

転炉を用いた脱りん脱炭連続処理プロセスの開発

小川 雄司*・矢野 正孝*²・北村 信也*・平田 浩*³

Development of the Continuous Dephosphorization and Decarburization Process Using BOF

Yuji OGAWA, Masataka YANO, Shinya KITAMURA and Hiroshi HIRATA

Synopsis : The authors proposed a new refining process. In this process, the hot metal is dephosphorized and decarburized continuously with intermediate deslagging after dephosphorization in the same converter. The slag after decarburization is remained in the converter and reused to the dephosphorization of the next charge, so as to minimize the amount of exhausted slag. The experiments with 8-ton scale converter were performed to make clear the properties of this process. The high productivity was confirmed, because the dephosphorization rate could be increased with the high oxygen blowing rate and the addition of iron ore. The lime consumption was relatively low due to the dephosphorization with low basicity slag and hot recycling of decarburization slag to the next dephosphorization. The proper conditions, such as slag composition in dephosphorization, the rate of oxygen supply, bottom stirring and the intermediate deslagging rate, were also discussed by the basis of experimental results.

Key words: refining process; hot metal treatment; converter; dephosphorization; decarburization; slag recycling; slag amount.

1. 緒言

溶銑予備処理を基軸とした多段分割精錬は高純度鋼ニーズの拡大とともに発展してきた。しかし、予備処理容器として混銑車や鍋を使用する場合、低温での脱りん精錬の必要性から転炉の熱裕度が不足し、スクラップ消費量に制約を受けるといった本質的問題があった。また、予備処理に転炉を利用する場合、熱裕度は向上するが、脱りん炉と脱炭炉の2基の転炉を同時稼働する必要が生じる。

著者らは、単一転炉での脱りん脱炭連続処理を高速で可能とする新しい精錬プロセス(MURC: Multi-Refining Converter)を開発した。本報では、MURC法の概要と8トン規模の試験転炉での実験結果について報告する。

2. MURC法の概要

MURC法の概要をFig. 1に示す。MURCは、溶銑の同時脱Si脱P処理と脱炭処理を、炉傾動による中間排滓をはさんで同一炉で連続的に処理するプロセスである。

スクラップを事前に装入することで高気酸比での操業が可能となり、単一転炉での処理のため熱裕度を確保できる。また、転炉の強攪拌と高速吹酸機能を活かした高酸素ポテンシャル下での低塩基度高速脱りん精錬であるとともに、脱炭滓は全量炉内に残したままで次チャージの溶銑を受け、有効に脱りん精錬に利用されるため、必要最低量の生石灰原単位での精錬が実現でき、発生スラグ量も大幅に低減される。

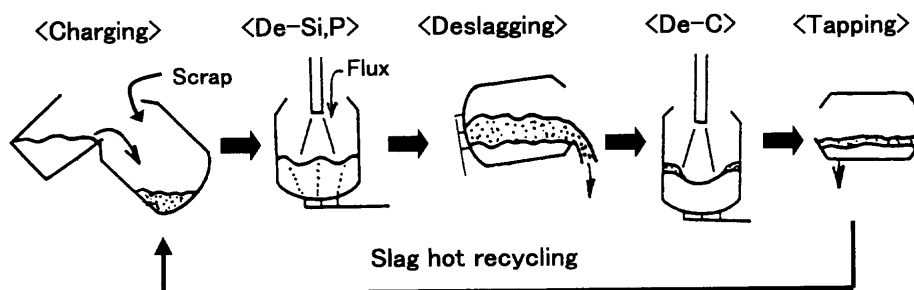


Fig. 1. Outline of MURC (Multi-Refining Converter) process.

平成12年8月25日受付 平成12年9月28日受理 (Received on Aug. 25, 2000; Accepted on Sep. 28, 2000)

* 新日本製鐵(株)鉄鋼研究所 (Steel Research Laboratories, Nippon Steel Corp., 20-1 Shintomi Futtsu 293-8511)

*² 新日本製鐵(株)(現:(社)産業環境管理協会) (Nippon Steel Corp., now Japan Environmental Management Association for Industry)

*³ 新日本製鐵(株)鉄鋼研究所(現:室蘭技術研究部) (Steel Research Laboratories, now Muroran R & D Lab., Nippon Steel Corp.)

Table 1. Experimental conditions using 8 t converter.

Initial hot metal: 5120-7110kg

[%C]	[%Si]	[%P]	Temp. (°C)
4.0-4.8	0.21-0.39	0.08-0.15	1150-1295

Operating conditions

	De-Si, P treatment	De-C treatment
Top blowing O ₂ (Nm ³ /h)	1000 (400, 1500)	1000-1680
Bottom blowing gas (Nm ³ /h)	O ₂	0
	N ₂	200, 350
	LPG	0
Scrap (kg/t)	0-180	0
Flux (kg/t)	Lime	0-20.5
	Fluorite	0 (-4.6)
	Iron ore	0-72

3. 実験方法

実験は8t規模の試験転炉を用いて実施した。主な実験条件をTable 1に示す。

あらかじめ溶銑1tあたり0~180kgのスクラップを装入し、次いで他の誘導溶解炉で溶解した5~7tの溶銑を装入した。処理前の溶銑成分、温度はTable 1に示す範囲である。

ランスからの酸素上吹きを開始し、所定のフラックスを投入して脱けい、脱りん処理を実施した後、炉を傾動して炉口よりスラグを排出し、炉直立後に再び酸素の上底吹きにより脱炭精錬を行い出鋼した。脱炭スラグのホットリサイクルを行う場合は、スラグを炉内に全量残したまま、次チャージの溶銑を装入した。

