

討 4 転炉における低磷鋼溶製法について

佐反金属 和歌山製鉄所 鷹野雅志

小倉製鉄所 川見 明

中央技術研究所 池田隆景・岡崎 卓 松尾 亨

I. 緒 言

LD転炉製鋼法における脱磷反応については、従来より各種の研究が行われ、現在まで数多くの知見が得られている。⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾ しかしながら現在のところ転炉吹錬法において、シングル・スラグで低磷鋼と溶製する技術が確立されているとは言い難い。そのため低磷鋼と溶製する場合の影響をおよぼす溶銑磷の低下⁽⁵⁾、転炉炉内での脱磷の促進⁽⁶⁾、出鋼時の復磷防止⁽⁷⁾等についての研究が行われている。

ここでは、従来の低磷鋼溶製法を改善するために転炉での脱磷の促進法および、炉外での溶銑の脱磷法について検討したので報告する。

II. 現状の低磷鋼溶製法

転炉吹錬における脱磷については、従来より検討が行われており、終点ではスラグ成分と鋼中磷はほぼ平衡状態にあると考えられている。⁽⁸⁾⁽⁹⁾ このことから脱磷を促進するには、高い塩基度と強い酸化力を有するスラグを多量に作り、鋼浴温度を低くおさえることが重要である。

一方通常吹錬では、石灰の滓化の遅延があり、またスラグ中の下Feは[C]量により大きく影響されるのでシングル・スラグでは0.010%以下の低磷鋼の溶製は困難である。そこでダブル・スラグ法が採用されている。

ダブル・スラグ法において高い脱磷率を得るためには一次吹錬後の磷の系外排出を最大にすることが重要である。このために一次吹錬では、鋼中の磷が極小値となる[C]が約2.5%にさがつたところで吹き止めるのが最適であり、しかも滓化を確保しながら鋼浴温度を低く保つことが必要である。以上の点に留意し吹錬を行った場合の磷の推移を図1に示す。このようにダブル・スラグ法により低磷鋼の製造は可能であるが製鋼時間の延長および歩留低下等の問題がある。

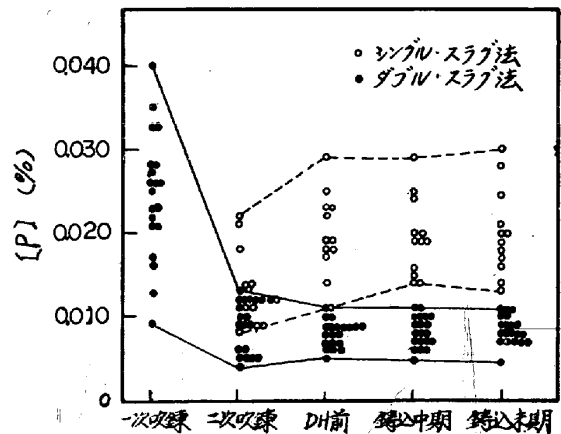


図1 ダブル・スラグ法による磷の推移(70t転炉)

III. 低磷鋼溶製法の検討

前述のダブル・スラグ法に代わる方法として、転炉吹錬過程での脱磷の促進法および溶銑段階での脱磷法について検討した。

III-1. 転炉における脱磷の促進法

転炉吹錬過程で脱磷を促進するためには、スラグの酸化力および高い塩基度が重要な因子である。この点に着目し、(1)高炭領域でのスラグの酸化力の増加を目的とした高圧下での転炉吹錬実験、(2)スラグ塩基度(CaO/SiO₂)の増加を目的とした自溶性合成造滓剤使用による転炉吹錬実験を行なった。

(1) スラグ酸化力の改善

従来よりスラグの酸化力を増加させる方法として、ソフト・ブローあるいはランス形状の検討⁽¹⁾等吹錬法の改善が試みられてきたが、特に高炭領域でスラグの酸化力を上昇することは困難である。そこで鋼中の酸素およびスラグ中の酸化鉄の増加をはかるために高圧下で転炉吹錬実験を行なった。

実験は高圧槽内の60t実験転炉で行なった。実験条件を表1に示す。吹錬中の脱磷挙動とスラグ成

表.1 高压下での転炉吹錬実験条件

槽内圧力	1.0, 1.5, 2.0, 3.0 atm
主原料	溶鉄 60kg
副原料	① 生石灰 5.7kg + 螢石 8.3kg/c ② 合成スラグ 100kg/c (CaO 59% - Al ₂ O ₃ 23% - CaF ₂ 11%)
送酸条件	ノズル 単孔ラピッド 出口マッハ数 1.7 酸液流量 6.3 Nm ³ /min ² ノズル湯面間距離 100mm, 120mm

