UHP炉における還元鉄連装溶解について

藤田 宣治*, 中田 博也*

Continuous Melting of Direct-Reduced Iron in 70t
-UHP-Arc Furnace

Senji Fujita and Hiroya Nakata

Synopsis

In order to pursue the continuous melting technique of direct-reduced iron by UHP arc furnace from two sides of soft and hard wares the said test of reduced iron (about 3700t) made by Nippon Steel was made as a cooperative experiment between Nippon Steel and Daido Steel.

The direct-reduced iron was of 4 standards or 2 standards divided into gangue % and C% and mixing rate went up to 40~90%.

The melting test was completed without any grave troubles, but during the process there could be collected some technical informations concerning the underwritten items.

- (1) Effect of operating conditions upon electric original unit.
- (2) Effect of operating conditions upon yield of direct-reduced iron.
- (3) Fluctuation of electrical power values.

1. 緒 言

わが国におけるアーク炉での還元鉄溶解技術の検討は、これまでも、鉄屑市場対策の一環として、さかんに各社でアプローチされてきており、大同特殊鋼㈱(以下当社という)においても、Table 1 に示すような数度の溶解テストを経験している。

しかるに昨今、産油国を中心とする発展途上国において、直接還元—アーク炉方式のいわゆるミニミルプラント建設のニーズの高まりは著しく、還元鉄溶解技術の確立は、先進国側にとっても、プラントおよび技術輸出の対象として、重要な意

味をもつにいたっている (Fig. 1)。

このような状況下において、この度、新日本製鐵㈱(以下NSCと略す)との共同実験として、当社知多工場 70t UHP 炉において還元鉄(以下DRI (Direct-Reduced Iron) と略す) 一約3 700 t 一の連装溶解テストを行ったので、その結果について報告し、本テーマに関心のある各位の参考に供したい。

2. 使用したDRI

2.1 製 造

今回の溶解に用いたDRIは、NSC広畑製鐵所の500 t/day, NSC式DRI製造プラントで製造されたものである。

本プラントはFig. 2 に示すように、NSC独自の技術である高圧高温還元を特徴とするシャフト

昭和54年8月11日 受付

*大同特殊鋼㈱知多工場

Table 1. Past experiences of DRI melting in Daido Steel Co., Ltd.

Step	Year	Designation	Sum of DRI used	Charging ratio	Charging method
1	1970	Fior	1 000 t	max40%	Batch
2	1971	SL/RN Himet	650	"	Continuous
3	1974	Midrex	600	"	Batch
4	1978	N.S.C.	3 700	max100	Continuous

炉を備え、炉頂ガスの再使用にも独特の方式をもつものである。

Fig. 1. The estimated productivity of DRI.

2.2 性 状

DRI の性状は本来、直接還元—アーク炉溶解のトータルプロセスを通じて、コストを最少にするものを選別すべきであるが、現実問題として Table 2 のように、DRI の原料である鉄鉱石と DRI 製造プロセスにより大きく影響を受け、中でも、鉄鉱石については、DRI プラントの立地条件の制約が大きく、選択の余地が非常に少ないものとされている。

従って今回は、いかなる条件下にも対処可能なように、脈石量およびC含有率を各2水準にとり、合計4水準のDRIを用いた。

これら4銘柄のDRIの性状を Table 3, 4 に示す。

2.3 運 搬 と 貯 蔵

使用したDRIのNSC広畑から大同知多までの運搬は海上輸送とし、その貯蔵には当社知多工

Fig. 2. Gas flow sheet of 500t/day plant.

Table 2. Some factors influenced on DRI characteristic.

DRI characteristic	Ore	Factor on direct reduction process	Steel grades
T.Fe (%) Gangue (%)	○	—	—
Metallization (%)	○	○	—
C (%)	○	○	○
Physical property	○	○	—

Table 3. Characteristics of DRI.