脱けい脱りん処理時の上吹き酸素流量は、1000 Nm³/hを基準とし、一部400 Nm³/hと1500 Nm³/hに変更した実験も行った。上吹きの攪拌強度を示す L/L_0 （浴深 L_0 と上吹き酸素により形成されるキャビティー深さ L^1 の比）は、脱けいが主に進行する吹錬開始後約2分は約0.2となるようランス高さを調整し、その後脱りん処理終了時までは約0.05を基準とし、0.02~0.42まで変更した水準も行った。底吹きガスにはN₂のみを使用し、200 Nm³/hと350 Nm³/hの2水準とした。底吹き攪拌動力密度²⁾は、約1.6~3.6 kW/tとなる。脱りん用のフラックスとしては、生石灰に螢石を少量併用した実験も一部行ったが、低塩基度スラグであり脱りん挙動にほとんど差異が認められなかったため、大部分の実験では生石灰のみを使用した。CaO/SiO₂の比で表した脱りん処理後のスラグ塩基度は0.9~2.2の範囲であった。また、最初に装入するスクラップ量に応じて、鉄鉱石の添加量を調整して脱りん処理後の温度を制御した。

中間排滓後の脱炭処理時は酸素の上底吹きとし、総酸素流量は1200~1700 Nm³/h（上吹き1000~1680 Nm³/h、底吹き20~200 Nm³/h）の範囲で変更した。また、底吹き酸素の冷却ガスとしてはN₂とLPGを使用した。添加したフラックスは生石灰のみである。

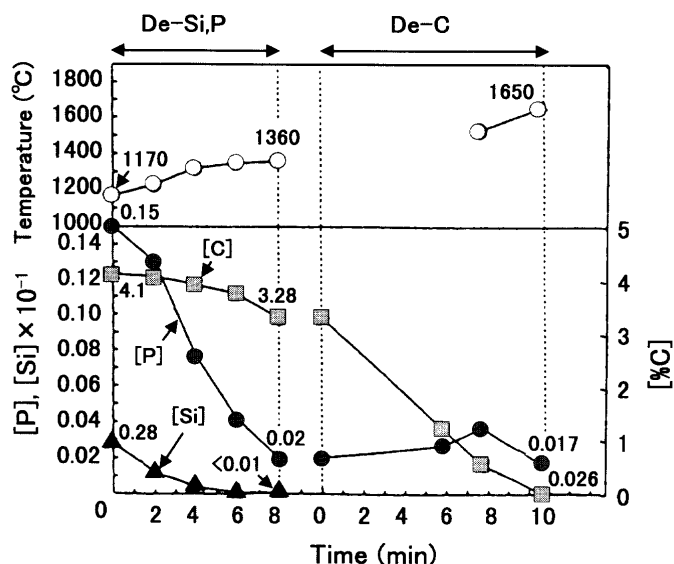


Fig. 2. Typical experimental results of MURC process.

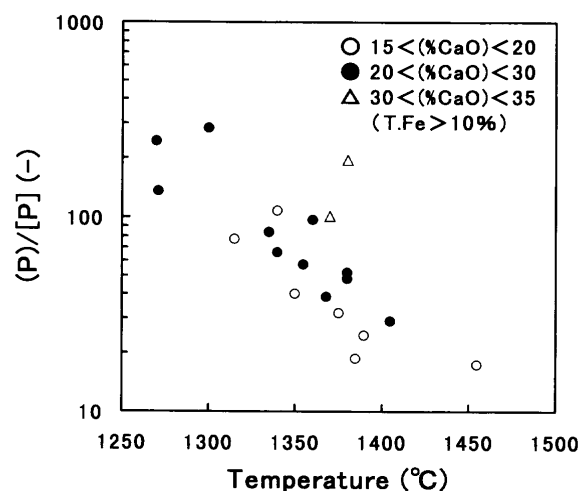


Fig. 3. Relationship between temperature and (P)/[P] ratio after desiliconization and dephosphorization treatment.

なお、上吹きランスは、脱りん期をソフトブロー条件にすることも可能な、内径9mmのストレートノズルを噴出角15°で円周方向に均等に6個と中心軸上に1個配置した7孔ランスを使用した。底吹き羽口は、酸素吹込みが可能な2重管構造とし、ガス流量に応じて内管内径8mmと10mmのものを使用した。

4. 実験結果

本実験における脱けい脱りん処理中および脱炭処理中の代表的なメタルの成分、温度の経時変化をFig. 2に示す。8分程度の吹錬で[P]0.02 mass%まで脱りんが進行しており、脱炭処理時間と併せても20分以内での処理が可能であることがわかる。

溶銑脱りん処理後の温度とりん分配比(P)/[P]の関係を処理後のスラグ中CaO濃度で層別してFig. 3に示す。処理後

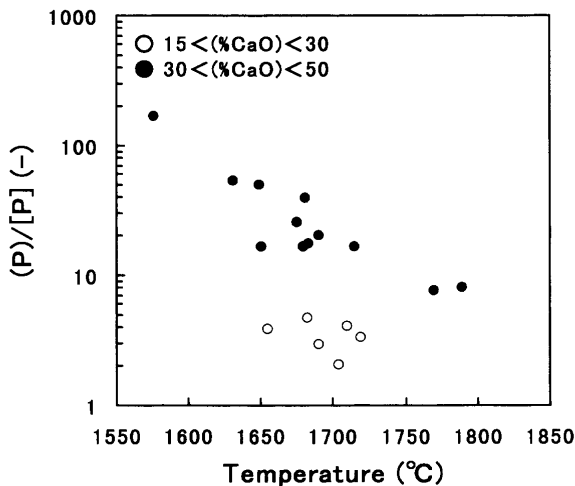


Fig. 4. Relationship between temperature and (P)/[P] ratio after decarburization treatment.

