

してある。

Fig. 4 に見られるごとく、処理初期と脱ガスが進行した末期はほぼ 15t/min の値となつて居るが中期の C-O 反応の激しい時期は脱酸度の違いによつて差がある傾向が見られる。脱酸度の小さい場合は C-O 反応と Ar の作用により槽内は激しい湯面の上下と飛沫が現われ環流量に影響しているものと考えられる。C 量による差は Low C の場合が欠測となつたので不明であるが観察の状況からは High C の方が脱ガス反応激しく、したがつて環流量は少ないと推定される。

5.2 取鍋内の溶鋼の混合について

Fig. 3 に示すごとく、計数値は最初のピークがあらわれた後、直ちに I_{mix} にほとんど等しい計数値となり、第 2, 第 3 のピークはあらわれなかつた。

これは、上昇管より吸あげられた R. I. が脱ガス槽内を通り、下降管より取鍋に戻るときのただちに取鍋中の溶鋼と均一に混合されたことを示している。Fig. 3 は一例であるが、本調査の 14 件の測定はすべて同様の状況であり、当工場の場合、下降管より取鍋内にもどつた溶鋼は取鍋中の溶鋼と完全に混合するものと考えてよい。このことはまた、取鍋下試料の計数値に差がないことから確認された。

6. 結 言

以上、知多工場の R-H 脱ガス処理における溶鋼の環流速度を測定した結果を要約するとつぎのごとくである。

1. 溶鋼の環流速度は 10~20 t/min である。
2. 鋼種、アルゴン流量による変化はすくないが処理中期では脱酸度が大きいほど環流速度が大となる傾向がみとめられた。
3. 取鍋内における溶鋼の混合状態は完全混合とみなしてよい。

文 献

- 1) G. H. PROPSTL: Stahl u. Eisen, 80 (1960) p. 863
- 2) H. MAAS: Revue de Métallurgie, Mai, (1963), p. 421
- 3) 渡辺, 他: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1773

(82) LD 転炉におけるスクラップ溶解率について

日本鋼管, 鶴見製鉄所

長谷川友博・二上 愛・松田 一敏

○小谷野敬之・安居 孝司

〃 技術研究所 稲本 金也

On the Scrap Melting Ratio in LD

Converter

Tomoshiro HASEGAWA, Kaoru NIKAMI
Kazutoshi MATSUDA, Takayuki KOYANO
and Takashi YASUI

1. 緒 言

転炉吹錬中のスクラップの溶解率を定量的に精度よく知ることは、終点における未溶解スクラップの発生を防

止して操業を安定させるためにも、また今後転炉吹錬のダイナミックコントロールを開発するための基礎データとしてもきわめて重要であると考えられるが、現在までのところこの問題に関する研究論文はあまり発表されていない¹⁾²⁾。

われわれは最近、いくつかの吹錬条件のもとで、スクラップの溶解率を放射性同位元素 (R. I.) を用いて調査し、かなり精度のよい結果がえられたのでここに簡単に取りまとめて報告する。

2. 実験方法

2.1 R. I. 核種の選定

- 今回の調査に使用する R. I. の具備すべき条件は、
- (1) スラグ、ダスト、廃ガス中への移行率が小さいこと。
 - (2) 鋼中に均一に含有されること。
 - (3) 半減期があまり長くないこと。
 - (4) シンチレーションカウンターで放射能が容易に測定できること。
 - (5) 容易に入手でき安価であること。

などであり、これらの条件を考慮した上で ¹⁹⁸Au と ⁹⁹Mo の 2 種を選び、(1) と (2) に関する両者の性質を予備実験で比較検討したのち、(1) と (2) の条件をよりよく満足する方を使用することにした。

2.2 R. I. 添加方法とスクラップ溶解率の算出方法

R. I. の添加方法としては、溶銑に添加する方法、スクラップに添加する方法、溶銑とスクラップの両方に添加する方法の 3 つが考えられ、2.1 の (1) と (2) の条件が満足されると仮定すればそれぞれの場合に対するスクラップ溶解率の算出式は次のごとくである。