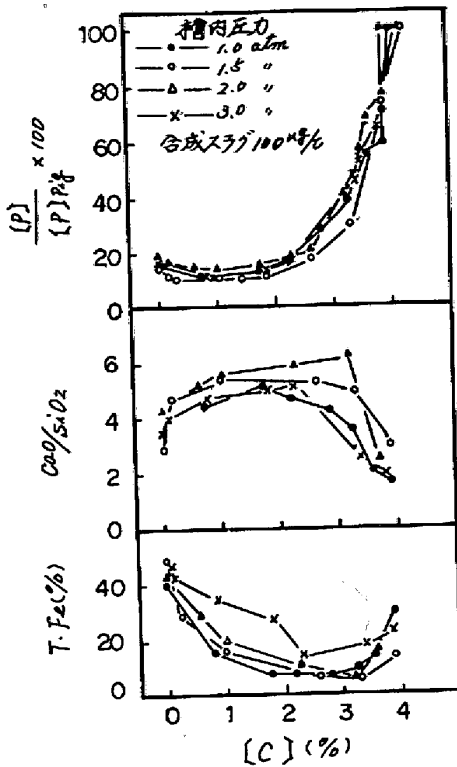


図.2 高压下での転炉吹錬結果

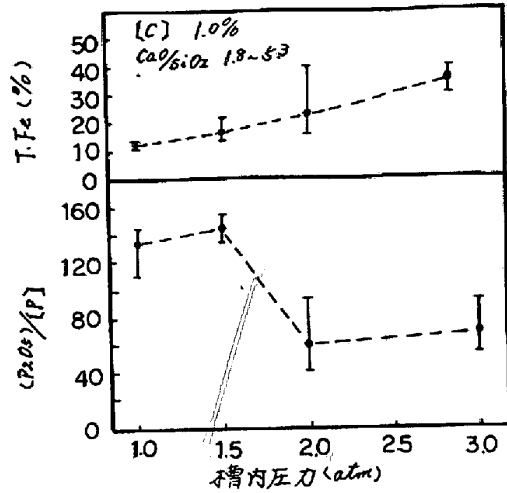


図.3 T.Fe, (P₂O₅)/(P)に及ぼす槽内圧力の影響

分の変化を図.2に示す。高压における滓化遅れの影響を小さくするため、合成スラグを使って実験を行った結果、T.Feの変動はあるが脱磷率の明確な差は見られなかった。図.3にT.Feおよび $\alpha^{(P_{2O_5})}/(P)$ におよぼす[C] 1.0%での槽内圧力の影響を示す。槽内圧力を高くすることによりT.Feは増加するが、 $(P_{2O_5})/(P)$ は1.5 atm以上で低下が見られる。以上の結果から、Balajiraらの低炭での平衡実験結果⁽²⁾と同様、必要以上のT.Feの増加は脱磷を阻害することがわかった。

(2). スラグ塩基度の改善

脱磷を促進するためには高い塩基度のスラグを得ることが重要である。しかしながら従来の造滓剤を使用した場合には一般に石灰の滓化が遅いので高い塩基度を得ることは困難である。

これに対して自溶性の合成造滓剤を使用した場合、滓化が良好なため添加量の増加によつて高塩基度(CaO/SiO₂)の操業が可能となる。この点に着目し、転炉における脱磷の促進方法について検討した。実験に使用した自溶性合成造滓剤は表.2に示す性状のCaO-Fe₂O₃-Al₂O₃系のものである。60kg実験転炉の吹錬結果を図.4に示す。

表.2 自溶性合成造滓剤の性状

化学成分 (%)						溶融温度
CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	TiO ₂	(°C)
60/64	16/20	13/19	≤ 6	≤ 3	≤ 3	1400