の温度やスラグ中(%CaO)とりん分配比の間には比較的良好な相関があり、処理後温度が低いほど、また(%CaO)が増加するほどりん分配比が増加しているのがわかる。また、脱炭処理後の温度とりん分配比の関係を、同じく処理後のスラグ中(%CaO)で層別してFig. 4に示す。脱りん処理実験の場合と同様、処理後温度が低下するほど、また(%CaO)が増加するほどりん分配比が増加する妥当な結果であった。なお、本実験のスラグ組成、温度の条件下では、スラグ中に固相が共存している場合もあるが、スラグ成分濃度は固相も含む平均的な濃度で評価を行った。

これらの脱りん処理後および脱炭処理後の吹止め成分と温度を用いて、重回帰処理によりHealy³⁾型のりん分配推定式を(1)式のように導出した。ここで、スラグ中の塩基性成分としてはCaOとMgOのみを考慮し、脱りん処理後と脱炭処理後のメタル中CによるPの活量の差異を考慮して[%P]の代わりに a_p を用いた。

$$\log(\%P)/a_p = 2.5\log(\%T.Fe) + 0.0715\{(\%CaO) + 0.25(\%MgO)\} + 7710.2/T - 8.55 \dots (1)$$

ただし、 $a_p = f_p[\%P]$, $\log f_p = e_p^C [\%C]$

また、[P]に対する[C]の相互作用助係数 e_p^C は、適用範囲が広いこと、溶鋼温度では製鋼反応の推奨平衡値⁴⁾とほぼ等しいとの理由から、月橋ら⁵⁾の提出した次式を用いた。

$$e_p^C = 105.1/T + 0.0723 \dots (2)$$

(2)式を用いると、(1)式は(3)式で表される。

$$\log(\%P)/[\%P] = 2.5\log(\%T.Fe) + 0.0715\{(\%CaO) + 0.25(\%MgO)\} + 7710.2/T - 8.55 + (105.1/T + 0.0723)[\%C] \dots (3)$$

Fig. 5に(3)式を用いて計算した脱りん処理後および脱炭処理後のりん分配比と実績のりん分配比の関係を示す。脱りん処理後の溶銑条件から脱炭処理後の溶鋼条件まで、計

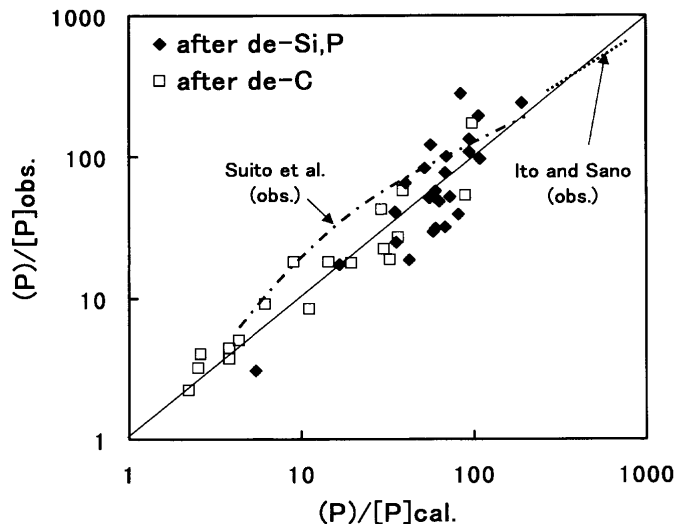


Fig. 5. Prediction of (P)/[P] ratio after desiliconization and dephosphorization and after decarburization treatment.

算値と実績値は良く一致していることがわかる。また、水渡ら⁶⁾が溶鋼における脱りん平衡実験を行った結果および伊藤と佐野⁸⁾が固体鉄とスラグのりん分配比を測定し、炭素飽和鉄におけるりん分配比に換算した結果を併せて示す。いずれの平衡実験の結果も(3)式で求めたりん分配比と良く一致しており、本実験のような低塩基度スラグで強攪拌条件下での脱りん処理は見かけ上の平衡に近いところまで到達していると考えられる。

次に(3)式を、スラグ中(%CaO)/(%SiO₂) (以下C/Sと略す)と全鉄分濃度(%T.Fe)で表す(4)式に変形した。ここで、温度は1350°C、メタル中C濃度は3.5 mass%とし、スラグ中MgO濃度は5 mass%、MnO、P₂O₅、Al₂O₃等の微量成分は合計で15 mass%とした。また、酸化鉄はすべてFeOとし、(%T.Fe)は原子量比から求めた。

$$\log(\%P)/[\%P] = 2.5\log(\%T.Fe) + 0.0715 \left\{ \frac{C/S}{1+C/S} \left[80 - \frac{71.85}{55.85}(\%T.Fe) \right] - 3.23 \right\} \dots (4)$$

(4)式により計算した、C/S=1.0, 1.5, 2.0の場合の(%T.Fe)とりん分配比の関係をFig. 6に示す。また、それぞれのC/Sに近いものについて、本実験における脱りん処理後の実績りん分配比を(3)式を用いて温度1350°C、[C]3.5 mass%に補正した値をFig. 6に併せて示す。計算値と実績の補正値は良い一致を示しているのがわかる。また、C/Sが1.0の場合には(%T.Fe)を増加しても高々100程度の(P)/[P]しか得られないが、C/Sを1.5程度にすれば(%T.Fe)を確保することにより(P)/[P]=150程度が得られ、低塩基度スラグでも十分な脱りんが可能であることがわかる。ただし、(%T.Fe)が過剰に高いと塩基性成分の希釈によりりん分配比はむしろ低下する。従って、本実験のような低塩

