UDC 669. 187. 046. 511. 2-932: 669. 127. 44

669. 187. 2UHP

論 説

70 トン UHP 電気炉における
還元鉄の連続装入について

岸田 寿夫* 牛山 博美** 下郷 寿太郎* 森 井 廉**

Continuous HImet Feed using 70ton UHP Arc Furnace

Toshio Kishida, Hiromi Ushiyama,

Jutaro Shimogo and Kiyoshi Morii

Synopsis

Because of the limited amount of 650 ton, the heating number was small and fully mastered operating method could not be achieved after all but, the synthetic results of 19 heats including preliminary test are as follows:

- (1) Total Fe 92.2% the reduced iron, HImet, 93.6% of metalizing rate, 6 to 30mm diameters and produced on the commercial base for future electric furnace could almost be melt smoothly in a UHP electric furnace.
- (2) As for temperature control of molten steel, it was confirmed that the temperature was balanced at the continuous HImet charging rate of about 55T/H and the input power of 35 MW.
- (3) During continuous charging ΔC consists of 0.25% ΔC reduced by dilution and 0.40 to 0.50% ΔC reduced by oxidation when opening C is 1.0%.
- (4) The productivity from power on to slag off was 38.0 T/H.
This is almost equal to that of UHP operation with only scrap.
- (5) The power consumption for the whole charging amount was 585 kWh/T and it was more than that of all scrap operating by 85kWh/T.
The main cause is supposed to be the energy consumption due to heat of melting of gangue mineral and not-reduced iron, and radiation during continuous HImet charging.
- (6) The melting yield of HImet is estimated 89.0% and 96.5% based on total Fe.
This means that almost half amount of not-reduced Fe was reduced in the furnace.

昭和46年6月28日受付日

* 大同製鋼株式会社

** 大同製鋼株式会社知多工場

- (7) The consumption of refractory and electrode was not clear because of few heating number of heat and the discontinuous operation.
- (8) The continuous charging apparatus operated smoothly without troubles. Material-supplying apparatus in fixed quantity which can be variable, is essential in this operation, as well as instant flow-rate meter and integrating meter.

1. はじめに

電炉における還元鉄の連続装入法は Dr. J. G. Si-bakin らの報告により 1967 年以来注目を集めてきた。

原料炭、石油などの諸問題から高炉—LD法と共存する新しい製鋼プロセスとしての還元鉄連続—UHP 電炉法への期待が高まった。

とくにわが国における鉄屑市場の不安定さは電炉製鋼を主体とする企業にとって大きな問題で、抜本的な原料対策に迫られており、還元鉄についての技術的、経済的評価を下す必要がある。

かねてから当社は還元鉄の利用をとりあげており、今回 Hamersley グループから SL/RN 法による HImet の供試を受けた。一方当社知多工場に45年5月稼動開始した新鋭70トンUHP電気炉(E炉)に還元鉄連続装入設備をとりつけ若干の予備試験ののち公開試験を行なった。

還元鉄の有用性を認め、関心のある国内各社のご参考これらの試験結果を報告するとともに関係官庁および業界各位の総意のもとにこれら新しい製鋼原料のわが国への導入を計りたい所存である。

2. 試験条件

2.1 炉設備

使用した電気炉の諸元は次の Table 1 に示す。

炉体全景は Photo 1. 2 に、炉体プロファイルは Fig. 1 に示した。

Table 1. The specification of 70ton UHP arc furnace.

Item	Specification	Note
Furnace type	Daido-Lectromelt IT-RH,	"E" Furnace
Capacity	70Ton	Actual 76T
Shell diameter	5,791mm	(19feet)
Electrode diameter	508mm	(20inch)
Pitch circle	1,372mm	
Transformer capacity	45/54MVA	at 45/55°C
	Primary voltage 22kV	Raise 60Hz
	Secondary voltage	19 Steps
	Max. 610V(#1)	25V
	Rating 460V(#7)	Graduation
	Min. 160V(#19)

Fig. 1. Profile of "E"-furnace.

