

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、

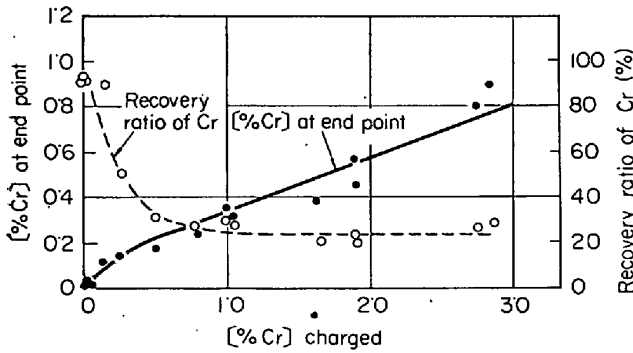


Fig. 1. Relation between [% Cr] charged and [% Cr] at end point and recovery of Cr.

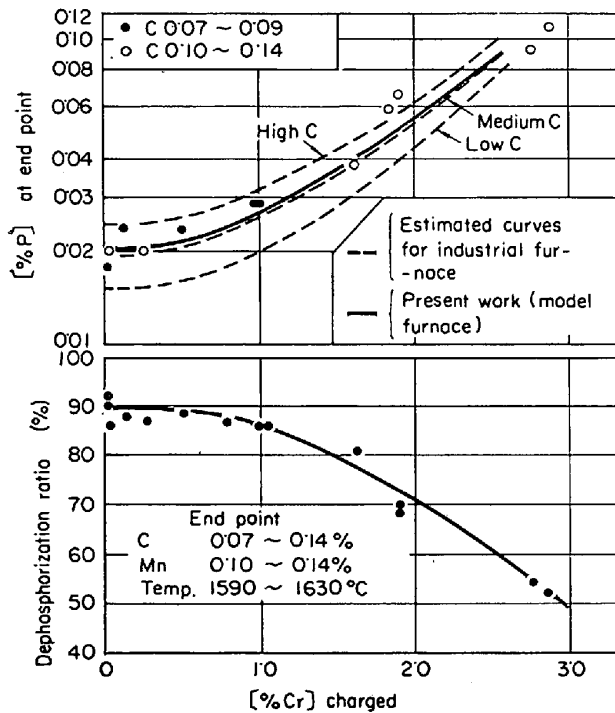


Fig. 2. Relation between [% Cr] charged and [% P] at end point and dephosphorization ratio.

終点 P 0.11%, 脱磷率 52% に達する。実炉における Cr 配合吹錬の脱磷状況が、本実験で得られた結果と同様の傾向で変化すると仮定して、Cr 配合量の限界を検討する。普通操業における終点平均 P% は低、中、高炭素鋼でそれぞれ 0.015, 0.020, 0.025% である。Cr 無配合の位置にこれらの値を取り、実炉における終点 P の変化を推定した曲線を Fig. 2 の点線で示した。成品 P の目標上限を 0.025%, 復磷量を 0.003% と仮定すると、低、中炭素鋼の Cr 配合量の限界は、それぞれ 1.1%, 0.6% 程度となり、高炭素鋼では Cr 配合は行なえない。

4. 考 察

4.1 脱磷反応に対する考察

Cr 配合吹錬において、脱磷が悪化する原因について、脱磷平衡式による検討を行なった。脱磷平衡式として P. HERASYMENKO と G. E. SPEIGHT²⁾ の方法を用いて

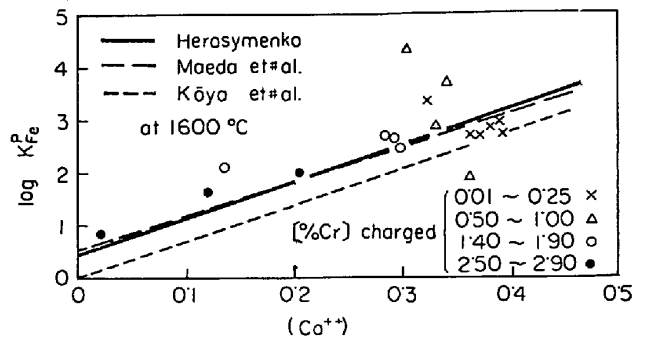


Fig. 3. The effect of (Ca⁺⁺) on log K_{Fe}^P.