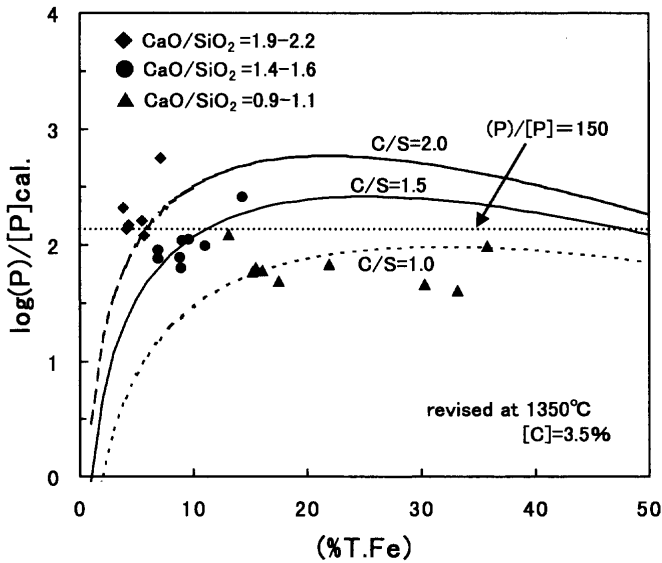


Fig. 6. Influence of slag composition on (P)/[P] ratio.

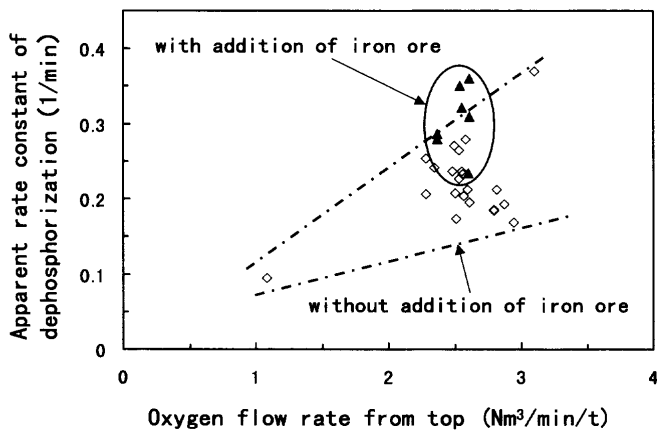


Fig. 7. Effect of oxygen flow rate from top on the apparent rate constant of dephosphorization.

基渣スラグによる脱りん処理の場合には、処理後のスラグ T.Fe濃度は15~20 mass%が適正な範囲と言える。

次いで、脱りん反応を(5)式で表される一次反応と仮定し、処理前[P]濃度と脱りん処理後[P]濃度と処理時間により求めた容量係数 k_p に対する上吹き酸素の供給速度の影響をFig. 7に示す。

$$d[P]/dt = -k_p[P] \dots\dots\dots (5)$$

上吹き酸素供給速度の増加に伴い、脱りん速度が直線的に増加していることがわかる。また、酸素源として鉄鉱石を添加した場合も図中に併せて示すが、鉄鉱石を添加することにより同一の上吹き酸素流量でも更に脱りん速度が増大するのが認められた。底吹きガス流量を変更する実験も行ったため、容量係数 k_p に対する底吹き攪拌動力密度の影響も調査したが、底吹き攪拌力と容量係数 k_p との間には相関は認められず、本実験のような比較的強攪拌の条件下ではメタル側のPの物質移動律速にはなっていないと考えられる。

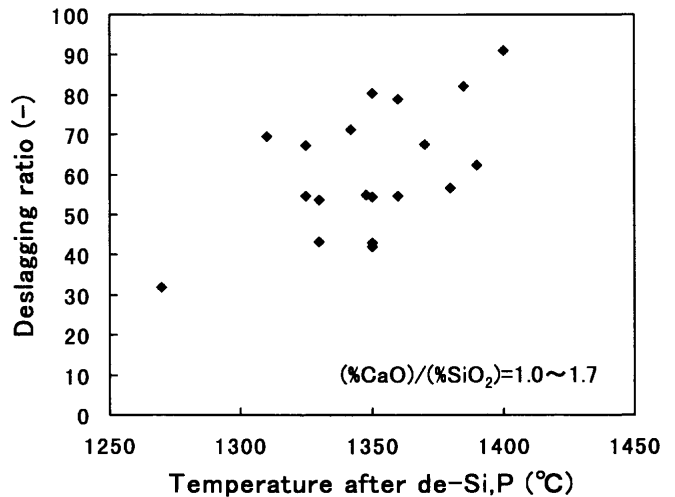


Fig. 8. The effect of temperature on deslagging ratio.

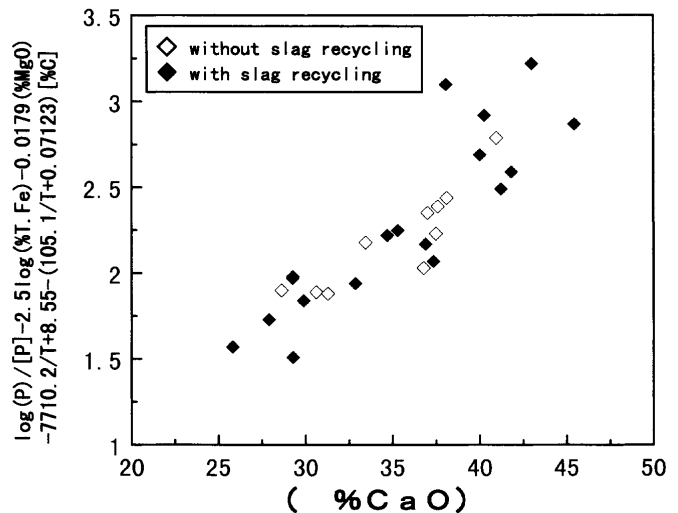


Fig. 9. Influence of slag recycling on (P)/[P] ratio.