Designation		A	B	C	D
Kinds of Ore		Peruvian	Peruvian	Australian	Australian
Metallization (%)		96.2	93.8	94.0	93.2
Chemical composition (%)	T.Fe	87.79	85.74	82.21	79.75
	M.Fe	84.46	80.43	77.29	74.33
	FeO	4.20	5.43	5.57	6.97
	T.C	1.55	2.26	1.53	1.89
	Mn	0.02	0.02	0.10	0.09
	P	0.024	0.024	0.052	0.052
	S	0.002	0.006	0.008	0.005
	SiO ₂	5.46		8.15	
	Al ₂ O ₃	1.22		4.10	
	MgO	0.88		0.19	
	CaO	0.74		1.37	
Specific gravity		6.48	6.33	6.06	5.99
Apparent specific gravity		2.87	2.88	2.68	2.79
Crushing strength (kg)		85.4	57.1	73.8	88.1

Table 4. Size distribution of DRI.

Designation	5 mm under	7 mm under	10mm under	15mm under
A, B, C&D	12.5%	19.6%	53.5%	100%

Average DRI diameter : 9.6mm

場のスクラップヤードの一部を用いた。

一般に DRI の運搬・貯蔵が不適切な場合は、雰

囲気中の酸素と水分が原因で DRI の再酸化が発生し、はなはだしい場合には自然発火することもある。

従って、今回の運搬と貯蔵には万全の注意を払った。

すなわち、海上輸送に際しては、遮浪甲板型の船舶を使用し、なおかつ船倉の DRI は防湿シートで完全被覆を行うと同時に、その貯蔵場には雨水対策をほどこした。

3. 溶 解 設 備

3.1 アーク炉

今回の DRI 溶解は、当社知多工場の70t UHP 炉である A 炉で行った。溶解炉の主要設備諸元を Table 5 に示す。

本炉は UHP 炉の過酷な炉壁損耗に対処するため、炉内壁面積(Sill Level上)の62%に水冷 Box

Table 5. Specification of 70ton UHP arc furnace.

Item	Specification
Furnace type	Daido-Lectromelt
Nominal capacity	70ton
Shell diameter	5,791mm
Shell height (above sill level)	2,272mm
Depth of molten metal	969mm
Furnace volume	55.04m ³
Pitch circle	1,372mm
Electrode diameter	508mm
Transformer capacity	45/54 MVA
Primary voltage	22 kV
Secondary voltage	Max. 675V Min. 180V

(Water Cooled Panel) が設置されており、DRI 溶解に当っては、DRI 投入口および集塵口を中心に炉蓋の12%(面積比)に水冷パネルを適用した。

3.2 投 入 設 備

投入設備の概略を Fig. 3 に示す。

DRI は、スクラップヤードに設置した装入ホッパー①にリフマグにて装入され、コンスタントフィーダー②にて定量切出しされ、横送りコンベアー④にて搬送される。この間、中間ホッパー③に準備した塩基度調整用の CaO が電磁フィーダーにより添加される。I Bコンベアー⑤により炉上

Fig. 3. Layout of melting operation equipment.

Table 6. Specification of DRI continuous feeding equipment.

Designation	Item	Specification
1. DRI hopper	Capacity	27m ³
2. Constant feeder	Transfer capacity	Max. 120t/h
	Control range	4 : 1
	Control accuracy	±1/100 (vs. Aimed weight)
	Weighing accuracy	±1/200 (vs. Full scale)
3. Belt conveyor	Capacity	133t/h, 93m ³ /h
	Length	30m (Lifting height : 4m)
	Velocity	34.9m/min.
4. Lime hopper	Capacity	8.5m ³ , 8.5 t
	Feed control	By electro-magnetic feeder
	Control range	1 : 5
5. IB conveyor	Capacity	133t/hr, 93m ³ /hr
	Velocity	30m/min.
6. Circulating chute	Diameter	300mm
	Velocity	10° /s