Photo. 1. 70ton UHP arc furnace.

このE炉の特性曲線は Fig. 2 に示した。

2. 2 連続装入設備

当社の還元鉄連続装入設備は Stelco 社の Premier 工場の設備にしたがい還元鉄の定量供給機構をもつものとした。

Fig. 3 にその概略を示す。

還元鉄はベルトフイダーにより切出され、コンベアスケールによって単位面積あたりの重量を検出し、設定値とベルト速度を同調させることにより、一定量供給を行なった。

Photo. 2. Apparatus of continuous feeding.

Fig. 2. Characteristic curve of "E"-furnace.

また生石灰および鉄鉱石はホッパーの下部に Vibrate feeder を設置し、切出量は Vibrate feeder による trough の振動によって、比較的直線関係がえられるため実際の切出測定して求めた関係図表から時間設定で一定量を切出した。

これらの指示記録、累計印字は電炉操作パネルの近くにおいた制御パネルから遠隔操作した。

バケットエレベーターで電炉の頂部に達した材料はシャトルコンベアからスプリッターをへて電極3相へ均一に投入した。投入シュートは炉体のつり梁に固定した。

2. 3 還元鉄の組成

今回の還元鉄は電炉向としてほどよい Boiling を起すよう、若干、金属化率を下げるとともに経済生産ベースにしたがいいわゆるコマーシャルサイズ、コマーシャルグレードの HImet である。

Table 2, 3, 4 にその特性値を示した。

Fig. 3. Continuous feeding equipments.

Table 2. Chemical analysis of test "HImet".

Total Fe	92.17%
Metallic Fe	86.29
FeO	4.16
Fe ₂ O ₃	3.79
SiO ₂	3.7
Al ₂ O ₃	1.9
CaO	0.4
MgO	0.3
S	0.011
P	0.020
C	0.34
*Metallization	93.6
CaO/SiO ₂	0.125

$$* \frac{M.Fe}{T.Fe} \times 100(\%)$$

Table 3. Physical characteristics of HImet.

Density g/cc	6.2
*Effective density	2.6
Bulk density	1.48

*Determined after paraffin coating.

Table 4. Distribution of HImet size.

Size mm	%
>25	7.5
15—25	31.3
10—15	24.1
5—10	24.9
< 5	12.2

2. 4 還元鉄の輸送と貯蔵

今回使用した HImet は、西オーストラリアの Hamersley 社の Tom price 山鉱床の 5 億トン以上の高品位の Hematite 鉱が原鉱石で 66~67% Fe 含有を示す。

これらの原鉱石はカナダ オンタリオ 湖近くの Stelco 社 Hamilton 工場の S L/R N 試験キルンで還元された。Hamilton 港を 1970 年 11 月 19 日に出航、パナマ運河をへて 48 日間の航海ののち、1971 年 1 月 5 日名古屋港へ入港した。HImet はバラ積みであったが、その保管状態は良好のうちに到着し、再酸化の進行はみとめなかった。

今回のロット総量 650 トンは名古屋港で船に移したのち当社知多工場岸壁でクラブバケットクレーン、ダンプトラックにより場内の指定置場に格納した。

このとき日本海事検定協会が正規のサンプリングお

よび試料の縮分を行なった。

荷役はグラブバスケットを使用し順調に実施することができた。

HImet 指定置場は 30m スパンの倉庫の一部に 10 m×15m の 2 区画をもうけ、側壁には厚さ 6 mm の鉄板を高さ 1.5m にめぐらし、床はコンクリート床の上に厚さ 18mm の鉄板を敷いたもので湿気の侵入防止を計った。

公開試験までの約 2.5 カ月の間 HImet 中の温度を測定したが室温と差はなかった。

日本の冬季、特に 3 月中旬は年間最低湿度 15% を記録するなど比較的好条件であった。

2. 5 使用したスクラップ

HImet 連続装入ヒートに使用したスクラップは通常操業での配合比率をそのまま適用した。

Table 5 に 40% HImet のときのスクラップ装入比率を示す。

Table 5.