MURC法においては同一炉で脱けい脱りん処理と脱炭処理を連続して行うため、脱りん処理後のスラグの排出率がトータルの生石灰原単位や発生スラグ量に対しての重要な因子の一つとなる。Fig. 8には、脱りん処理後の温度とマスバランスから推定したスラグ重量に対する中間排滓時の排出スラグ重量の実称値の比(中間排滓率)との関係を示す。処理後の温度が高いほど、スラグの流動性が良く排滓率が向上する傾向であった。後述するように、生石灰原単位やスラグ量の削減のためには60%以上の排滓率が必要であるが、温度やスラグ組成を適正化することで目標の排滓率を達成することも可能である。

また、脱炭処理後のスラグを炉内に全量残し、次チャージの脱りん処理に有効に利用することもMURC法の大きな特徴である。Fig. 9は、(3)式の関係に対するスラグリサイクルの影響を示したものであるが、スラグリサイクルを実施した場合でも(3)式の関係は成立し、脱炭滓に含まれるCaOが有効に脱りんに作用していることがわかる。Fig.10には、脱けい脱りん処理期に添加した生石灰原単位

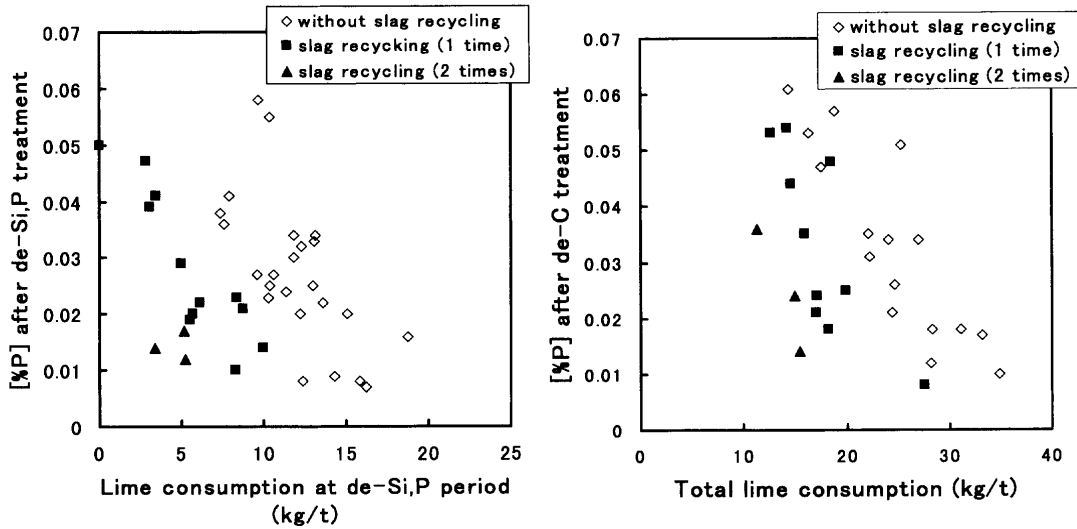


Fig. 10. Effect of slag recycling on lime consumption.

Table 2. Calculation conditions to estimate the effect of deslagging rate on the lime consumption.

Hot metal	After de-Si,P treatment	After de-C treatment
[P]=0.1%	Temp.=1350°C	Temp.=1650°C
[Si]=0.3%	[P]=0.02%	[P]=0.02%
[Mn]=0.3%	[C]=3.5%	[C]=0.05%
	[Si]=0.01%	[Si]=0.01%
	[Mn]=0.05%	[Mn]=0.05%
	(T.Fe)=15% (all FeO)	(T.Fe)=15% (all FeO)
	(MgO)=8%	(MgO)=8%

と脱りん処理後の[P]濃度の関係、および脱炭期に添加した生石灰量も含めた総生石灰原単位と脱炭処理後の[P]濃度の関係を示す。スラグリサイクルを実施した場合は実施しない場合と比較して、総生石灰原単位で5~10kg/tの削減効果が認められた。実験の制約上、スラグリサイクルの実施は最大で2回であったが、連続リサイクルにより更に生石灰原単位が削減することも確認された。

マスバランス計算と中間排滓時の排出スラグ量の実秤量値から評価した処理中のスラグ量については、中間排滓率や脱りん、脱炭処理条件により変動する。また、脱炭滓をリサイクルすることにより、次チャージの脱りん処理時の生石灰原単位は減少するがスラグ量はやや増加する。スラグリサイクルを実施したもので、排滓率が約70%、脱炭処理後の[P]濃度が約0.2mass%の代表的なチャージにおいては、脱りん処理におけるスラグ量は約50kg/t、脱炭処理時のスラグ量は約35kg/tであった。しかしながら、中間排滓時に排出されたスラグは約35kg/tであり、連続して脱炭滓のリサイクルを実施すれば系外への排出スラグ量は大幅に削減できると思われる。

なお、本実験においては、脱炭滓を全量残したままで次チャージの溶銜を装入しても、溶銜中Cとスラグ中酸化鉄との反応による突沸現象は認められなかった。また、処理前に装入したスクラップ（軽量屑のみ）は、すべて脱炭後には溶解しており、中間排滓時の溶け残りも肉眼では観察

されなかった。

5. 考察

5.1 中間排滓で必要とされる排滓率の検討

MURC法の大きな特徴に、中間排滓と脱炭滓ホットリサイクルがある。繰り返し脱炭滓をリサイクルしていったときの中間排滓率が生石灰原単位に及ぼす影響について、以下の前提によりシミュレーション計算を行った。

- (1) 脱けい脱りん処理後、脱炭処理後のりん分配比は(3)式に従う。
- (2) スラグ量、スラグ成分は物質収支から求める。
- (3) フラックスは生石灰のみとし、生石灰中CaO濃度、歩留りはともに100%とする。
- (4) リサイクルスラグは全量有効に使われる。

その他の計算前提条件をTable 2に示す。脱りん処理後、脱炭処理後の[P]はともに0.02mass%として、脱りんに必要な生石灰量を計算したが、リサイクルした脱炭滓のみで脱りん処理後の[P]が0.02mass%未満となる場合には計算される[P]濃度を吹き止め条件とした。