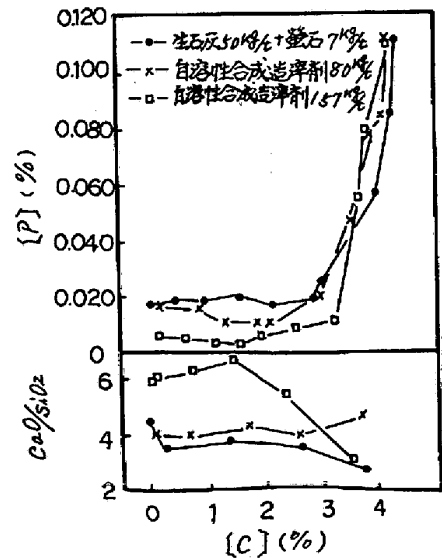


図.4 自溶性合成造滓剤による転炉吹錬結果

装入計算塩基度 (CaO/SiO_2) 6 に相当する大量使用 (15kg/t) の場合、吹錬中期よりほぼ滓化が完了し、高い塩基度のスラグが得られ、[C] 1.5% から [P] 0.006% 以下にできた。

また通常使用している造滓剤の装入計算塩基度 80% に相当する使用量、すなわち自溶性合成造滓剤 80kg/t の場合も滓化が良好なため、高炭領域で従来の造滓剤よりもすぐれた脱磷状況を示した。

以上の結果から、自溶性合成造滓剤を使用したスラグ塩基度の改善法は、低磷鋼溶製に対して有効であることがわかった。

Ⅲ-2. 溶銑の脱磷処理

低磷鋼を溶製する手段としては、溶銑磷を低下する方法があり溶銑の炉外脱磷法を検討した。

実験方法は、溶銑 4kg とルツボ内で処理する実験および溶銑 1t を鍋中で処理する実験 (以下 4kg 実験、1t 実験と称す) で、溶銑 (約 1,300℃) と脱磷剤 (CaO -酸化鉄系、転炉滓-酸化鉄系) をインペラで攪拌し脱磷を行なうという方法である。また 1t 実験の場合、浸漬パイプによる酸素ガスの吹込と併用した。

溶銑成分推移の代表例を図 5 に示す。少い脱炭量で脱磷が進行する。

脱磷におよぼすスラグ塩基度 (CaO/SiO_2) と T-Fe の影響を図 6 に示す。塩基度が 0.5 以上あれば T-Fe 30% で 50% 以上の脱磷が可能である。

脱磷が定常状態になった時期における $(P_{2O_5})/[P]$ とスラグ組成の関係を図 7 に示す。実験したスラグ組成では、塩基度および T-Fe が高い程脱磷効果は良くなる。このことから高い塩基度のスラグによる脱磷と同様、低い塩基度のスラグによる脱磷も、塩基性物質の活量と酸化鉄の活量により決定されていると考えられる。

脱磷速度におよぼすスラグ組成の影響を図 8 に示す。低い塩基度のスラグでは到達 [P] は高値であるが、初期脱磷はすみやかである。これは脱硅との関連で脱磷剤の滓化が良く反応性にすぐれているためと考えられる。

脱磷処理後の溶銑を 1t 実験転炉で吹錬した結果、表 3 に示すように低磷鋼の溶製が可能であることがわかった。

表 3 1t 実験転炉吹錬結果

造滓剤 (溶銑に当り)	溶銑成分 (%)		熱源成分 (%)	
	C	P	C	P
生石灰 47kg + 珪砂 12kg + 礬石 10kg	3.85	0.045	0.07	0.004
生石灰 54kg + 珪砂 14kg + 礬石 10kg	3.53	0.058	0.06	0.004
自溶性合成造滓剤 40kg	3.83	0.062	0.09	0.008

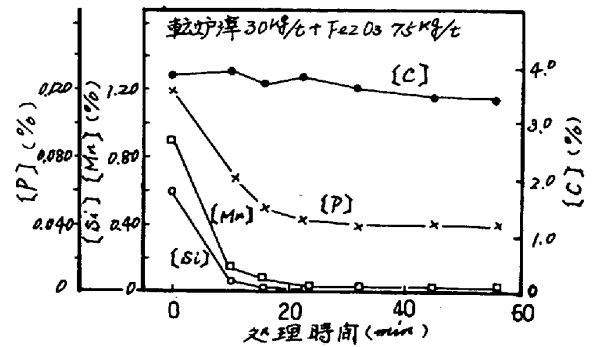


図 5 溶銑脱磷処理中の成分推移 (4kg 実験)