	kg	%
Country scrap	16,000	19
Shredded scrap	4,300	5
No. 1 Bundle	16,000	19
No. 2 Bundle	3,500	2
Butt & Crop	12,600	15
Total	52,400kg	60%

当社の場合、60% のスクラップは 1 回装入できないため初回装入 40 トン、2 回装入 12 トンにわけた。

3. 試 験 計 画

今回の溶解試験にあたっては将来の還元鉄利用の指針をうために下記の項目の把握を目的とした。

- (1) UHP 電気炉での HImet 連続装入操業の実証
- (2) 能率、歩留、原単位の把握

なお、配合率については入荷量、ヒート数を考慮して 40% HImet 配合とし鋼種については普通鋼および一部特殊鋼とした。

3. 1 試 験 日 程

溶製結果は、Table 6, 7 に示した。

Table 6. Whole schedule of tests.

	Code No.	Date	Heat No.	HImet %	Grade of steel	Note
Preliminary heats	B-1	MAR 2	3203E	30	S 45 C	Fe-Si Blocking
	B-2	〃 3	3210E	30	R 35 C	
	D-9	〃 24	3363E	30	S 50 C	
	B-3	MAR 3	3211E	40	S 25 C	
	B-4	〃 4	3217E	40	S 25 C	
	B-5	〃 5	3218E	40	S 35 C	
	B-6	〃 5	3224E	40	S 25 C	
	B-7	〃 5	3225E	40	S 25 C	
	B-8	〃 6	3232E	40	S 15 C K	
	C-1	MAR 20	3332E	40	S A E 1017	
	C-2	〃 20	3333E	40	S A E 1017	
Demonstration heats	D-1	MAR 21	3340E	40	S A E 1017	Fe-Si Blocking 〃
	D-2	〃 21	3341E	40	S A E 1017	
	D-3	〃 22	3349E	40	S A E 1017	
	D-4	〃 22	3350E	40	S 55 C	
	D-5	MAR 23	3357E	40	S K 5	
	D-6	〃 23	3358E	40	S 35 C	
	D-7	〃 24	3364E	40	S 45 C	
	D-8	〃 25	3371E	40	S 45 C	

Table 7. Specification of tested steel.

Grade	Compo- sition	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
S A E 1017		.15/.20	.15/.30	.30/.60	≤.040	≤.050	≤.30	≤.20	≤.20
S 15 C K		.13/.18	.15/.35	.30/.60	≤.025	≤.025	≤.25	≤.20	≤.20
S 25 C		.22/.28	.15/.35	.30/.60	≤.030	≤.035	≤.30	≤.20	≤.20
S 35 C		.32/.38	.15/.35	.60/.90	≤.030	≤.035	≤.30	≤.20	≤.20
S 45 C		.42/.48	.15/.35	.60/.90	≤.030	≤.035	≤.30	≤.20	≤.20
S 50 C		.47/.53	.15/.35	.60/.90	≤.030	≤.035	≤.30	≤.20	≤.20
S 55 C		.52/.58	.15/.35	.60/.90	≤.030	≤.035	≤.30	≤.20	≤.20
S K 5		.80/.90	≤.35	≤.50	≤.030	≤.015	≤.20	≤.20	≤.20

3. 2 試 験 標 準

Fig. 4 に 40% HImet 連続装入ヒートの作業パターンを示す。

Fig. 4. Operating pattern. (40%HImet)

4. 試 験 結 果

4. 1 炉 操 業

HImet 連続装入開始時期は Stelco 社に準じてスクラップがすべて溶解し、平坦な湯面となってから行なった。

このときの鋼浴温度は 1,570°C 以上とした 鉾石を (25kg/min×4min 間) 加え良好な Boiling 現象をえながら HImet を連続装入した。連続装入設備は順調に作動した。