中間排滓率を60%一定とした場合の必要生石灰原単位の推移をスラグリサイクル回数を横軸にFig.11(a)に示す。脱炭滓のリサイクルにより脱りん期の必要生石灰原単位は低下する。ただし、脱炭滓中にもPが含まれており、排滓

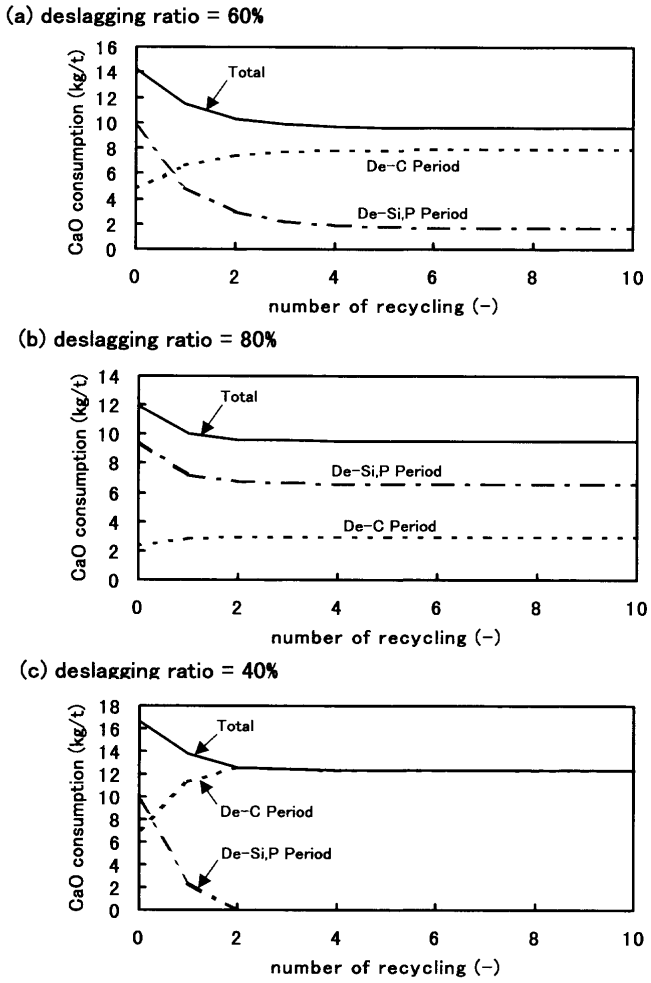


Fig. 11. The change in CaO consumption with slag recycling.

率が一定のため、中間排滓後の残留スラグから脱炭期へ持ち込まれるPの量は脱炭滓リサイクルにより増加する。そのため、脱炭期に必要な生石灰原単位もリサイクルの実施により増加するが、トータルの生石灰原単位はリサイクル回数に応じて減少し、約5回のリサイクルでほぼ定常状態となる。定常時の総生石灰原単位は、スラグリサイクルを実施しない場合の脱けい脱りん期での必要生石灰原単位に帰着する。

次に、排滓率が80%の場合の必要生石灰原単位の推移をFig.11(b)に示す。排滓率60%の場合と比較して、脱炭期への持ち込みP量の低減のため脱炭期に必要な生石灰原単位は低減するが、リサイクルされる脱炭滓量も減少するため脱けい脱りん期での生石灰原単位は増加する。定常状態での総生石灰原単位は、この場合もスラグリサイクルを実施しない場合の脱けい脱りん期での必要生石灰原単位に帰着する。定常状態には2回のスラグリサイクルで到達する。

Fig.11(c)には、排滓率40%の場合を示す。排滓率の低下により、脱炭期における脱りん負荷が増大し、リサイクル脱炭滓量の増加により脱けい脱りん期の必要生石灰原単位

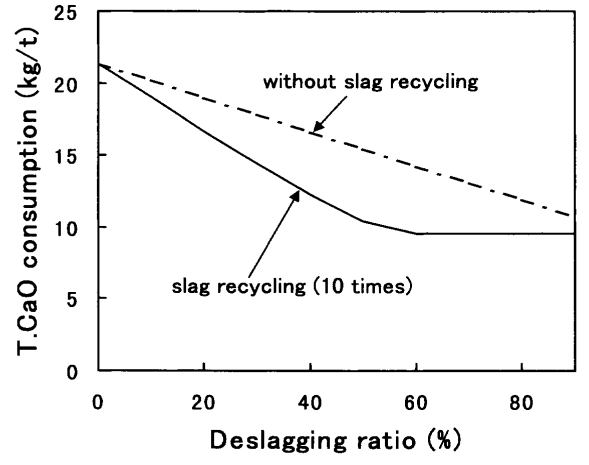


Fig. 12. The effect of deslagging ratio and slag recycling on the total CaO consumption.

は減少する。脱炭滓リサイクルを2回以上繰り返すと、生石灰を添加しなくても脱りん処理後の[P]が0.02 mass%未満となる過脱りんの状態となり、それ以上脱けい脱りん期の生石灰原単位を減らせないため、定常状態となっても総生石灰原単位はある値以下に低減しない。

中間排滓率と総生石灰原単位の関係をまとめてFig.12に示す。スラグリサイクルを実施しない場合は、排滓率の向上に応じて直線的に総生石灰原単位は低減する。リサイクルを10回繰り返した定常状態と比較すると、排滓率が60%以上の場合には、脱けい脱りん期と脱炭期の脱りん負荷分配が変わるだけで、総生石灰原単位はすべてリサイクルを実施しない場合の脱けい脱りん期の必要生石灰原単位に帰着するが、排滓率が60%未満では上述の過脱りんの影響により排滓率の低下に応じて総生石灰原単位は増加する。