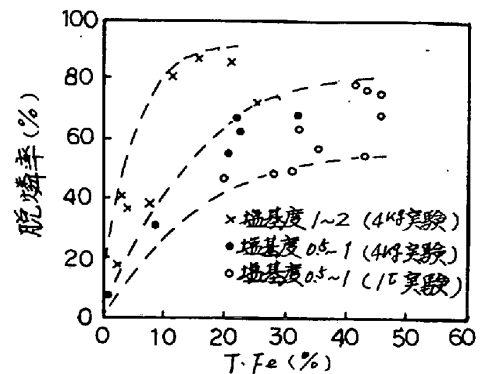


図 6 溶銑脱磷処理後の脱磷率と T-Fe の関係

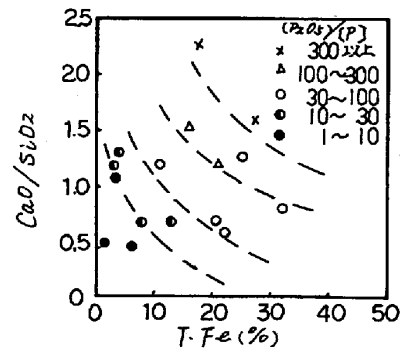


図 7 溶銑脱磷処理後の $(P_{2O_5})/[P]$ と塩基度、T-Fe の関係 (4kg 実験)

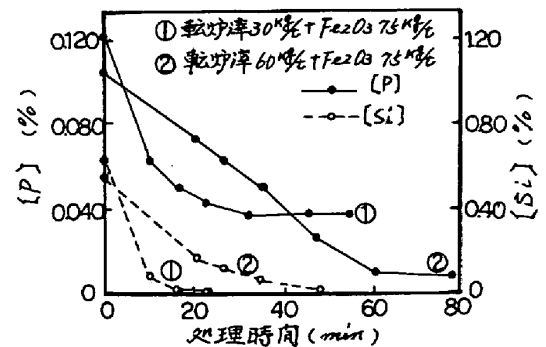


図 8 脱磷速度と脱磷剤の関係 (4kg 実験)

以上の基礎的検討にもとずいて溶銑45tの脱磷処理と実施した結果、図9に示すように50~80%の脱磷率が得られることが確認出来た。

IV. 結 言

低磷鋼の溶製方法を検討した結果次の結論が得られた。

- (1) 転炉で自溶性合成造磷剤を使用した場合、滓化が良好なため高い塩基度のスラグが得られ、脱磷が促進できる。
- (2) 溶銑と転炉滓-酸化鉄系の脱磷剤を使って炉外で処理を行なったところ50~80%の脱磷率が得られた。

また、脱磷処理後の溶銑と転炉で吹錬した結果[P] 0.004%の低磷鋼が溶製出来た。

これらの方法は単独でも低磷鋼の溶製に効果的であるが、2つの技術と組み合わせることにより容易に低磷の鋼を溶製することができると考えられる。

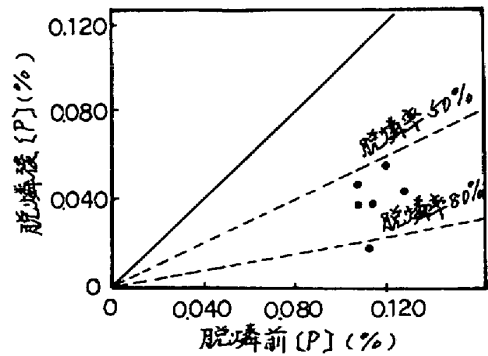


図9 溶銑脱磷状況(45t実験)

文 献

- 1) 真鍋, 鳥井, 丸川, 三沢, 姉崎: 鉄と鋼, 60(1974), 4, 591
- 2) 中谷, 加藤, 水谷, 宇野, 村山: 鉄と鋼, 60(1974), 4, 594
- 3) 渡辺, 大石, 山本, 石橋: 鉄と鋼, 3(1961), P355~356
- 4) 壬本, 池田, 丸川: 鉄と鋼, 54(1968), 4, P381~392
- 5) 新日鉄(八幡技術研究所): 学振19委9718
- 6) 加藤, 今井, 藤原: 鉄と鋼, 4(1962), P465~467
- 7) 坂本, 高橋, 山口, 徳永: 鉄と鋼, 61(1975), 4, 5122
- 8) 石黒, 宮下, 根本: 鉄と鋼, 57(1971), 4, 5267~270
- 9) 野中, 香月: 鉄と鋼, 10(1963), P141~142
- 10) 新日鉄(室蘭): 学振19委5153
- 11) 佐々木, 大井: 鉄と鋼, 61(1975), 4, 5121
- 12) K. Balajiva, A. G. Quarrell, P. Vajragupta: J I S I, 153(1946), P115~150