérséklet, amelynél a fajlagos kokszfogyasztás minimális. Ez a hőmérséklet mint kritikus érték közel azonos az elméleti égéshőmérséklettel.

A nyersvas felszenesítését és a metánképződés karbonigényét biztosító minimális kokszszükséglet, amennyiben a szénmonoxidot és hidrogént tartalmazó gázt az elméleti égéshőmérséklettel közel azonos hőmérsékleten fűjják a nagyolvasztóba, kb. 50 kg/t értékre csökkenthető. Hozzá kell tenni, — elméletileg. Ehhez fajlagosan 800 – 900 normálköbméter redukáló gáz szükséges.

A gyártás hőigényének alakulását, illetve annak biztosítását mutatja a 2. ábra. Az elméleti égéshőmérséklet állandó, a forrószél oxigéntartalma 21%. A hőmérséklet növelésével csaknem lineárisan csökken a koksszal biztosítandó hőszükséglet. 1500 K esetén az össz-hőszükséglet 65%-át biztosítja a kohókoksz. A 3. ábra ugyancsak a hőigény biztosításának megoszlását mutatja be 95% oxigéntartalmú technológiai oxigén alkalmazásával. Jól látható, hogy a ferrószél és redukálógáz hőmérsékletének függvényében a koksszal biztosítandó hőigény az előbbieken képest csökken, viszont a levegő illetve nitrogénmennyiség csökkenéséből adódó kieső hő többlet-gázmennyiséggel kell biztosítani.

A redukálógázok elméleti égéshőmérsékletre történő hevítése ma már nem utópia. A plazmatechnika alkalmazása, a földgáz plazmaégőben való bontása ezt lehetővé teszi. Erre irányuló kísérletekről hír formájában a svéd és belga szakirodalomban olvashattunk. Az elméleti égéshőmérséklet alkalmazásának előnye nemcsak a kokszigény jelentős csökkentésében rejlik, hanem abban is, hogy a helyettesítési arány elméletileg 0,31 kg/m³-ről 0,51 kg/m³-re növekszik.

Az elméleti számítások és a gyakorlati alkalmazása során nyert tapasztalatok szerint forró redukálógázok alkalmazásával a kohókoksz-szükséglet abszolút mennyisége is csökken, változatlan vagy növekvő nyersvastermelés mellett. Ennek mértéke a 30%-ot is elérheti.

Redukálógázok üzemszerű alkalmazásáról az elmúlt évtized második felében jelentek meg először részletesebb publikációk. Széleskörű ipari alkalmazás lehetőségéről a közelmúltban olvashattunk, nevezetesen az NSZK-ban vetették fel annak gondolatát, hogy a nagyolvasztók 50%-át állítanák át erre a technológiára.

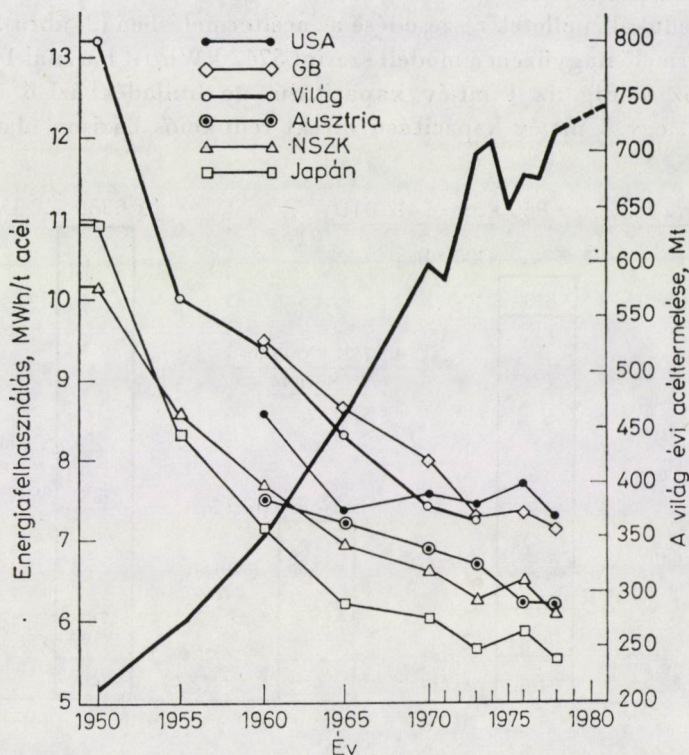
Hazai elméleti kutatásainkat az elmúlt évtized első éveiben fejeztük be. A Vasipari Kutató Intézet 1974. óta foglalkozott a redukálógáz előállításának problémájával. A szellemi erő rendelkezésre állt és feltételezhetően az anyagi eszközöket is biztosítani lehetett volna ahhoz, hogy a magyar vaskohászat ezen a területen is úttörővé váljék, mint ahogy tette azt a kokszhelyettesítő anyagok alkalmazásával több mint 20 évvel ezelőtt. A kutató munkát Intézetünk az elmúlt 6 év alatt is folytatta, és üzemszerűen kívánná folytatni. A kísérletek anyagi fedezete azonban napjainkban sem biztosított.