- $K(t)$; 吹錬開始 t min 後のスクラップ溶解率
- $R_m(t)$; 吹錬開始 t min 後の溶鋼の比放射能
- W_p ; 溶銑装入量
- W_s ; スクラップ装入量
- $W_0(t)$; 吹錬開始 t min 後の溶銑減少量
- R_p ; 溶銑の比放射能
- R_s ; スクラップの比放射能
- R_p^A ; 溶銑の R. I. ^A の比放射能
- R_s^B ; スクラップの R. I. ^B の比放射能
- $R_m^A(t)$; 吹錬開始 t min 後の溶鋼の R. I. ^A の比放射能
- $R_m^B(t)$; 吹錬開始 t min 後の溶鋼の R. I. ^B の比放射能

とおけば

- (1) 溶銑に添加した場合

$$K(t) = (R_p/R_{m(t)})(W_p/W_s) - (W_p - W_{0(t)})/W_s \dots\dots\dots (1)$$
- (2) スクラップに添加した場合

$$K(t) = \{R_m(t)/(R_s - R_{m(t)})\}(W_p - W_{0(t)})/W_s \dots\dots\dots (2)$$
- (3) 溶銑とスクラップの両方に添加した場合

$$K(t) = (R_m^B(t)/R_m^A(t))(R_p^A/R_s^B)/(W_p/W_s) \dots\dots\dots (3)$$

求められるスクラップ溶解率 $K(t)$ の精度を検討した結果、(2) と (3) の場合には (1) の場合に対してその精度が 5~10 倍に向上することが明らかとなつたが、(3) は 2 種の R. I. の放射能を別々に測定す

ることに種々の問題があるため、簡単に実験が行なえる (1) の方法でまず予備実験を行ない、その後 (2) の方法で本実験を行なうことにした。

2.3 予備実験方法

溶鉄に ^{198}Au を添加して 3 ヒート、 ^{99}Mo を添加して 1 ヒート、計 4 ヒートについて、次のような方法で各項目について調査した。

2.3.1 スラグ、ダストへの放射能の移行率

スラグは吹錬中に投込み式サンプラーにて 2 min 間隔で採取し、ダストは 5 min 間隔で採取して、これらの比放射能を測定した。

2.3.2 吹錬中の鋼浴内およびサンプル内の放射能の偏析

吹錬開始後 7 min と 15 min 経過時に投込み式サンプラーにてそれぞれ同時に 5 コの溶鋼サンプルを採取し、この内各 5 コのサンプル間の比放射能を比較し、残りの各 1 コのサンプルは旋盤で削つて表層部、中間部、中心部の切粉に分類し、これらの切粉を高周波炉で再溶解して円筒形に鋳造したのち一定形状に仕上げ、これらの

各 3 コのサンプル間の比放射能を比較した。

2.3.3 スラブ内の放射能の偏析

R. I. をスクラップに添加する方法によれば、えられるスクラップ溶解率の精度が向上することは先に述べたが、この場合スクラップ内に放射能の偏析がないことが前提条件である。この点を確かめるために ^{198}Au と ^{99}Mo を添加した各 1 ヒートについて鋼塊各 1 本を $200 \times 1590 \times 4600 \text{ mm}$ のスラブに圧延し、Fig. 1 に示す位置から $50 \text{ mm } \phi \times 15 \text{ mm}$ のサンプルを各 27 コ採取してこれらのサンプル間の比放射能を比較した。

2.4 本実験方法

予備実験の結果からどちらかより適当な方の R. I. を使用することにし、この R. I. を含有したスクラップを製造するために吹錬開始時にこの R. I. を添加したヒートを 2 ヒート (160 t) 出鋼し、各ヒートとも 10 t 鋼塊 8 本に造塊して次のように屑化圧延した。