還元鉄は3相に均一に落下させ、連続装入中は HImet の供給速度と電力負荷を調節し、鋼浴温度が 1,570~1,630°C の範囲内で若干上り目になるようにコントロールした。

鋼浴温度の制御は連続装入中の電力負荷を 30~35 MW、特に 35MW を維持するようにつとめ連続装入中の温度測定により HImet の供給速度をかえて対象した。実際には一次電圧 22kV に電圧変動があり二次

電流、二次電圧をこまかく調整している。

今回の HImet の金属化率 93.5% は Stelco 社 Premier 工場でのテストに使用した HImet の金属化率 97% より低い、これは鋼浴の Boiling が活発になるよう計画されたものである。炉堤に焼成ドロマイトを高くもりスラグの流出を極力防止して、鉄分の収率の向上を計るとともに熱伝達を良好にするためアークがスラグ中に潜弧となるようつとめた。

連続装入中の塩基度は CaO/SiO_2 比でほぼ 2.0 となるよう生石灰を連続投入 (50kg/min) して HImet 中の SiO_2 を稀釈した。投入開始後約 5 分おきに溶鋼速度を測定した。

連続装入中の C 量の減少は、HImet の C による稀釈と酸化鉄による酸化があり。溶落 C 約 1.0% の場合 40% の HImet (C : 0.34) による鋼浴 4C は前者によるもの 0.25%、後者によるものが約 0.40~0.50% となり、そのバラツキは比較的少なかった。

従って連続装入時に酸化精錬を並行せしめ、終了後の O_2 吹精を省略するためには、成品 C に合せて溶落 C の量を調整する必要がある。

今回は湯量の少い鋼浴溶落時の C 調整が必ずしも旨くゆかず、そのため成品鋼種の変更を行なったものが多い。

連続装入終了後はしばらく送電をつづけ鋼浴成分、および鋼浴温度の均一化を計ったが急激な CO 反応によりスラグおよび一部メタルが溢れ出す場合があった。この現象に対しては HImet の連続装入後、引つづき Fe-Si 塊を投入することによりこれを抑えることができた。

代表的な作業経過を Fig. 5, 6, 7 に示す。

Fig. 5. 40% HImet SAE1017. (Code D-1, Heat No. 3340E)

Fig. 6. 40% HImet SAE1017. (Code D-2, Heat No. 3341E)

Fig. 7. 40% HImet S45C. (Code D-7, Heat No. 3364E)

これらはUHPの大電力溶解炉において HImetが順調に溶解しうること示している。

4. 2 操業時間と生産性

操業時間の詳細は別添資料1の Table 1-1 に示した。前にのべたように HImet 連続装入ヒートの操業時間と生産性については送電から除滓までの時間を対象とした。(Table 8)

(Fig. 8, 9 参照)

Fig. 8. Heat time.

Fig. 9. Productivity.