KORREFERÁTUM

RÉPÁSI GELLÉRT

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

Az utóbbi években a nemzetközi szakirodalom egyre inkább az 1 t acél, vagy hengereltárú előállításához szükséges nettó energiamennyiséget használja a vaskohászati iparág fajlagos energiafogyasztásának mérésére, illetve összehasonlítására. Ezek az adatok részben a vonatkoztatási alap különbözősége, részben a résztvevő energiafajták átszámítási faktorának eltérő volta miatt, — nem teljesen pontosak ugyan — mégis alkalmasak az iparág energiaigazgaldkodását meghatározó fő tényezők leolvasására. Az 1. ábrán látjuk például



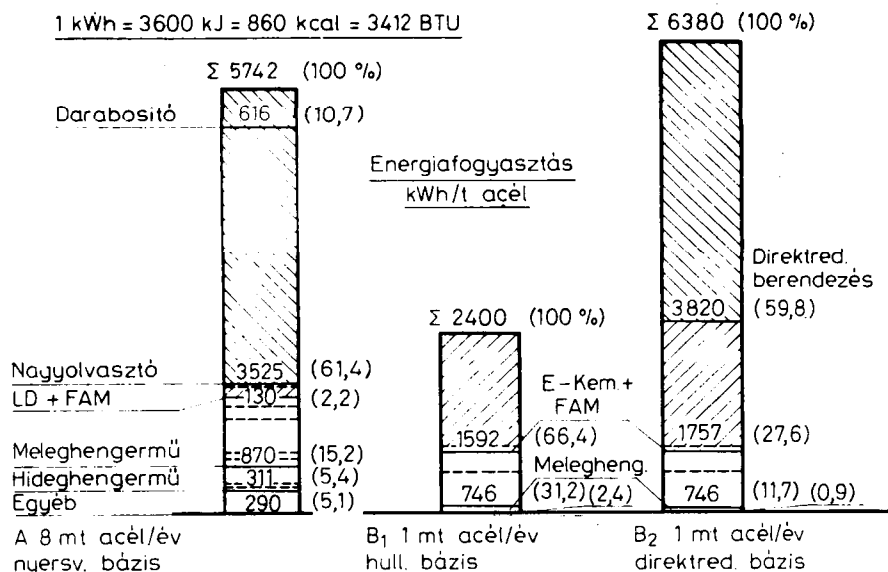
1. ábra

1950–1978 évek között a világra, köztük a legfontosabb nyugati acéltermelő országokra vonatkozó adatokat. Az 1 tonna nyersacél előállításához szükséges energia mennyiség 13,1 mWh/t értékről 8 mWh/t érték alá esett vissza, miközben az acéltermelés több, mint 3,5-szeresére nőtt. Az egyes országok között jelentős szórás tapasztalható. A fejlődés meghatározója a nyersvas- és acéltermelés egyre nagyobb termelőegységekben történő koncentrációja. Ezt kíséri egyrészt az alapanyagok egyre tökéletesebb előkészítése, valamint a magas hőmérsékletű metallurgiai reakciók intenzifikálása. Ez mutatkozik meg a kohászati salakok fajlagos mennyiségének csökkenésében, valamint az ipari oxigén felhasználásának rohamos növekedésében.