に運ばれた DRI は、旋回シュート⑥にて炉中央に落下する。

これら各設備仕様を Table 6 に示す。

DRI の投入口は、今回一孔式を採用したが、溶解に先立ち、シミュレーションテストを行い、ほぼ3極の中央に DRI が落下するように設計した。

4. 溶解方法

DRI の連装溶解は、A 銘柄—80%配合（残20%は初装入スクラップ）を主体に、A 銘柄にて連装比率の変動の影響を確認し、銘柄別影響の把握のために、B, C, D 銘柄の80%連装溶解を行った。

また、連装溶解パターンを Fig. 4 に示すが、その概要は、おおむね次のとおりである。

(イ) 熱間補修の完了したアーク炉に所定量のスクラップと塩基度調整用の CaO を装入し、通常スクラップ溶解と同様に送電を開始する。ボーリング完了後、溶解促進のための O₂ 吹精を実施する。フラットパスが形成され鋼浴温度が大略1550℃に達した事を確認して DRI の連装を開始する。この時点の投入電力レベルは、40～45MWである。

(ロ) DRI 連装開始直後の約 5 min 間は、低速装入を行い、炉内で活発かつ定常的なボーリングが得られた時点で、最高連装速度に上げると同時に、塩基度調整用の CaO の投入を開始する。なお連装中は、鋼浴温度 1550℃ を目標に投入電力レベルを調整した。

(ハ) DRI の連装が完了したら、脱炭および鋼浴

攪拌を目的に O₂ 吹精を行い、鋼浴温度が所定の温度に達したら、サンプリングし、除滓、合金添加後出鋼する。

なお、以上の作業条件は当社における過去の DRI 溶解経験および各種基礎的予備テストの結果に基づき設定したものであるが、DRI 溶解に伴う、下記トラブルの防止に力点を置いた。

- (イ) 突沸反応の防止
- (ロ) 連装中におけるアイスバークの発生防止
- (ハ) 炉用耐火物の急激な溶損の防止

5. 溶解結果

5.1 溶解状況

DRI の溶解は炉内ボーリングが活発に持続する限り、順調に進行した。また、その溶解状況に関しては、今回のテストに関する限り、銘柄による差は経験されなかった。

バイオレントボイルに関して言えば、テスト開始頭初、連装完了直後の昇熱時に、小規模なものを経験したが、その後調査を進めるにつれ、完全に防止できた。

アイスバークは、テストを通じ数度の発生を経験したが、これまた各種調査を進めるにつれ、防止することに成功した。

5.2 製鋼時間について

全スクラップ配合チャージとの対比で、DRI 連装比率毎の製鋼時間の内訳を Table 7 に示す。

連装作業では、連装完了とともに精錬の一部が

Fig. 4. A melting pattern in 80% DRI continuous feeding on 70t-45MVA arc furnace.

Table 7. Tap to tap time of heats with varied DRI ratio.

Period	Charge ratio (%)			
	0	40	60	80
Charging	8	3	3	3
Melting	51	35	25	17
DRI melting	19	37	54	71
Adjustment		8	8	8
Slagging off	4	0	0	0
Alloy addition	6	5	5	5
Sub-total	88	88	95	104
Fettling	9	20	20	20
Grand total	97	108	115	124

完了するので、調整時間が短くなる利点はあるが、一方溶解時間（連装時間）および補修時間が長くなる。全体としては連装比率の増大に伴って、製鋼時間は延長した。

従って DRI 連装操作における製鋼時間短縮を計るには、連装速度の増大と補修時間の短縮が必要となり、連装時の投入電力効率向上による連装速度の向上対策と、耐火物問題は、今後一層の検討を要す課題と思われる。

5.3 電力原単位について

5.3.1 DRI 溶解と電力原単位

DRI はその性質上銘柄のいかんによらず、常に脈石分をもっており、脈石を溶解する分だけスクラップ溶解に比べて大きなエネルギーを必要とする。また、連続装入操作においては、アーク炉の操作の大部分がフラットパスのもとで行われるので、スクラップ溶解に比べて熱効率上不利である。Fig. 5 は、今回の A 銘柄 DRI の配合率と電力原単位 (kWh/ch・t) の関係を示したものであるが、配合率の増加とともに電力原単位は著しく悪化している。

また Fig. 6 には、溶鋼トン当りの電力原単位と T. Fe% との関連を示すが、DRI 中の T. Fe% が減少すれば当然溶鋼トン当りの原単位は悪化する。

従って、DRI 溶解に当って、このような電力原単位の増加を極力抑えることは、コスト面および能率向上面で重要となり、これに及ぼす溶解時の諸因子の影響を明確にすることは、極めて肝要な

Fig. 5. Effect of DRI charge ratio on power consumption.