Data sheets

Table 1-1 General

Code	Series	Date	Heat No.	Hlmet (%)	M.D. C	Molten metal composition at slag off (%)							Grade of steel	Hlmet usage ton
						C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	
B-1		3/ 2	3203E	30	1.04	.432	0	.12	.014	.037	—	—	.09	23.96
B-2		〃 3	3210E	30	0.96	.305	0	.12	.007	.036	.12	.03	.09	24.02
D-9		〃 24	3363E	30	0.77	.480	.14	.14	.020	.035	.10	.03	.12	23.96
B-3	Preliminary test	3/ 3	3211E	40	1.16	.455	0	.13	.009	.034	.10	.03	.10	32.32
B-4		〃 4	3217E	40	0.91	.210	0	.07	.006	.039	.07	.17	.18	32.26
B-5		〃 5	3218E	40	0.68	.174	0	.12	.014	.035	.09	.03	.07	31.98
B-6		〃 5	3224E	40	1.30	.125	0	.10	.015	.044	.10	.04	.10	31.74
		3/ 5	3225E	40	1.12	.203	0	.12	.009	.036	.07	.03	.10	31.94
B-7		〃 6	3232E	40	1.04	.110	0	.12	.012	.035	.08	.03	.08	32.12
B-8		〃 20	3332E	40	0.92	.145	0	.09	.008	.040	.08	.02	.08	32.08
C-1		〃 20	3333E	40	0.45	.100	0	.10	.011	.038	.15	.04	.05	31.92
C-2														(328.30)
D-1	Demonstration test	3/21	3340E	40	0.92	.160	0	.13	.017	.033	.10	.03	.08	32.02
D-2		〃 21	3341E	40	0.90	.120	0	.13	.014	.035	.16	.04	.06	32.12
D-3		〃 22	3349E	40	0.76	.165	0	.13	.009	.035	.11	.04	.07	32.08
D-4		〃 22	3350E	40	1.40	.543	0	.13	.017	.038	.07	.02	.08	32.16
D-5		〃 23	3357E	40	1.40	.730	0	.10	.014	.045	.10	.03	.10	31.90
D-6		〃 23	3358E	40	0.99	.305	0	.12	.016	.035	—	—	.11	32.20
D-7		〃 24	3364E	40	0.84	.400	.10	.08	.013	.038	.07	.03	.08	32.20
D-8		〃 25	3371E	40	1.04	.380	0	.16	.022	.040	.12	.02	.10	31.80
														(256.48)
	(All Scrap)										(.16)	(.10)	(.15)

Fig. 10. Power consumption. (Power on to slag off)

Table 8. Heat times and productivity.

	All scrap	40% HImet
Number of heats	100	16
Tapped steel (kg/heat)	76,000	77,184
Power on to slag off (min)	120	122
Productivity power on to slag off (Tons/Hr)	38.0	38.0

4.3 電力原単位

各ヒートの記録は別添資料1の Table 1-2 にある。

送電から除滓までの電力消費を装入トンあたりで求めると 40% HImet ヒートは 585kWh/装入トン、全スクラップ(UHP) ヒートは 500kWh/装入トンとなり約 85kWh/装入トンの増加となった。(Fig. 10 参照)

電力増加分 85kWh/トンの内訳は下記の如く算出された。

鉱石, HImet 中の酸化鉄による吸熱	28kWh/トン
添加 CaO の溶解熱	12
気体酸素の使用量減少	9
スラグの生成熱	△10
その他	42

この原因としては、

(イ)溶落までのスクラップ装入量が炉容量に比べ少ないこと。

(ロ)溶落までの湯面の期間が長いこと 2 次空気の吸引、輻射ロスが多いこと。

(ハ)連続装入中の扉の開放状態が長いこと等が考えられる。

4.4 連続装入速度

入力電力と連続装入速度と鋼浴温度変動の関係は次の Fig. 11, 12 に示した。入力電力とバランスする HImet 連続装入速度は 30MW のとき 50 T/h, 35 MW のとき 55 T/h となり、これより計算すると鋼浴温度を均一に保つ場合の単位入力電力、時間あたりの HImet 供給速度は約 26~28kg/MW/min であった。

Fig. 11. Correlation between input power, continuous charging speed and fluctuation of molten steel temperature.

Fig. 12. Correlation between input power, continuous charging speed and fluctuation of molten steel temperature.