クロープエンド屑 (heavy scrap); 80 t を $150 \times 1910 \times 4450 \text{ mm}$ のスラブに圧延したのち、巾約 600 mm ずつに切断。

板屑 (light scrap); 残りの 80 t を $15 \times 2800 \times 30,000 \text{ mm}$ の板に圧延したのち、分割シャーにて $300 \times 450 \text{ mm}$ 角に切断。

吹錬中のスクラップ溶解率に影響する要因は多数考えられるが、スクラップの物理的形狀を 2 水準 (クロープ屑 30% と板屑 70%, およびクロープ屑 70% と板屑 30%), 吹錬圧力を 2 水準 (8.0 kg/cm^2 と 9.5 kg/cm^2) を考え、繰返し 2 回で計 8 ヒートの実験を行なうことにし、その他の要因はできる限

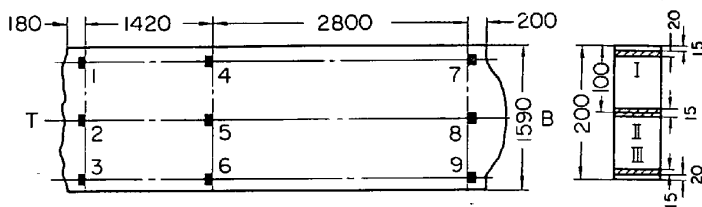


Fig. 1. Position of samples taken from test slab.

Table 1. Distribution of ^{198}Au and ^{99}Mo in test slabs.

Sample No.	Count	Difference from the average	Distribution				Count	Difference from the average	Distribution			
			$\leq \sigma$	$\sigma < \leq 2\sigma$	$2\sigma < \leq 3\sigma$	$3\sigma <$			$\leq \sigma$	$\sigma < \leq 2\sigma$	$2\sigma < \leq 3\sigma$	$3\sigma <$
1-I	11,510	580					6892	-112	○			
-II	11,250	320		○			6970	-34	○			
-III	11,500	570				○	6914	-90	○			
2-I	11,280	350			○		7096	92	○			
-II	11,390	460			○		6952	-52	○			
-III	11,230	300		○			7097	93	○			
3-I	11,290	360			○		6897	-107	○			
-II	11,260	330			○		6662	-382				○
-III	11,700	770				○	6743	-261			○	○
4-I	10,830	-100	○				6906	-98	○			
-II	10,830	-100	○				6937	-67	○			
-III	11,030	100	○				6825	-179		○		
5-I	11,000	70	○				7043	39	○			
-II	11,060	130	○				7387	383				○
-III	10,890	-40	○				6780	-224		○		
6-I	10,780	-150	○				7074	70	○			
-II	11,020	90	○				7040	36	○			
-III	11,090	160	○				7088	84	○			
7-I	10,940	10	○				7111	107	○			
-II	11,170	240		○			6989	-15	○			
-III	10,980	50			○		6819	-185		○		
8-I	10,500	-430				○	7193	189		○		
-II	9,950	-980					6634	-370			○	
-III	10,730	-200		○			6801	-203		○		
9-I	10,810	-120	○				6975	-29	○			
-II	10,700	-230		○			7113	109	○			
-III	10,470	-460			○		6795	-209		○		
平均	10,930			$\sigma = \pm 164$			7004		$\sigma \pm 126$			

Table 2. Main operational conditions of test heats.