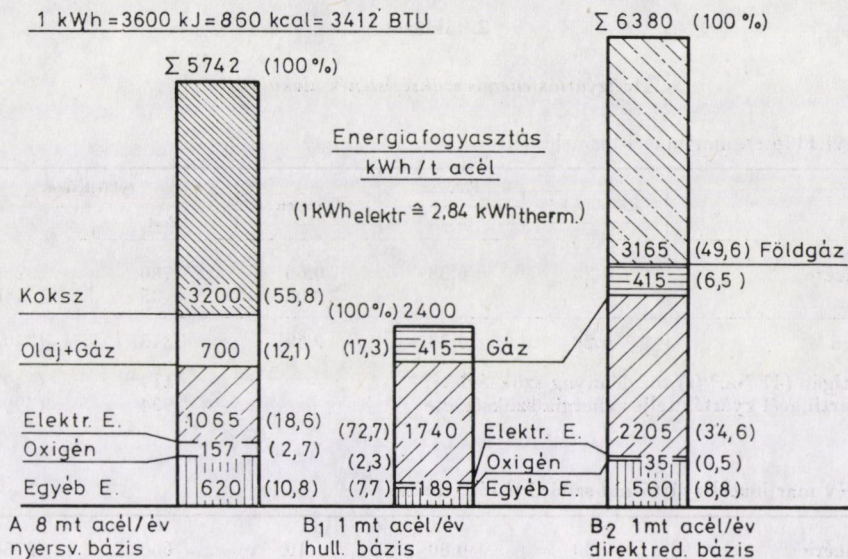
A különböző országok haladási iránya és sebessége is közel azonos, mégis a köztük levő különbségek az alaphelyzethez képest alig csökkentek. Ennek magyarázata éppen a termelés koncentrációjának mértékében ma is meglévő különbségekben rejlik.

Amíg Japán acéltermelésének döntő többségét néhány 8–10 mt-ás acélmű állítja elő, addig pl. az USA-ra, Angliára ma is a 2–3 mt-ás acélművek jellemzők.

A termelés koncentrációja mellett további meghatározó tényező az acélhulladék felhasználása, ill. ezek kiegészítésére egyre növekvő mértékben előállított, előredukált pelletek részesezése az acéltermelésben (2. ábra). Amíg egy évi 8 mt-t termelő nagyüzem a modell szerint 5742 kWh/t-t használ 1 tonna acél előállításához, addig az 1 mt/év kapacitású, de hulladékbázisú üzem csak 2400 kWh/t, egy 1 mt/év kapacitású direkt redukciós bázison alapuló üzem



2. ábra



3. ábra

pedig 6380 kWh/t. Ugyanakkor a 3. ábra szerint a nyersvasbázison alapuló acéltermelés energiaszükségletének 56%-a koksz, a hulladék bázison levőnek 73%-a elektromos energia, a direkt redukción alapuló termelésnek pedig 50%-a redukáló gáz.

Direkt redukció útján ma mintegy 16 mt betétet állítanak elő elektrokemencék számára. A várható gyors növekedést éppen energetikai okok magyarázzák: a direkt redukcióhoz nem szükséges koksz, azaz kőszén, hanem erre a célra jól felhasználhatók az alacsony fűtőértékű szenekből előállított redukáló gázok, valamint a koksztermelés gázai: a kamragázok is. Ez a fejlemény jelentős, és mindenütt megtalálható energetikai bázis-bővülést jelent a vaskohóipar számára.