Fig. 6. The comparison of each average of power consumption in 80% DRI heat (kWh/molten steel·t).

ことである。

本節では、以上の観点に基づき DRI 溶解における電力原単位に及ぼす 2, 3 の要因について検討する。

5.3.2 電力原単位に影響する要因

今、電力原単位を「装入トン当りの原単位」とすれば、その構成は次式のごとく表現できる。

$$W_t = \frac{W_s \cdot M_s + W_d \cdot M_d + W_a}{M_s + M_d + M_a}$$

W_t : Total 電力原単位 (kWh/ch・t)

W_s : 初装スクラップ溶解に要する電力原単位 (kWh/Scrap・t)

Wd: 連装中必要な電力原単位 (kWh/DRI・t)

Wa: 連装完了から出鋼までに必要な電力量 (kWh/ch)

Ms: スクラップ装入量 (t)

Md: 還元鉄連装量 (t)

Ma: 合金使用量 (t)

これらのうち Wa と Ma は、DRI の銘柄および溶解鋼種により決まる定数と考えてよいので、Total 電力原単位 (Wt) は Ws と Wd により支配されることになる。

以下 Ws と Wd について考察する。

(a) 初装スクラップ溶解に要する電力原単位 (Ws) について

Fig. 7 は連装開始までに必要な電力、すなわちスクラップ溶解時の電力原単位に及ぼす酸素使用量の影響を示したものである。

O₂ の使用量が増えれば増える程、電力原単位は低減してゆくが、その効果は 5.7~6.2kWh/Nm³ となっており、従来の全屑鉄溶解チャージの実績 (6.0kWh/Nm³) にほぼ一致する。従って DRI 配合率の如何にかかわらず、O₂ の効果としては 6.0kWh/Nm³ が期待できると考えてよい。

また、Fig. 7 における縦軸切片は O₂ を使用しない場合の電力原単位を表わすものと考えてよいが、この値は、40%連装時よりも80%連装時の方が、すなわちスクラップ装入比率が小さい方が高い値を示す。これは炉内容積に対するスクラップ充填率の差がアーク効率の差となって現われたものと考えられる。

(b) 連装時の電力原単位 (Wd) について

① 理論溶解必要電力量

Fig. 7. Effect of oxygen on power consumption before DRI continuous feed-ing (Bath temperature: 1550~1600°C).

連装中の電力原単位 (Wd) は次式の如くおのおの DRI 銘柄による性状で決まる理論必要電力量 (Wo) と連装中の電力効率 (ρ) により決定される。

$$Wd = \frac{Wo}{\rho} \times 100$$

Wo: 理論必要電力量 (kWh/DRI・t)

ρ : 投入電力効率 (%)

今回使用した DRI の理論必要電力 (Wo) を Table 8 に、また、Wo に及ぼす DRI 性状の影響を Fig. 9 に示す。

Wo に大きな影響を及ぼすものは金属化率と脈石含有率であり、10% SiO₂ が up することは、金属化率の低下にして10%分に相当することがわかる。

② 連装時の投入電力効率 (ρ)

電力効率 (ρ) を考えるに際し、ロス熱量に着目すれば、その大部分は炉体冷却水損失と排ガスの顕熱と考えてよく、その内冷却水損失熱は炉壁水冷 Box (WCP) の水量と水温上昇から測定できる。

WCP から測定した炉体冷却水損失熱量と排ガス顕熱実測値の間には Fig. 9 のような関係が得られているので WCP の抜熱を知れば、全ロス熱量を知ることができる。

DRI の溶解に当っては、WCP の水量を一定に保ち、常時A相 WCP (Fig. 10) の水温上昇を測定して、操業条件と電力効率 (ρ) の関連を調査

Fig. 8. The infuence of gangue content and metallization on theoretical power consumption.