また、計算上のスラグ量も中間排滓率に強く依存する。排滓率が60%から90%に増加すると、定常状態において脱りん処理時が48 kg/tから31 kg/tへ、脱炭処理時が30 kg/tから5 kg/tへ減少する。したがって、操業中のスラグ泡立ち抑制や脱炭処理時のMn鉱石還元を指向する場合には排滓率を向上するのが望ましい。しかしながら、中間排滓時の排出スラグ量は、排滓率60%以上の定常状態では約29 kg/t一定となり、系外への排出スラグ量極少化という観点からは、中間排滓率60%以上で十分であると言える。

前提とする処理後の[P]濃度により上記の計算結果は異なるが、シミュレーション前提に近い操業条件下では、排滓率が60%以上程度確保されれば、生石灰原単位や系外への排出スラグ量がほとんど変化しないことが判明した。前述の通り、試験転炉での操業においては、脱りん処理後の温度とスラグ組成を適正にすればこの目標の排滓率を十分達成可能である。

5・2 高速脱りん条件の検討

MURC法では同一炉での連続処理のため、連続鑄造の

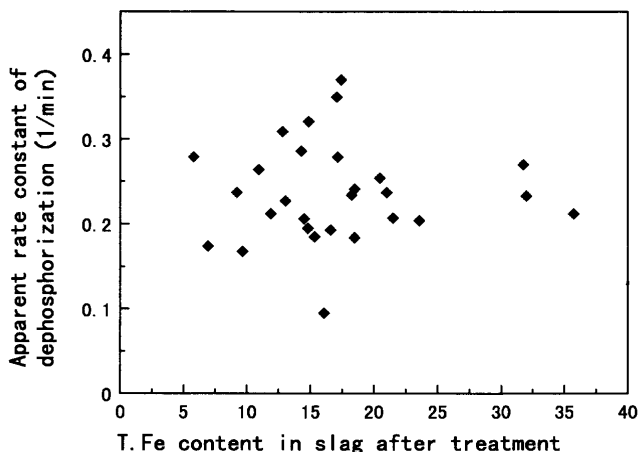


Fig. 13. Relation between T.Fe content in slag and apparent rate constant of dephosphorization.

サイクルタイムと一致させるためには高速で脱りん処理を行う必要がある。そこで、脱りん速度の支配因子について検討した。脱りん反応はメタル側物質移動とスラグ側物質移動との混合律速として下式のように表される。

$$-d[P]/dt = (A \cdot k/V)([P] - [P]^*)$$

$$1/k = 1/(L \cdot k_s) + 1/k_m \dots \dots \dots (6)$$

ここで、 A は反応界面積、 V はメタル体積、 $[P]^*$ は見かけ平衡到達時の $[P]$ 濃度、 k は総括物質移動係数、 k_s はスラグ側物質移動係数、 k_m はメタル側物質移動係数、 L は見かけの平衡りん分配比である。

前述したように、脱りん速度に対する底吹き攪拌力の影響は認められず、本実験のような強攪拌条件下ではメタル側物質移動には律速されていないと考えられる。一方、Fig.7に示したように、脱りん速度は上吹き酸素流量と鉄鉱石の添加量に大きな影響を受ける。酸素供給速度の増加により脱りん速度が向上する機構としては、スラグ中のT.Fe濃度の増大により(6)式の L が増加する効果と、脱炭に伴うCOガスの発生速度が増加してスラグ相がより攪拌され k_s が増加する効果が考えられる。しかしながら、Fig.13に示すように脱りん速度とスラグ中T.Fe濃度の間には相関は認められないのに対し、Fig.14のように脱りん速度は処理中の脱炭速度の増加に伴い向上する。したがって、本実験条件での脱りん速度はスラグ側物質移動に律速され、発生COガスによるスラグ相攪拌に強く支配されていると考えられる。

ところで、Fig.14にも認められるように、同一の脱炭速度でも鉄鉱石を添加した場合には更に脱りん速度が増加している。そこで、鉄鉱石中の酸素を脱りん処理時間で除して、上吹き酸素流量と次元を合わせた上で脱りん速度に対する回帰分析を行った。その結果、Fig.15のように、鉄鉱石中の酸素の寄与率を上吹き酸素の1.73倍した場合に最も良い相関が得られた。これは、上吹き酸素による脱炭で生

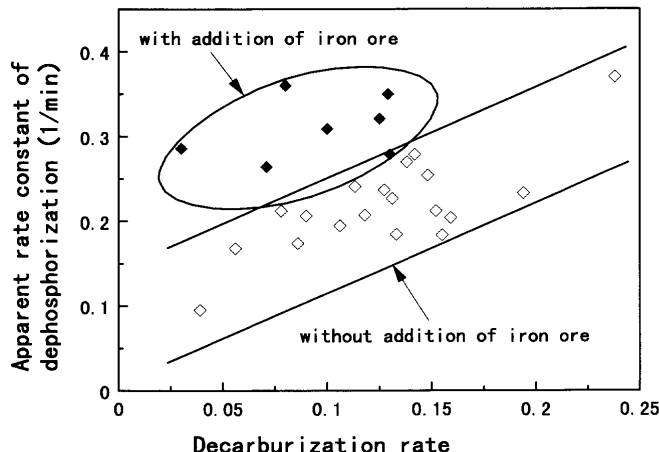


Fig. 14. Effect of decarburization rate on the apparent rate constant of dephosphorization.

