

討 9 連続製鋼法における粉体吹込みの効果について

金属材料技術研究所

福次 章

1. 緒言

金材技研で開発された多段式樋型連続製鋼法(CSM)の特徴の1つに低磷鋼の溶製が容易であることが挙げられるが、特にオ1段において高炭素域であるにもかかわらず0.02~0.025%P(脱磷率80%)の溶湯が得られ、転炉法にくらべ高炭素域における脱磷に適していることが認められた¹⁾。このオ1段の特徴を確認する目的で行った連続予備脱磷法(CDP)に関する実験で、スラグ・メタル反応におよぼすランス本数の効果が明らかとなったが、到達磷濃度は0.04%前後で、かつCSMオ1段のスラグ中のT.Feが5%程度であるのに対し14~24%と非常に高く、鉄歩留りの低い操業となった²⁾。この原因の1つとして造滓剤供給方法の違い、すなわちCSMでは粉体造滓剤をランスから酸素と同時に供給したのに対し、CDPでは粒径5mm程度のものを投入孔より火点付近へ落下させたことによる溶湯の攪拌状態の違いが考えられた。このため、ここではCSMオ1段のT.FeとPに対する粉体吹込みの効果について検討した結果を報告する。

2. 脱磷反応

本報告に用いたCSMのデータは実験番号48~53および56~66(最終)の計17操業で得られたものである。CSMオ1段では脱珪反応が最優先で起るため、オ2段の2~4倍の流量で造滓剤を吹込み脱磷反応を脱珪反応に併行して行なうべく努めた。流出P.S濃度に対する塩基度の影響を図1に示す。実験番号53以前と56以降でP濃度に差があるのは、用いた石灰の性状が変わったことによると考えられるが、いずれの場合も図に示される塩基度の範囲ではその影響は認められない。ただし56回以後のデータで塩基度3.5付近に凹みがあるようにも見うけられる。CDPで0.02%Pの点は流出C濃度が1.5%という強攪拌(酸素吹精量が多い)状態での結果であり、他の流出C濃度3%前後の結果とは条件が異なるが、強攪拌が脱磷に有利であることの傍証と考えられる。以下の図にもCDPの値を併記してあるが、個々の実験条件が異なるため参考として記したものである。Sに関してはいずれの場合も差はみられなかった。

流出P濃度に対するT.Feの影響をみたのが図2であるが、塩基度と同様その影響は明確ではない。しかし温度の影響は図3にみられるように、低温が脱磷に有利であることが認められた。図4にCSMおよびCDPでのPの分配比(P/P_0)とスラグ組成の関係を示した。CSMの場合、塩基度が上がると分配比が下がる傾向にある。

CSMオ1.2段とCDPのスラグに平衡する磷濃度 P_{eq} と流出P濃度 P_{ob} の関係を図5に示す。平衡関係式としてHealy³⁾、Balajivi⁴⁾、Turkdogan⁵⁾の式を用いた。製鋼反応を物質移動律速と仮定し、

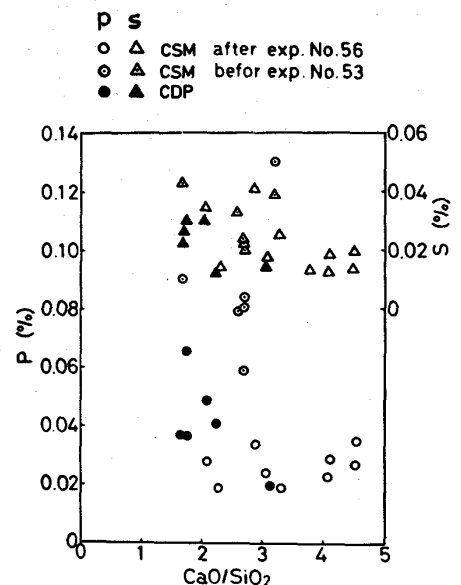


図1. 塩基度と流出P.S濃度との関係

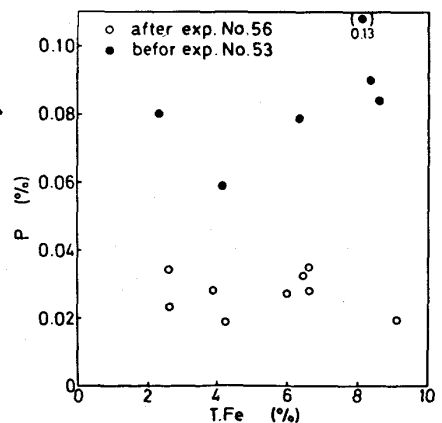


図2. T.Feと流出P濃度との関係 (CSM)