した。

調査結果の一例を Fig. 11 に示す。A相損失熱 (LossW_A) と電力原単位には良い相関が見られる。また40%連装 chの方が80%連装 chのそれより、電力原単位が悪いことがわかる。

以下、このA相損失熱 (LossW_A) に及ぼす操業条件の影響につき考察する。

③ LossW_Aについて

A相 WCP の水量は一定なので、LossW_Aは水温差 (ΔT) で一義的に決まる。この ΔT の推移を Fig. 12 示す。

初装スクラップの溶解進行につれて ΔT は著しい上昇を示すが、連装開始と共に急激に低下し、安定した低レベルでしばらく推移する。

DRI 溶解が進行するにつれ、メタルおよび熔融スラグの量が炉容積を超え、出滓口からスラグが流出を始めるが、この流滓の進行につれて ΔT は再び上昇し、連装完了直前にピークに達する。図中は同時に測定した炉内スラグ厚さの推移を併記したが、ΔT の変化と良く対応している。

また、Fig. 13 は、投入電流をほぼ一定に保ちながら(すなわち投入電圧を変えて)投入電力の ΔT

Table 8. Theoretical power consumption for each DRI with different composition.

Item	Theoretically required heat capacity (Converted to electrical power) (kWh/DRI·t)				Calculation
	A	B	C	D	
1. For FeO reduction $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO} - 530\text{kcal/kg FeO}$	25.9	33.5	34.3	43.0	$530 \times \frac{\text{FeO}\%}{100\%} \times \frac{1\,000}{860}$
2. Sensible heat of metal $H_{\text{Fe}}^{1600^\circ\text{C}} = 331\text{kcal/kg}$	337.9	330.0	316.4	306.9	$331 \times \frac{\text{T.Fe}\%}{100\%} \times \frac{1\,000}{860}$
3. Sensible heat of gangue $H_{\text{G}}^{1600^\circ\text{C}} = 460\text{kcal/kg}$	44.4	44.4	73.9	73.9	$460 \times \frac{\text{Gangue}\%}{100\%} \times \frac{1\,000}{860}$
4. Sensible heat of C in molten steel $H_{\text{pig iron}}^{1600^\circ\text{C}} = 343\text{kcal/kg}$	0.7	1.5	0.0	0.7	$343 \times \frac{\text{T.C}\%}{100\%} \times \text{C yield} \times \frac{1\,000}{860}$
5. Sensible heat of others $H_{\text{others}}^{1600^\circ\text{C}} = (H_{\text{Fe}}^{1600^\circ\text{C}} + H_{\text{G}}^{1600^\circ\text{C}}) \times \frac{1}{2}$ $= 395.5\text{kcal/kg}$	6.9	16.5	8.3	12.1	$395.5 \times \frac{\text{others}\%}{100\%} \times \frac{1\,000}{860}$ $\text{others}\% = 100\%(\text{MFe} + \text{F}_2\text{O} + \text{G} + \text{T.C})$
6. Sensible heat of lime added $H_{\text{CaO}}^{1600^\circ\text{C}} = 462\text{kcal/kg}$	44.6	39.2	63.4	53.7	$462 \times \text{CaO kg/DRI} \times \frac{1}{860}$
7. Reaction heat of SiO ₂ in slag $\text{SiO}_2 + 2\text{CaO} \rightarrow \text{Ca}_2\text{SiO}_4 + 500\text{kcal/SiO}_2$	Δ31.7	Δ31.7	Δ47.4	Δ47.4	$500 \times \frac{\text{SiO}_2\%}{100\%} \times \frac{1\,000}{860}$
Total (W ₀)	428.7	433.4	448.9	442.9	

Note : (1) Calculated on the assumption bath temperature of 1 600°C is kept during continuous feeding.