4.5 電極および耐火物

使用した電極は、国産電極で、H. P 用につくられたものである。Table 9 にその値を示した。

HImet 連続装入ヒートのみの電極原単位はえられ

Table 1-2 POWER CONSUMPTION

Code	Power on to start continuous feed			Continuous feeding			Power on to slag off		
	Power consumption (MWH)	Scrap (ton)	kWH/ton	Power consumption (MWH)	HI met (kg)	kWH/HI met ton	Charged weight (kg)	MWH	kWH/ton Raw steel
B-1	25.2	58.7	429.3	17.8	23,960	743	82,660	44.9	543.2
B-2	23.7	59.3	399.7	17.5	24,020	729	83,320	43.2	518.5
D-9	30.8	59.5	517.6	16.0	23,960	670	83,460	49.0	587.1
Average	26.6	59.2	448.9	17.1	23,980	714	83,147	45.7	549.6
B-3	23.2	52.1	445.3	23.3	32,320	721	84,420	47.4	561.5
B-4	23.6	52.3	451.2	16.6	32,260	515	84,560	45.6	539.3
B-5	24.6	52.2	471.3	21.2	31,980	663	84,180	47.7	566.6
B-6	29.0	52.8	549.2	17.7	31,740	558	84,540	49.3	583.2
B-7	24.9	52.5	474.3	19.9	31,940	623	84,440	46.7	553.1
B-8	26.3	52.2	503.8	20.0	32,120	623	84,320	48.3	572.8
C-1	25.4	52.5	483.8	23.0	32,080	717	84,580	49.8	588.8
C-2	26.0	52.4	496.2	21.0	31,920	658	84,320	47.8	566.9
D-1	26.8	52.6	509.5	20.6	32,020	643	84,620	49.9	589.7
D-2	28.3	52.4	540.0	21.6	32,120	672	84,520	50.7	599.9
D-3	27.2	52.2	520.1	21.8	32,080	680	84,280	50.9	603.9
D-4	28.7	52.2	549.4	21.9	32,160	681	84,400	53.4	632.7
D-5	27.0	52.4	515.3	21.9	31,900	687	84,300	50.8	602.6
D-6	27.1	52.0	521.2	21.2	32,200	658	84,200	50.3	597.4
D-7	26.8	52.3	512.4	20.4	32,200	634	84,500	49.8	589.3
D-8	26.7	52.7	506.6	22.3	31,800	701	84,500	51.4	608.3
Average	26.4	52.4	503.1	20.9	32,053	652	84,418	49.4	585.2
(All scrap)	(32.8)	(82.0)	(400)	—	—	—	(82,000)	(41.0)	(500)

Table 9. Characteristics of electrode.

	Specific resistance $\times 10^{-4} \Omega$	Bulk density g/cm ³	Modulus of elasticity kg/mm ²	Bending strengths kg/cm ²
Electrode	5.5~5.8	1.68 ~1.69	1,000~1,020	110
Nipple	4.8	1.80	1,550	250

なかった。

最高 60kA の通電により、電極自身はかなり赤熱しており、一部の電極先端は大きくたてわれが観察されたがテストの遂行には差支えなかった。

連続装入の場合は出鋼後の炉況は一般に良好であった。

順次鋼浴表面が上昇するので集中的な溶損でなくスラグラインは巾の広い侵蝕となり、熱間吹付機で充分補修した。

炉蓋についても3本投入シュートの入口を新たにもうけたため寿命について低下が懸念されたが廃却原因は極孔まわりの損傷であり、3本シュート用開口部のための影響は少いと考える。

4.6 スラグ分析値および鋼中〔O〕分析値

Fig. 13, 14, 15 はスラグ分析値および鋼中酸素分析値の一例を示す。

Fig. 13. Chemical analysis of slag. (Code No. D-8 Heat No. 3371E)

Fig. 14. Metallic Fe(Drop-lets) in slag. (Code No. D-8, Heat No. 3371E)

Fig. 15. Oxygen removal in molten steel.

連続装入中の (FeO) は 10~15% で violent boiling で、かなりの (FeO) の低下がある。

塩基度はやや 2.0 を下まわった。

4.7 歩 留

(*Exclude violent boiling Reats $\bar{x}=91.4$)
Fig. 16. Metallic yield. (Tapped steel/Scrap + HImet + Alloy)

各ヒートの値は別添資料1のTable 1—3にある。溶解歩留の変動は大きいが40% HIMet ヒートの総平均は90.4% (N=16) であり Violent boilingの起ったヒートを除くと91.4% (N=11) となる。

(Fig. 16)