Ezekből az adatokból hazánk vaskohóiparának fejlesztésére néhány fontos következtetés vonható le. Ezek:

1. A nyersvasbázison alapuló acéltermelés (konverterek) lehető legnagyobb mértékű koncentrálásának kívánalma. Ez a kohók számának csökkenése mellett azok elegyviszonyainak, technológiai módszereinek radikális megváltoztatását is jelenti. A nyersvasgyártásra fordítódik az ilyen bázison működő, ún. integrált kohóművek összes energiateljesítményének több, mint 60%-a. Mivel az oxigénátfúvatású konverterek képezik a nyersvas kémiai és fizikai energiájának legnagyobb hatásfokú kihasználását, a folyékony nyersvasat csak konverterekben volna szabad feldolgozni.

2. Növelni kellene a hulladékbázison történő acélgyártás részesedési arányát, a termelés nagy egységekbe, UHP kemencékbe való koncentrálásával egybekötve. Ez nemcsak az ívfenyes elektronkemencék számának, hanem azok

2. táblázat

Acélgyártás energiaszükségletének alakulása

1978. évi 1176 et. martinacél termelésnél:

	Kátrányolaj	Földgáz	Összesen	évi felhasznál.	
		Gcal/t		Tcal	(Tj)
Kemencére	0,28	0,38	0,66	780	(3260)
Egyéb	—	—	0,03	35	(146)
Összesen	0,28	0,38	0,69	815	(3406)
Oxigén (47 Nm ³ /t) tüzelőanyag szükséglete:				119*	(497)
martinacél gyártás teljes energia szükséglete				934	(3904)

600 et/év martinacél gyártásnál szilárd betét esetén:

Kemencére	0,30	0,80	1,10	660	(2759)
Egyéb	—	—	0,02	14	(58)
Összesen	0,30	0,80	1,12	674	(2817)
Különbőség a két gyártási eljárás között:				260	(1087)

Konverteres acélgyártásnál (1,1 mt/év)

	Gcal/t	Tcal	(Tj)
Hulladék előmelegítés (10 Nm ³ /t földgáz (350–370 kg/t, 500 C°-os előm.)	0,08	83	(388)
Oxigén (53 Nm ³ /t) tüzelőa. szükséglete	0,11	126*	(526)
Egyéb	0,02	—	—
Összesen	0,21	219	(914)
A konverter füstgáz hasznosításával elért tüzelő- anyag megtakarítás		330	(1379)

Összegezés

	Tcal	(Tj)
1978. év martinacél gyártásnál	934	(3904)
600 et. martinacél + 1.100 et. konverteracélnál	893	(3721)
megtakarítás az acélgyártásnál	41	(171)
megtakarítás konv. füstgázhasznosításnál	330	(1379)
Összes megtakarítás	371	(1550)

* 0,9 kWó/Nm³, 2400 kcal/kWó

fajlagos energiafogyasztásának radikális csökkenését is magával hozná. Az iv-fényes elektrokemencét hosszú évtizedeken át nemesacélgyártó berendezésnek tekintettük, és termelőkapacitásukat az ötvözött acélszükséglettől tettük függővé. Pedig már régen nem ezt a célt, hanem az acélhulladékok jelenleg leg-gazdaságosabb átolvasztását szolgálják. A „nemesítést” ma már kisebb anyag-és energia ráfordításokkal az üstmetallurgiai eljárások biztosítják.

A hulladékbázis bővítésének szükségessége vezetett a salakokban levő Fe-tartalom kinyerésére. A salakból kinyerhető Fe az acéltermelés 1 tonnájára vonatkoztatva kb. 2%-kal növeli a hulladékbázist, és kb. 1%-kal a jóminőségű érbázist. A Fe és az érc kinyerés mellett növeli a módszer jelentőségét a mágnes szeparáláskor keletkezett tűzállóanyagok és színesfémek visszanyerésének (és a SM, ill. LD-salak útépitésre való felhasználásának) lehetőségére.

Átmeneti helyzetben a SM kemencék is felhasználhatók hulladék olvasztására. Ezen alapszik pl. a DV középtávú acélgyártási terve is. A 2. táblázatból látható, hogy a nyersvasbázison alapuló konverter acél termelésnek a hulladék-olvasztásra átállított SM-acél termeléssel való kombinálása arra a jelentős eredményre vezet, hogy az acéltermelés növeléséhez nincs szükség többlet energia forrásra. A konverter üzem energia mérlege olyan többletet is felmutathat, amely azt energia termelő egységgé is minősítheti. Ez az eset akkor áll elő, ha a keletkezett nagyhőmérsékletű reakció gázokat gőztermelésre, vagy ami még jobb, kohászati hevítő berendezések fűtőanyagaként használják fel.