(2) Source : Hand book of physical characteristics (Japan Iron and Steel Institute)

Fig. 9. Heat loss into cooling water and exhaust gas during continuous feeding.

Fig. 10. Location of "A" phase-WCP.

に及ぼす影響を溶鋼温度との関連でプロットしたものである。

電流一定のもとなので投入電力はアーク長の代替とみなし得る。Fig. 13 によれば、鋼浴温度およびスラグ厚が一定ならば、 ΔT はアーク長が短い程小さくなる事がわかる。

以上の2点は、いずれもフラットバス操業におけるアークのサブマージド化の有効性を示すものであり、スラグ量が多い程、またアークの長さが短い程 $LossW_A$ は減少し、従って投入電力効

Fig. 11. Relation between heat loss to cooling water and power consumption during continuous feeding of DRI (temp. 1550~1600°C).

Fig. 12. Temperature change of cooling water of "A" phase.

Fig. 13. The influence of input power and bath temperature on temperature rise of cooling water (ΔT).

率 (ρ) は増大することを示している。

5.3.3 DRI 連装操作における電力原単位 位の低減

Fig. 14 は同一銘柄で配合率を変えた場合および同一配合で銘柄を変えた場合の連装中の平均水温上昇を示したものである。

連装率、銘柄共にスラグ量が大きくなる程 ΔT は減少し、前述したサブマージドアーク操作の有効性を裏付けている。

このように、連装操作における電力原単位は銘柄性状、操作法の両方に大きく左右される。

連装時の電力原単位低減のポイントを列挙すると、次のようになる。

1. 低温操作の実施…不必要な高温操作をしない。
2. サブマージドアーク操作の実施
 - (1) スラグ厚の確保
 - (2) 良好な炉内ボイリングの持続
 - (3) フォーミースラグの形成

Fig. 14. Continuous feeding condition and temperature rise of cooling water.

Fig. 15. The relation between tapping yield and DRI charged ratio (A-DRI).

(4) ショートアーク操作

5.4 歩留について

Fig. 15 に出鋼歩留に及ぼす A 銘柄における DRI 連装比率の影響を示す。

一般に (スラグ中の $\text{Fe}\%$ > DRI 中の $\text{Fe}\%$) の条件下で溶解されるので、当然のことながら連装比率が増大するにつれて出鋼歩留は低下する。本図から推定されるように、DRI 中の Fe 分は MFe のみならず FeO の一部も還元回収される。

ところで、DRI 中の FeO の回収は、ひとえにスラグ中の FeO の回収を意味するが、スラグ中の FeO は、操作条件に大きく影響される。

Fig. 16 に連装中のスラグ中の FeO に及ぼす操作条件の影響を示す。 FeO は溶鋼中の $[\text{C}]$ % が高い、溶鋼温度が高い、またスラグの塩基度が 1.5 ~ 2.5 の範囲では塩基度が高い程減少する。

また、Fig. 17 に DRI 中の $\text{T} [\text{C}]$ % と FeO の

Fig. 16. The relation between $(\text{FeO})\%$ in calculation and $(\text{FeO})\%$ in observation.

Fig. 17. Recovery of FeO in DRI.

還元回収率の関係を示す。各種操作条件の変動によりばらつきはあるが、DRI中のT〔C〕%が高くなればなる程還元回収率が向上することがわかる。

5.5 DRI 連装とアーク炉の電気特性

当社が開発したミニコン内蔵のアーク炉最適電力制御装置 (ARMS-MARK II) を利用して、DRI溶解時、スクラップ溶解時の電流、電力、力率、

リアクタンスを測定した。

測定結果の一例を Fig. 18 に変動状況のとりまとめを Table 9 に示す。

これらの測定から、DRI溶解時の電氣的諸量の変動率は、通常スクラップ溶解時に比して $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{2}$ と非常に少なくなることが明らかであり、DRIの連装溶解はスクラップに比し安定した送電ができ、制御しやすいことがわかる。

Fig. 18. Fluctuation of electrical characteristics.