通常の全スクラップヒートでは93.0%であり、これから算出して HIMet 自身の歩留を推定すると89.0% となり、HIMet 中の T.Fe=92.2% に対しては歩留96.5% となる。HIMet 中の Metallic Fe=86.3% の全量と未還元酸化鉄 (FeO および Fe₂O₃) のほぼ半量が還元されて湯となったことを示す。

今回はスラグをなるべく流さず、Fe のロスを少なくするように努めたが、連続装入時の後半は流滓があった。

4. 8 品 質

HIMet を用いた各ヒートは通常の製造工程をへて製品化した。各製造工程で日常管理の地キズ、マクロ、介在物および結晶粒度等の諸特性をチェックした。

いずれも普通材と大差なく通常の当社溶製材の品質基準に合格した。

5. ま と め

今回は650トンという限られた量のためヒート数が少なく、習熟した操業法を確立するまでには至らなかったが、予備テストの結果を総合すると次の通りである。

(1) Total Fe 92.2%

金属化率93.6%、形状6~30mmの将来の電気炉向としてコマーシャルベースによって製造された還元鉄 HIMet はUHP電気炉においてほぼ順調に溶解できた。

(2) 鋼浴の温度制御については入力電力35MWのとき HIMet の連続装入速度約55トン/hでバランスすることがわかった。

(3) 連続装入中の4Cは溶落C約1.0%のとき稀釈により0.25%、酸化により約0.40~0.50%である。

(4) 通電開始から除滓前までの生産性は38.0トン/hであった。これは全スクラップでのUHP操業とほぼ同等である。

(5) 全装入量に対する電力単位は585kWH/トンで全スクラップ操業時より約85kWH/トン多い消費となった。脈石成分、未還元の溶解熱、連続装入中の放散等によるエネルギー消費が主因と考えられる。

(6) HIMet の溶解歩留は89.0%、T. Fe に対し

96.5% となり未還元 Fe 分のほぼ半量が炉内で還元されたこととなる。

(7) 電極並びに耐火物消費についてはヒート数が少なく、非連続であったので明瞭ではない。

(8) 連続装入設備は故障なく順調に作動した。可変定量供給装置は瞬間流量計、積算計等と共に本操業には必須のものである。

6. 所 見

(1) 操業全般について

連続装入作業の基本事項である電力負荷と装入速度のコントロールについて実際の、経験的把握ができて、HIMet がUHP電気炉の原料として期待できることが判明したが、尚細部について検討、経験すべき事項も多い。それらは、

(イ) 装入開始の時期、温度

(ロ) C量コントロールのための O₂ lancing あるいは Carbon-injection

(ハ) スラグコントロール

(ニ) Violent boiling 原因の解明等である。

(2) 生産性について

当社のスクラップ状況においては HIMet 45~50%以上の配合比の場合スクラップ装入回数を1回とすることができるが、今回は限られた量の中でチャージ数を増すためにこの配合比をテストできなかったのは残念である。

なお一層の熟練と装入回数の減少により生産性の向上は期待できるとしても、わが国における電炉操業の全般的な高エネルギーを考える時、外国における向上率をそのまま期待することはできない。