3. A nyersvasbázison alapuló konverter acél termelés szükségessé teszi az érbázis átalakítását is. Ez a szükségszerűség annak a kérdésnek a vizsgálatához vezet, milyen szerepe lehet a direkt-redukciós eljárásoknak hazánk vaskohászatában. Energetikai és metallurgiai szempontból nézve is arra a következtetésre jutunk, hogy az acéltermelés bővítésének ez a kedvezőbb útja, főleg azért, mert az energia bázis így szélesebb lehet. Az ércnek direktredukciójára ugyanis nemcsak földgázt, hanem kamragázokat és alacsony fűtőértékű szenekből előállított redukáló gázokat is fel lehet használni. Ugyanakkor ezeket kohókokszt helyettesítésre is használjuk. Így válik lehetővé a vásárolt olaj felhasználásának megszüntetése is, ill. ennek a kokszgázokból kinyert mennyiségre való korlátozása is. Ilyen irányú haladás tehát megszüntetheti a vaskohászat fejlesztésének az energia importtól való függőségét. Ez az út jelentős minőségjavulással is jár, mert a direktredukció útján nyert betétanyagok nem tartalmaznak káros kísérőelemeket — elsősorban ként és foszfort — amelyek metallurgiai úton történő kivonása egyébként is nagy energiamennyiségek felhasználását igényli.

Az integrált vaskohászati üzemek elméleti energia szükséglete 3400 kWh/t acél. Az energetikai hatásfok tehát 45 – 55% között van. A mérleg 17 – 20% magas hőmérsékletű hőenergia veszteséget mutat. Ez a veszteség nagyrészt a kohászati folyamatok diszkontinuitásának következménye. A kohászati elő- és félkésztermékek a termelési folyamatban többször lehűlnek és többször fel kell

azokat ismét melegíteni. A diszkontinuitás csökkentésére a vaskohászati iparág hatalmas fejlesztő tevékenységet folytat. Ennek a legfontosabb állomásai: a folyamatos acélgyártás, a folyamatos öntés, valamint az öntött bugák hőtartalmának lehető legnagyobb mértékű kihasználása. Egyedül az acél folyamatos öntése több, mint 320 kWh/t megtakarítást — tehát az összes energiafogyasztás több, mint 5%-át — képviseli. Az eredmény döntő mértékben a kihozatal javulásából és az előnyújtás műveletének elmaradásából származik. A folyamatosan öntött bugák meleg állapotban való továbbítása a tolókemencékbe további 350 kWh/t megtakarításra ad lehetőséget. Az energia takarékos kohászati technológiát már ma is az a megoldás képviseli, hogy a folyékony nyersvasat nagy teljesítményű konverterben alakítják acéllá, azt a folyamatos öntőművekben öntik féltermékké, hiányzik a klasszikus előnyújtósor, és a folyamatosan öntött bugát meleg állapotban (400–500 °C) továbbítják a tolókemencékbe. Ez az üzem tehát több, mint 10%-kal kevesebb primér energiát használ fel, mint a klasszikus kohászati technológia. Ennek a folyamatnak napjainkban szemtanúi vagyunk.

Újabbán egyre nagyobb mértékben terjednek el az ún. szekundér metallurgiai eljárások a tömegacélgyártó nagyüzemekben is. Energetikai szempontból jelentőségük abban van, hogy a primér kemencéket csak olvasztásra és defoszforizálásra használják fel, ezért ezek fajlagos teljesítménye akár 30–40%-kal is megnő, fajlagos energiafogyasztásuk még nagyobb mértékben csökken. Az acél finomítását, kéntelenítését, dezoxidációját, ötvözését, gáztalanítását az üstökben végzik. A teljes energia megtakarítás mértéke attól függ, hogy milyen hővesztéssel kell e műveletek közben számolni, ill. szükséges-e az acélnek a folyamatok újbóli ívfényes felmelegítése és indukciós átkeverése. Egy melegítés nélkül üstmetallurgiai folyamatra jellemző, hogy a csapolási és az öntési hőmérséklet között 120–140 °C különbség van. Az ezáltal okozott energia veszteség csökkentésére ma is jelentős kutató-fejlesztési tevékenység folyik.