Table 9. Comparison of electrical characteristics between all scrap and DRI melting operation.

Item	Designation	Scrap☆☆	DRI☆☆
Arc current	☆S.D./Mean value (%)	11.10	3.16
	Mean value (kA)	44.5	52.4
Input power	S.D./Mean value (%)	10.97	5.43
	Mean value (kW)	36.8	40.3
Power factor	S.D./Mean value (%)	2.90	1.20
	Mean value (%)	79.2	79.8
Reactance	S.D./Mean value (%)	10.38	2.40
	Mean value (mΩ)	4.24	3.85

Note: ☆S.D.: Standard deviation

☆☆: Average of 10 heats

Fig. 19. Flicker record.

同時にフリッカーの発生状況も調査したが、DRI 溶解では、スクラップ溶解に比してフリッカーが30～50%に減少しており (Fig. 19) この面でも DRI は有利である。

5.6 DRI 溶解チャージの品質

5.6.1 [H]

鍋下 [H] の比較を Fig. 20 に示す。DRI 連装中の CO ボイルの活発なことから見て、脱 [H] 効果は十分考えられるが、結果としては差が出ていない。これは通常チャージにおけると同様、連装後における造滓→合金投入→出鋼の過程で [H] がピックアップするためと思われる。

5.6.2 [N]

Fig. 21 に [N] の推移を示す。[N] はDRI 連装時に極端に低下し、その後急激に上昇するが通常電炉材よりは低い値を示す。

5.6.3 [O]

DRI 連装を行ったチャージの鋼片中の [O] は、13～30ppm と通常全スクラップ操業における大気溶解チャージと大差なかった。

6. 結 言

今回、UHP 炉における DRI 大量連装溶解技術の確立を目的として、約3700 t の DRI 溶解を行ったが、さしたるトラブルもなく溶解を終えるとともに、貴重な技術情報の収集に成功した。

その要点は次のとおりである。

Fig. 20. [H] in ladle.

Fig. 21. The variation of nitrogen level in steel.

- (1) 製鋼時間は、DRI 連装率が大きくなるにつれ、溶解時間の延長と補修時間の増大により長

くなり、連装時の投入電力の効率 up による連装速度の向上および耐火物溶損対策が必要となる。

- (2) 連装時の投入電力の効率をあげるには、低温連装を指向すると同時に、サブマージドアーク操業が効果的である。
- (3) DRI の歩留に関しては、DRI中のMFeは100%回収されると考えてよく、FeOは操業条件に

もよるが40～60%還元回収される。

- (4) DRI 連装時にはフリッカーを始めとして、各種電気諸量の変動幅は、全スクラップ溶解時に比べ $1/2 \sim 1/3$ に減少し、その制御は容易になる。
- 最後に本溶解テストを行うに際し、終始適切な助言とご協力をいただいた、新日本製鐵株大久保静夫氏を始めとするDRI メンバーおよび大同特殊鋼株中央研究所の各位に厚くお礼申しあげる。

TS型・CF型 CFO型

DAI-OXIL-BURNER

ダイオキシルバーナーは、
画期的な燃焼方式を採用したOXY-OILバーナーであります。製鋼用高炉、アーク炉をはじめ、あらゆる工業炉に於いて生産性の向上によるコストダウン、新製品の開発等に大きく貢献しております。

* T S 型——低酸素方式
C F 型——中酸素方式
C F O 型——全酸素方式

* 燃油量：
3L/H～5,000L/H

ガスバーナーの製作もいたしております。

大同酸素株式会社

大阪市南区鰻谷中之町72番地の1 TEL 06-252-1381(大代表)
東京・横浜・名古屋・大阪・堺・和歌山・坂出・高砂・広島・北九州・岡山・富山・千葉

CF型バーナーの炉内の火焔