一般操業の迅速化の一助となっている気体酸素の併用が必須であろう。

(3) HIMet の還元率について

残留酸素は T. Fe=92.2%, M. Fe=86.3% (還元率=93.6%) の場合約2%でありこの操業面への影響として

(イ) 脱炭、還元吸熱反応が大きい。

(ロ) 装入速度の増加が制限される。

(ハ) 固体 O₂ の単位時間当り供給速度が大となり過剰酸素が蓄積される懸念がある。

このように電炉操業面ではマイナス面が多い。製造の還元工程だけでなく一貫して考えた経済還元率を再チェックする必要がある。

(4) Violent boiling について

連続装入終了後しばらく沸騰現象が維持し、次第

Table 1-3 Heat time, productivity and yield

Code	Heat No.	Productivity		Time (MIN)				Alloy additino			Charged materials (A)	Tapping steel (B)	Yield B/A
		"HImet"	Power on to slag off	Power on to start feed	Start to finish feed	Finish feed to slag off	Power on to slag off	Si-Mn	Fe-Si	C			
B-1	3203E	%	t/hr	min	min	min	min	kg	kg	kg	kg	kg	%
B-2	3210E	30	41.6	81	22	9	112	750	300	0	83,710	77,680	92.8
D-9	3363E	30	40.8	72	25	15	112	760	290	0	84,370	76,140	90.2*
		30	39.0	80	30	8	118	850	550	20	84,880	76,640	90.3
Average		30	40.5	78	26	11	114	787	380	7	84,320	76,820	91.1
B-3	3211E	40	41.7	63	37	12	112	780	300	0	85,500	77,840	91.0
B-4	3217E	40	39.7	67	34	13	114	980	400	0	85,940	77,380	90.0*
B-5	3218E	40	44.7	63	37	7	107	730	310	130	85,350	79,680	93.4
B-6	3224E	40	32.5	69	34	40	143	450	430	60	85,480	77,540	90.7
B-7	3225E	40	36.2	68	34	23	125	390	400	0	85,230	75,440	88.5
B-8	3232E	40	32.3	77	35	28	140	380	400	0	85,100	75,380	88.6
C-1	3332E	40	36.5	62	39	27	128	500	390	0	85,470	77,880	91.1
C-2	3333E	40	46.2	59	37	7	103	400	390	50	85,160	79,380	93.2
D-1	3340E	40	36.3	71	37	14	122	450	410	0	85,480	73,880	86.4*
D-2	3341E	40	39.6	68	42	10	120	450	390	10	85,370	79,180	92.7
D-3	3349E	40	35.0	69	41	16	126	430	390	0	85,100	73,600	86.5*
D-4	3350E	40	35.2	77	41	15	133	740	300	0	85,440	77,980	91.3
D-5	3357E	40	40.3	67	40	9	116	330	350	90	85,070	77,880	91.5
D-6	3358E	40	35.9	75	41	7	123	780	320	20	85,320	73,640	86.3*
D-7	3364E	40	44.3	65	36	7	108	900	500	0	85,900	79,780	92.9
D-8	3371E	40	38.0	74	41	9	124	810	550		85,860	78,480	91.4*
Average		40	38.0	68	38	15	122	594	389	23	85,423	77,184	90.4 (92.5)**
(All scrap)		(0)	(38.0)	—	—	—	(120)	—	—	—	—	(76,000)	(93.0)

Excluding *Violent boiling heats Yield = 91, 35%, (93.5)**

**Yields excluding gangue materials in HImet from charged materials.

に弱くなりつつ鋼浴，スラグ共に静かに鎮静したかの如き現象から反転，細かい泡立ち状態で徐々に上昇し，遂にスラグの溢出となり，更に激しい場合は発生したCOがそのまま炉外へ噴出して燃焼し，同時に一部溶鋼が流出する現象となった。

過飽和の O_2 が急にCと反応するCO反応でありFe—Siによる blockingを試みてこれを防止することができたが，下記の如き項目が検討事項として残った。

- (イ) $[C]$ と $[C]-[O]$ 平衡値との関係把握
- (ロ) スラグおよび鋼中の $[O]$ コントロール

(ハ) 連続装入後のCO発生核の接種

(ニ) 鋼浴の均一を得るための攪拌方法の検討

(5) む す び

貴重な材料をテストする機会を当社に与えていただいた Hamersley グループに感謝すると共に，われわれは以上の成果を一層完全なものとするために更に 2～3,000トン（約100 ヒート）の操業を追加したい気持であることをここに付記する。

大同の ステンレス線

クローム系
ニッケルクローム系
クロームマンガン系
ニッケルクローム系
マンガン系
高炭素クローム系

熔接用
スプリング用
耐熱用
耐酸用
快削用
ヘタ用
耐酸用

大同ステンレス株式会社

東大阪市西鴻池町4丁目3番27号

電話 大阪 (06) 782—0021～6