検討した結果を Fig. 3 に示す。なお Cr₂O₃ は Cr⁺³ と O⁻² にイオン解離すると仮定した。図中に前田氏など³⁾、神谷氏など⁴⁾の転炉操業の解析結果を併示した。それぞれの脱磷平衡式はつぎのとおりである。

$$K_{Fe}^P = \frac{(PO_4^{3-})}{([\%P] \cdot (Fe^{+2})^{5/2} \cdot (O^{-2})^{1/4}}$$

$$\log K_{Fe}^P = 7(Ca^{+2}) + 14660/T - 7.44$$

.....HERASYMENKO²⁾
 $\log K_{Fe}^P = 6.72(Ca^{+2}) + 7210/T - 3.41$ 前田³⁾
 $\log K_{Fe}^P = 9.99(Ca^{+2}) + 12700/T - 6.79$ 神谷⁴⁾
 本実験結果はデータのバラツキもあり、HERASYMENKO の平衡式より log K_{Fe}^P の値が高い側にデータが集中している。

この結果から脱磷平衡からのズレの問題は明らかにされない。しかし Cr 配合の多いものほど (Ca⁺⁺) が低く、K_{Fe}^P の値も低くなっている。この事実から Cr 配合が多くなると、石灰の滓化がおくられて (Ca⁺⁺) すなわち遊離 CaO あるいは塩基度が減少し、さらに FeO·Cr₂O₃ の生成のため遊離 FeO の減少も推察され、このため脱磷が悪化するものと考えられる。

4.2 合金鋼吹錬に対する考察

転炉で合金鋼を吹錬する場合、1) 合金鋼吹錬については合金鋼回収スクラップ装入時の Cr 配合量に対する脱磷面からの制約、2) 普通鋼吹錬については、合金鋼回収スクラップ装入時の Cr 配合量に対する Cr 汚染からの制約を考慮すると、合金鋼溶製比率が決定される。

1) については、(1), (2) 式が成立し、合金鋼溶製時の Cr 含有スクラップ配合率が決定される。

$$\therefore R_s \leq \frac{100\alpha_s - [Cr]_m \cdot R_t - (100 - R_t) \cdot [Cr]_H}{[Cr]_s - [Cr]_m}$$

$$R_s \leq R_t \text{ (2)}$$

2) については (3)~(6) 式が成立し、合金鋼溶製比率が決定される。

$$\frac{[Cr]_s \cdot B(P_s - R_s) + [Cr]_m \{P_m \cdot A - B(R_t - R_s)\} + [Cr]_H \cdot A \cdot (100 - R_t)}{(100 - R_t) \cdot A + P_m \cdot A + P_s \cdot B - R_t \cdot B} \leq \alpha_m \text{ (3)}$$

ただし、合金鋼回収スクラップは全量、合金鋼、普通鋼吹錬において消化すると仮定する。

$$r = \frac{B/A}{1 + B/A} \times 100 \text{ (4)}$$

i) R_s < R_t なる場合 (合金鋼吹錬において普通鋼スクラップ配合を必要とする場合)

(3) 式より

$$\frac{B}{A} \leq \frac{\alpha_m(100-R_t+P_m)-[Cr]_m \cdot P_m-(100-R_t) \cdot [Cr]_H}{(100-R_t)[Cr]_H-100\alpha_s + [Cr]_s \cdot P_s - \alpha_m(P_s+P_t)} \dots\dots\dots (5)$$

ii) $R_s=R_t$ なる場合 (合金鋼吹錬では Cr 含有スクラップのみを使用する場合)

(3) 式より

$$\frac{B}{A} \leq \frac{\alpha_m(100-R_t+P_m)-[Cr]_m \cdot P_m-(100-R_t)[Cr]_H}{[Cr]_s \cdot (P_s-R_t) - \alpha_m(P_s-R_t)} \dots\dots\dots (6)$$

[Cr]: 成品 Cr%, α : Cr 配合量 %, P: スクラップ回収率 %, 添字 m は普通鋼, 添字 s は合金鋼に対する記号, R_s : 合金鋼吹錬における Cr 含有スクラップ配合率 %, R_t : 全スクラップ配合率 %, $[Cr]_H$: 溶銑中の Cr 含有量 %, A: 普通鋼生産量 t , B: 合金鋼生産量 t , r : 合金鋼溶製比率 %

合金鋼吹錬における脱磷面からの Cr 配合限界は本実験結果から低, 中炭素鋼ではそれぞれ $\alpha_s \leq 1.1, 0.6\%$ である. 一方普通鋼の成品 Cr 含有量の限界は機械的性質, 加工性, 溶接性などにおよぼす微量 Cr の影響から推定される. すなわち Cr 0.1% 以下においては加工性以外の諸性質に対する影響はほとんどみとめられていないが, 加工性に対しては三橋⁵⁾は軟鋼板のエリクセン値が Cr 0.1% の添加により 3.8% 低下すること, および大竹⁶⁾が 0.1% C 鋼についての冷間引抜時の硬度増加率は 2.5%/0.1% Cr と報告しており, また SHEPERS⁷⁾は 0.13% 以下の Cr 含有によつても冷間加工性が著しく阻害されるとしている. 普通鋼の成品 Cr 含有量の許容限界を $[Cr]_m \leq 0.05\%$ (この場合には Fig. 2 より $\alpha_m \leq 0.06$) と仮定し, $R_t=20\%$, $P_m=20\%$, $P_s=40\%$, $[Cr]_H=0.05\%$ の場合について計算した結果を Fig. 4 に示す. この図よりつぎの諸点が明らかとなる.