Test heat No.		1	2	3	4	5	6	7	8
Factor									
Furnace life		235	236	273	274	403	404	441	442
Hot metal	kg	66,000	66,000	66,300	66,900	64,700	65,300	65,500	65,500
Light scrap	kg	12,920	4,960	13,340	6,080	14,300	5,580	14,460	5,460
Heavy scrap	kg	5,780	13,760	5,340	12,600	5,340	14,140	5,180	14,220
Total charge weight	kg	84,700	84,720	84,980	85,580	84,340	85,220	85,240	85,180
Burnt lime	kg	3,540	3,540	3,540	3,540	3,740	3,740	3,300	3,280
Mill scale	kg	1,680	1,990	2,045	1,980	1,470	1,405	1,230	1,475
Fluor-spar	kg	278	266	324	318	302	294	300	302
Hot metal [Si]	%	0.51	0.48	0.51	0.52	0.39	0.41	0.46	0.44
Blowing pressure	kg/cm ²	8.0	8.0	9.5	9.5	8.0	8.0	9.5	9.5
Lance height	m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Blowing time	min	19.4	19.0	16.1	16.3	20.6	19.7	16.7	16.1
O ₂ consumption	Nm ³	3680	3640	3640	3680	3780	3640	3700	3680
End point [C]	%	0.20	0.21	0.18	0.18	0.09	0.18	0.22	0.20
End point temperature	°C	1599	1582	1580	1582	1620	1592	1601	1586

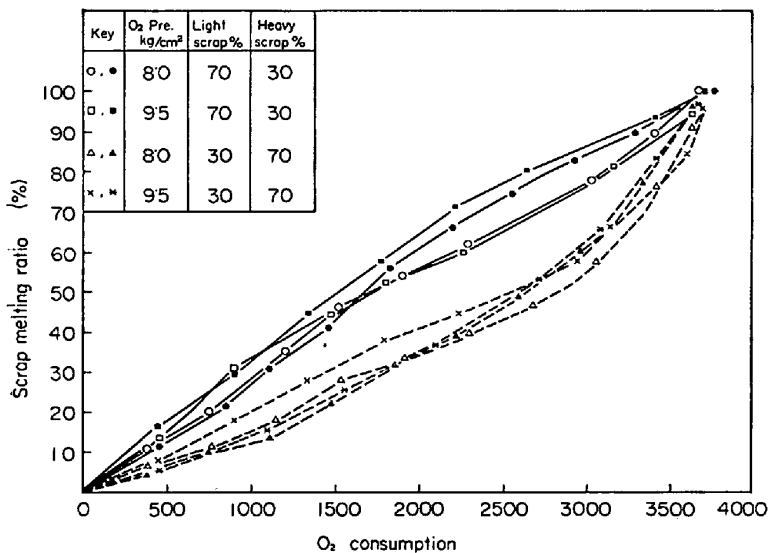


Fig. 2. Change of the scrap melting ratio during the blowing.

り同一となるように配慮した。

溶鋼とスラグのサンプルは投込み式サンプラーにて吹錬中 2 mm 間隔で採取し、溶鋼サンプルを 15 mm φ × 30 mm に加工したのちシンチレーションカウンターで比放射能を測定した。

3. 実験結果

3.1 予備実験結果

3.1.1 スラグ、ダストへの放射能の移行率

¹⁹⁸Au はどの時期のスラグにも移行していないが、ダストへは添加全放射能の 0.35% が移行することがわかり、また ⁹⁹Mo は添加全放射能の約 4% がスラグへ、0.6% がダストへ移行することがわかった。

3.1.2 吹錬中の鋼浴内およびサンプル内の放射能の偏析

吹錬開始後 7 min および 15 min に採取した各 4 コのサンプルの比放射能の間、および各 1 コのサンプルの表層部、中間部、中心部の比放射能の間には、いずれも危険率 5% で有意差が認められなかった。これより吹錬中の鋼浴内および採取したサンプル内の放射能の偏析

は無視しうると考えられ、今後の本試験においては各時期に 1 コのサンプルを採取し、そのサンプルの中心部から削り出されたサンプルの比放射能をもつてその時点の鋼浴の比放射能としてさしつかえないことが確認された。