Ezekkel a metallurgiai-technológiai változásokkal egyidőben folyik a hulladék energia hasznosítására irányuló fejlesztő tevékenység is. Ennek leglényegesebb állomásai: a 130 kWh/t-t képviselő száraz koksoltás és e folyamat közben keletkező hulladék hőenergia szénelőmelegítésre való felhasználása, mely további — közel 60 kWh/t — energia megtakarítást képvisel; a nagyolvasztóknál nagy jelentősége van az ún. torokgázellennyomású turbinák alkalmazásának, mely kb. 250 kWh/t energia visszanyerést képvisel. Az LD konverter üzemek 70% CO-tartalmú, magas hőmérsékletű gázai 175 kWh/t megtakarítást képviselnek, ha azokat visszavezetik a kohászati folyamatokba és 120 kWh/t, ha gázt termelnek vele. Nincsenek azonban még megoldások a nyersvas és acélgyártási salakok fizikai hőtartalmának visszanyerésére.

A kohászati berendezések működtetésének szükségszerű kísérője a hűtővíz. Az ezzel elvitt hőmennyiség a felhasznált energia 14–16%-át képviseli.

E veszteségek csökkentésére egyre általánosabbá válik a berendezések elpárologtató rendszerű hűtése, mely a nagyolvasztót, SM kemencéket, tolókemencéket gőztermelő egységekké is alakítja. A hűtővíz hőenergiájának visszanyerésére túl megy a kohóművek kerítésén, mert a gőz és melegvíz formájában visszanyerhető energia mennyiség nagyobb, mint a kohóüzemek szükséglete ezen energiafajtákból. A teljes hasznosítás tehát csak a kommunális hálózatba való bekapcsolódással érhető el, ami viszont jelentős népgazdasági haszonra vezethet.

Egy hosszútávú energiaprogram kidolgozásánál azonban nemcsak a megtakarítási lehetőségeket kell elemeznünk, hanem figyelembe kell vennünk a szükségszerűen bekövetkező többletráfordításokat is. Ezek közül legfontosabbak a környezetvédelmi kiadások. Ezek a törvényes előírások betartása esetén 100 kWh/t-t meghaladó ráfordításokat igényelnek — a tetemes beruházási kiadások mellett. De többletenergia ráfordítást igényel a minőségi és ötvözött acélok részesedésének növelése is. E többletkiadásokat olyan — ma már elkerülhetetlen — eljárások bevezetése okozza, mint pl. a vákuumtechnika, a szekunder metallurgia, az elektrosalakos átolvasztás, vagy a méretpontosabb hengerlés, öntés, kovácsolás stb. Mind amellet hangsúlyozni kell, hogy a legnagyobb veszteségeket mégis a berendezések nem teljes fokú kihasználása és azok üzemzavarai, állásidői okozzák.

A fentiekben vázolt technológiai-energetikai megoldások képezik a Dunai Vasmű energiatakarékos technológiai fejlesztésének főbb célkitűzéseit. Ezek segítségével kívánjuk helyzetünket az integrált kohóművek közötti nagy energetikai-technológiai versenyben tovább erősíteni.

IRODALOM

1. HIEBLER, H.: Angebot, Bedarf und Einsatz von Energie für die Eisen- und Stahlherstellung
2. WENTNER, H.: Stahlerzeugung bei weitestgehender Abhängigkeit von Energieimporten am Beispiel Österreichs
3. SCHLAGER, W.—KÜHNELT, G.—MACHNER, P.—EGGENHOFER, A.: Die Edeldstahlherstellung bei Anwendung der Sekundärmetallurgie