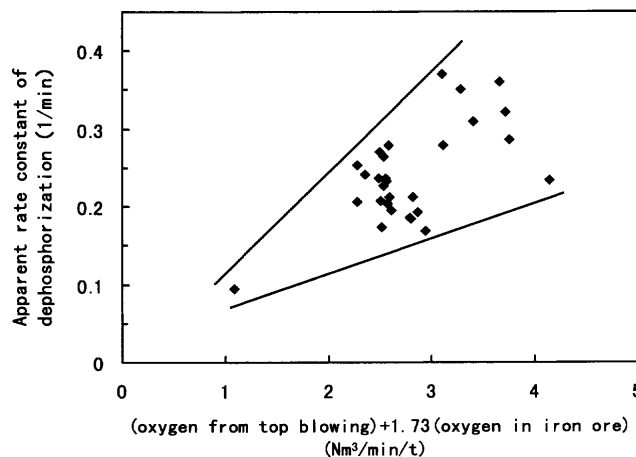


Fig. 15. Effect of the rate of oxygen supply on the apparent rate constant of dephosphorization.

成するCOガスは火点から直接気相へ移行する割合が多いのに対し、鉄鉱石としてスラグ相に直接添加される酸素は主としてスラグ・メタル界面から発生するCOガスとなり攪拌に対する寄与が大きいと推定される。

以上のように、本実験のような低塩基度スラグによる強攪拌条件下での溶銑脱りん処理の場合には、上吹き酸素流量や酸化鉄の供給量の適正化により高速脱りんが可能である。

5.3 スラグ中T.Fe濃度の制御に関する検討

Fig. 6で示したように、低塩基度スラグにより効率の良い溶銑脱りんを行うためには、スラグ中T.Fe濃度を15~20 mass%程度に制御するのが適正と考えられる。高速脱りんを指向して、上吹き酸素流量や酸化鉄添加量を増大するだけでは(T.Fe)が過剰となり、塩基性成分の希釈によるりん分配比の低下、鉄歩留りの悪化、スロッピングの発生を引き起こす結果となる。スラグ中T.Fe濃度を支配する因子として考えられるものは、操業条件として規定される、上吹き酸素供給速度 F (Nm³/min/t)、酸化鉄中酸素供給速度 O (Nm³/min/t)、底吹き攪拌動力密度 ϵ (kW/t)、上吹き攪拌強

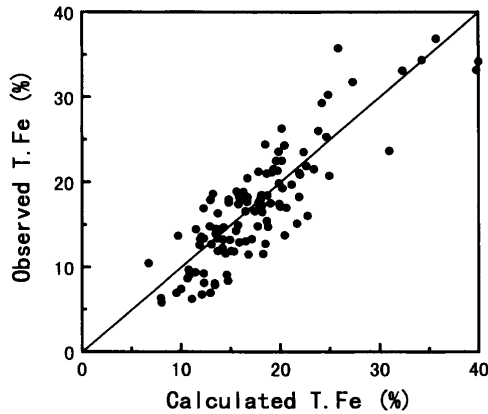


Fig. 16. Prediction of T.Fe in slag after desilicization and dephosphorization treatment.

度 $L/L_0(-)$ と、反応条件である脱りん処理後温度 $T(^{\circ}C)$ 、スラグ中 CaO/SiO_2 で表す塩基度 $B(-)$ が挙げられる。これらの因子を従属変数として、すべての溶銑脱りん処理の実験値を重回帰した結果、下式の T.Fe 濃度推定式を得た。

$$(\%T.Fe) = 3.67F + 5.24O - 13.67(L/L_0) - 4.39e + 0.05T + 11.35 | 2-B | + 78.65 \dots\dots\dots (7)$$

(7)式で計算した T.Fe 濃度と実績の T.Fe 濃度の関係を Fig.16 に示す。種々の条件下でも良い相関が認められ、スラグ中 T.Fe 濃度を(7)式より制御可能であることがわかった。

6. 結言

転炉を用いて脱りん脱炭連続処理を高速で可能とする新しい精錬プロセスを開発した。この方法は、転炉を用いた

溶銑脱けい脱りん処理と脱炭処理を中間排滓をはさんで連続的に実施するプロセスである。8t規模の試験転炉を用いた実験により、以下のことを明らかにした。

- (1) 高速脱りん、中間排滓、脱炭、脱炭滓全量ホットリサイクルによる精錬プロセスを確立した。
- (2) 溶銑条件から溶鋼条件まで一貫して推定できるりん分配推定式を導出し、低塩基度スラグでも T.Fe 濃度を適正範囲に確保することで効率的な溶銑脱りんが可能なことを明らかにした。また、脱りん処理後の T.Fe 濃度を操業条件により制御可能な推定式を導出した。
- (3) 上吹き酸素流量と酸化鉄添加量の増加により、溶銑脱りん速度を向上できる。発生 CO ガスによるスラグ内の物質移動促進の効果と考えられ、上吹き酸素よりも酸化鉄中の酸素の方が寄与が大きい。
- (4) 脱炭滓のリサイクルにより生石灰原単位が大幅に削減できることが確認された。また、シミュレーション計算により中間排滓率が約 60% 以上では定常状態での生石灰原単位は変化しないことが判明し、本実験では脱りん処理後の温度やスラグ組成の適正化によりその目標排滓率を達成できることがわかった。

文 献

- 1) 瀬川 清：鉄冶金反応工学，日刊工業新聞社，東京，(1977)，94.
- 2) K.Mori and M.Sano: *Tetsu-to-Hagané*, **67** (1981), 672.
- 3) G.W.Healy: *J. Iron Steel Inst.*, **208** (1970), 664.
- 4) *Steelmaking Data Sourcebook*, Revised ed., ed. by The Japan Society for the Promotion of Science The 19th Committee on Steelmaking, Gordon and Breach Science Publishers, New York, (1988), 289.
- 5) F.Tsukihashi, M.Nakamura, T.Orimoto and N.Sano: *Tetsu-to-Hagané*, **76** (1990), 1664.
- 6) H.Suito and R.Inoue: *Tetsu-to-Hagané*, **70** (1984), 186.
- 7) H.Suito, R.Inoue and M.Takada: *Tetsu-to-Hagané*, **67** (1981), 2645.
- 8) K.Ito and N.Sano: *Tetsu-to-Hagané*, **69** (1983), 1747.