1) 回収スクラップ全量を転炉で消化する場合, 合金鋼溶製比率と合金鋼平均 Cr% とは低炭素鋼, 中炭素鋼

に対してそれぞれ a-c-d, a-b-e の曲線の下領域の値をとる必要がある. また, a-c-d, a-b-e の曲線より上の領域では合金鋼の回収スクラップが残留するため転炉以外に電気炉設備が必要となる. 合金鋼の成品平均 Cr% が低, 中炭素合金鋼でそれぞれ c 点, b 点における $[Cr]_s$ よりも高い場合には合金鋼吹錬において普通鋼回収スクラップを使用する必要がある.

2) 普通鋼の成品 Cr 含有量 $[Cr]_m$ の限界を 0.05% とすれば, 合金鋼溶製比率は合金鋼の平均成品 Cr 含有量 $[Cr]_s$ 2% 程度まで急激に低下し, $[Cr]_s=0.5, 1.0, 2.0\%$ に対し, それぞれ 9.0, 4.5, 2.5% となる. また 13%Cr 以上のステンレス鋼の溶製は考えられない. なお, 普通鋼の成品 Cr 含有量の限界を 0.10% とした場合には, 合金鋼溶製比率は $[Cr]_s=0.5, 1.0, 2.0\%$ に対しそれぞれ 56, 35, 20% となる.

5. 結 言

転炉における Cr 配合吹錬について主として脱磷反応の面から検討した結果, つぎの諸点が明らかとなった.

1) 転炉において Cr 配合吹錬を行なうと脱磷は阻害される. 成品 P の規格上限を 0.025% とすると Cr 配合量の上限は低炭, 中炭素鋼ではそれぞれ約 1.1, 0.6% である. また高炭素鋼では Cr 含有スクラップの配合は行なえない.

2) Cr 配合吹錬において脱磷が悪化する原因は石灰の滓化が不良となり, 塩基度が減少し, さらに $FeO \cdot Cr_2O_3$ の生成による遊離 FeO の減少によると考えられる.

3) 転炉の Cr 配合吹錬において回収スクラップを全量転炉で消化する場合の合金鋼溶製比率と普通鋼の配合 Cr%, 成品 Cr%, および合金鋼の配合 Cr%, 成品 Cr% との関係を示した. 普通鋼成品 Cr% を 0.05% とすると, 合金鋼平均成品 % が 0.5, 1.0, 2.0% の場合, 合金鋼溶製比率がそれぞれ 9.0, 4.5, 2.5% 以上に対しては転炉以外に電気炉の設備が必要である.

文 献

- 1) 田上, 赤松, 池田, 山崎: 鉄と鋼, 52 (1966) 3, p. 350
- 2) P. HERASYMENKO and G. E. SPEIGHT: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), 156 (1947), p. 505
- 3) 前田, 田島, 本間: 鉄と鋼, 44 (1958) 9, p. 1063
- 4) 神谷, 松永, 中谷: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 400
- 5) 三橋: 鉄と鋼, 42 (1956), p. 880
- 6) 大竹: 鉄と鋼, 45 (1959), p. 1089
- 7) A. SHEPERS: Stahl u. Eisen, 76 (1956), p. 896

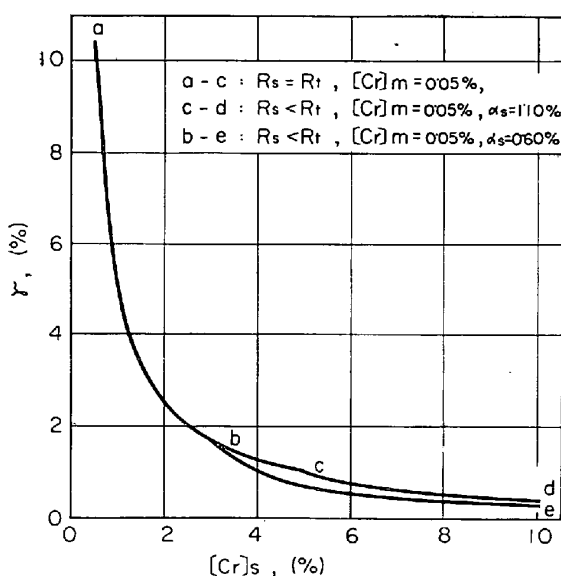


Fig. 4. Relation between mean Cr% of alloy steel, $[Cr]_s$, and ratio of alloy steel to total steel production, γ .