3.1.3 スラブ内の放射能の偏析

Table 1 にスラブ内の放射能の測定結果を示す。¹⁹⁸Au も ⁹⁹Mo も一定の偏析パターンにしたがっているとはみえず、むしろランダムに偏析しているように見え、⁹⁹Mo の方が若干偏析が少ないようである。ここでスクラップの中間部の放射能に対して表層部が -5%、中心部が +5% 偏析している場合を仮定し、この偏析がスクラップ溶解率の精度に与える影響を検討してみると 2% 以下であり、実際の偏析はこの仮定よりも小さいことから、スクラップ内の放射能の偏析を無視してもそれほど大きな誤差は生じないと考えられる。

以上の予備実験結果から、本実験では R. I. として ¹⁹⁸Au を使用することにした。

3.2 本実験結果

Table 2 に本実験 8 ヒートの主な操業条件を示し、Fig. 2 にえられた吹錬中のスクラップ溶解率の変化を示す。スクラップ溶解率は 2.2 の (2) 式によつて算出したが、ここで $W_{O(t)}$ は溶鋼、スラグの化学成分、溶鋼量、スラグ量とから脱 C 量、脱 Si 量、脱 Mn 量、スラグとダストへの Fe 損失量を求め、これらの合算量とした。また、スクラップは溶解しても重量は変化しないと仮定した。

4. 考察

板屑とクロップ屑の配合比によつて吹錬中のスクラップ溶解率は明らかに異なっており、板屑配合比の高い場合には吹錬初期に高く末期にいくにしたがってだんだん小さくなる傾向であり、一方クロップ配合比の高い場合には逆の傾向である。板屑配合比 70% の場合でも終点直前まで未溶解スクラップが存在しており、クロップ屑配合比 70% の場合には終点で約 1 t 程度の溶け残りが生じている。吹錬圧力 80 kg/cm² と 9.5 kg/cm² とではスクラップ溶解率にはつきりした差は認められない。

一定の形状をしたリターンスクラップのみを使用し同一条件で吹錬を行なった場合でも、スクラップ溶解率はかなりばらついておりその再現性はあまりよくないようである。Fig. 2 において酸素流量 1500 Nm^3 までのスクラップ溶解速度を大体直線と考えそれぞれ $V_A, V_B (\%/ \text{Nm}^3)$ とすると、 $V_A/V_B=1.9$ となり、一方装入スクラップ表面積をそれぞれ $S_A, S_B \text{ m}^2$ とすると、 $S_A/S_B=2.0$ であり、吹錬初期のスクラップ溶解速度は装入スクラップの表面積に大体比例すると考えられる。しかし吹錬の進行とともに残存スクラップの表面積は減少し、溶鋼成分、温度、鋼浴攪拌状態も変化していくため、スクラップの溶解機構はきわめて複雑になり³⁾、吹錬中のスクラップ溶解速度を精度よく数式化することはむずかしい問題である。

5. 結 言

^{198}Au を添加したスクラップを使用して転炉吹錬中のスクラップの溶解率の調査を行ない、以下の結果をえた。

(1) 板屑配合比 70% でも終点直前まで未溶解スクラップが存在し、クロップ配合比 70% では約 1 t の溶け残りを生じ、スクラップの溶解はかなりおそい。

(2) 装入スクラップの表面積によつてスクラップ溶解率はかなり異なり、吹錬初期のスクラップ溶解速度はスクラップ表面積にほぼ比例している。

(3) 吹錬圧力 8.0 kg/cm^2 と 9.5 kg/cm^2 とではスクラップ溶解率にはつきりした差は認められない。

(4) 同一吹錬条件でも吹錬中のスクラップ溶解率はかなりばらついており、その再現性はあまりよくないようである。

文 献

- 1) 富士広畑提出：第 15 回 LD 技術懇談会資料
- 2) A. N. SKREBTSOV: Radioisotope study of the Open-Hearth Process, (英訳) (1965), p. 27 [Edward Arnold Ltd., London]
- 3) D. L. LIPPITT: Metals Engineering Quarterly, 5 (1964), p. 58

(83) 転炉のクロム含有スクラップ配合吹錬について

(転炉の吹錬に関する研究—Ⅲ)

住友金属工業，中央技術研究所

工博 田上豊助・赤松経一・○山崎 章

On the Blowing in Basic Oxygen Converter with Scrap Containing Chromium

(Study on the blowing in basic oxygen converter—Ⅲ)

Dr. Toyosuke TANOUÉ, Kyoichi AKAMATSU and Akira YAMAZAKI

1. 緒 言

転炉の溶製鋼種の拡大化にともない、合金鋼の溶製比率が増加すると、Cr の富化したスクラップを循環使用することによる精錬、とくに脱燐反応への影響あるいは

普通鋼に対する Cr 汚染の問題を検討する必要がある。

平炉、電気炉操業においても、鋼滓中の Cr の増加は、鋼滓の粘性を増加し、炉が“うわ熱”となり、脱炭反応が遅延し脱燐が阻害されるため、通常 Cr の配合限界を管理して操業を実施している。また普通鋼材の Cr 汚染は、硬度増加により、加工工程で問題を生ずる。

転炉における Cr 含有スクラップの配合吹錬に関する報告は見当たらないので、小型試験転炉で吹錬実験を行ない、転炉の Cr 配合限界を脱燐反応の面から検討を加え、転炉の合金鋼吹錬について考察を加えた。

2. 実験方法

2.1 試験転炉

炉容量：60 kg，模型比：70 t 転炉の 1/11

炉内寸法：炉径 280 mm，炉口径 160 mm，炉高 580 mm，鋼浴深さ約 140 mm

試験転炉の配列、付属装置は前報¹⁾と同様である。

2.2 試験方法

試験転炉の操業方法は前報¹⁾と同様である。なお鋼浴分析試料の採取は、直径約 15 mm の石英管（一端封じ）の底部から約 50 mm の位置に 15 mm ϕ の孔を開け、銅板で孔を覆つて鋼浴中に浸漬する汲上げによつた。鋼滓試料は鉄製カップで汲上げて採取した。

2.3 実験条件

2.3.1 主原料，副原料配合

主原料装入量：60 kg，スクラップ比：8~13%

副原料装入量：生石灰 50 kg/t，鉄鉱石 20 kg/t，螢石 2.4 kg/t（実炉操業実績値にもとづく）吹錬前添加。

溶銑成分：C 4.00~4.20%，Si 0.35~0.40%，Mn 0.60~0.80%，P 0.23~0.26%，S 0.05~0.06%，Cr 0.01%

Cr 配合条件：Cr 配合量 0.01~3%

低炭素普通鋼スクラップと低炭素 10，28% Cr 鋼スクラップを適宜配合し、Cr 配合量を変化させて実験を行なった。

2.3.2 吹錬条件

酸素流量：400 l/min (6.7 Nm³/min)，吹錬時間：約 7.5 min

ランス形状：3 孔ストレートノズル，ノズル径 1.73 mm ϕ ノズル傾斜角 7°

ランス高さ：80 mm，鋼浴凹み深さ：45 mm

3. 実験結果

3.1 Cr 配合量と終点 Cr%，Cr 歩留との関係

Fig. 1 に Cr 配合量と終点における鋼浴 Cr%，Cr 歩留との関係を示す。Cr 歩留は出鋼歩留 92% として算出した。Cr 配合量の増加にともない終点 Cr% は増加する。Cr 歩留は Cr 配合量 0.01%，0.25%，0.50% でそれぞれ 92%，50%，32% に急速に低下し、Cr 配合量 1~3% では約 25% のほぼ一定値を示している。

3.2 脱燐反応におよぼす Cr 配合の影響

Fig. 2 に Cr 配合量と終点 P%，脱燐率との関係を示す。Cr 配合量約 0.5% までは、終点 P は 0.018~0.025% 脱燐率は約 90% にほぼ一定しているが、Cr 配合量約 1% 以上では、Cr 配合量の増加と共に終点 P は上昇し、Cr 配合量 2.86% (終点 Cr 0.9%) では、