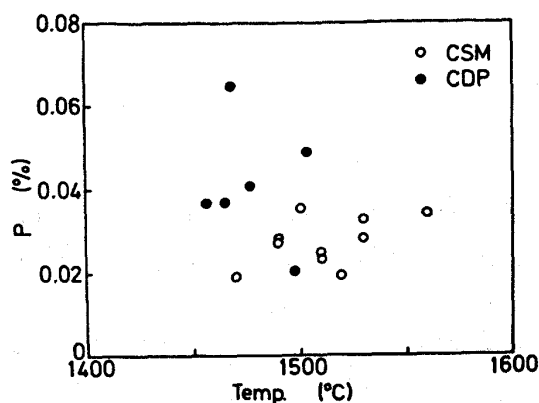


図3. 流出P濃度に対する温度の影響

また連続操作であることを考慮すると、CSMが1.2段を通して P_{eg} が P_{ob} より低いと同程度の値を採るHealyの式が、脱磷反応の進行を検討する上で適当と思われる。他の2式では2段で復磷が連続して行われたことになる。しかし、1段における P_{eg} と P_{ob} の差が2桁もあることは疑問点として残る⁶⁾。

3. 攪拌強度の判定

スラグ・メタル反応が物質移動律速で、その反応速度が対象元素の溶湯中の濃度と界面でのスラグ平衡濃度との差に比例するとするならば、攪拌を強めるに従いこの濃度差は少くなると考えられる。しかしながら図5に見られるように、 P_{ob} と P_{eg} の間にそのような対応を見出すのは困難といえる。そのため、ここで今一つのスラグ・メタル反応であるMnの反応について上述の関係を検討する。

Chipmanの式⁷⁾によるMnのスラグ平衡濃度 Mn_{eq} と流出Mn濃度 Mn_{ob} の関係を図6に示す。Pの場合と異なり、1点を除き $Mn_{ob} > Mn_{eq}$ の範囲にあり、この平衡関係式がスラグ・メタル反応をよく再現しているといえる。緒言で述べたようにT.Fe濃度が攪拌に影響されるならば、T.Feと Mn_{ob} 、 Mn_{eq} の間に一定の関係が存在すると考えられる。その関係をみたのが図7で、T.Feの増加に伴い Mn_{ob} 、 Mn_{eq} とも減少しているが、 Mn_{ob} と Mn_{eq} の開きも大となっており、 Mn_{eq} の減少が Mn_{ob} にくらべ急である。この現象は、炉内の攪拌が弱いとT.Feが大となるという仮定と、反応対象元素の溶湯中と界面の濃度差が大であるという仮定の一致をみたものと考えら

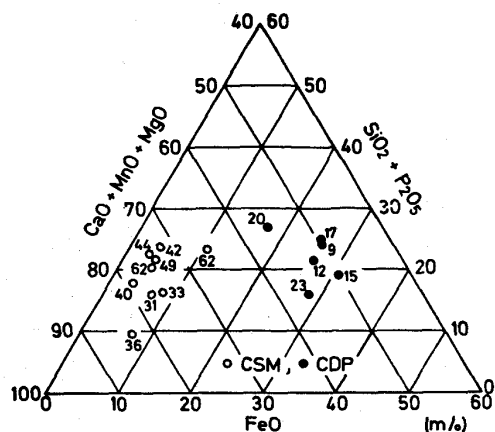


図4. スラグ組成とPの分配比((P)/(P))の関係

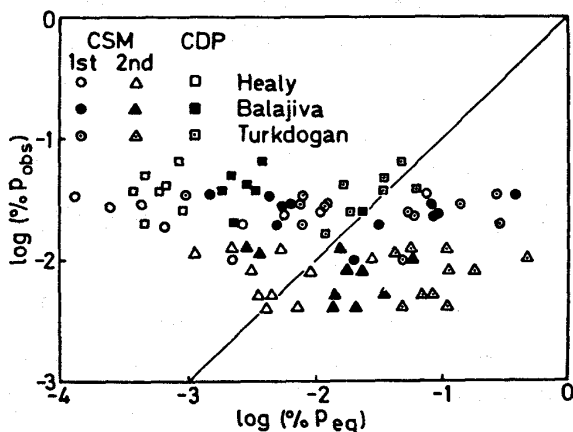


図5. 流出P濃度と平衡P濃度の関係

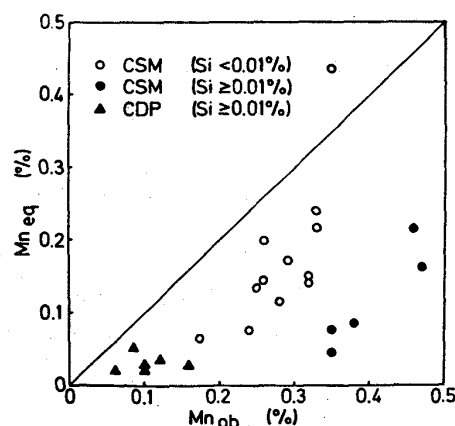


図6. 流出Mn濃度と平衡Mn濃度の関係

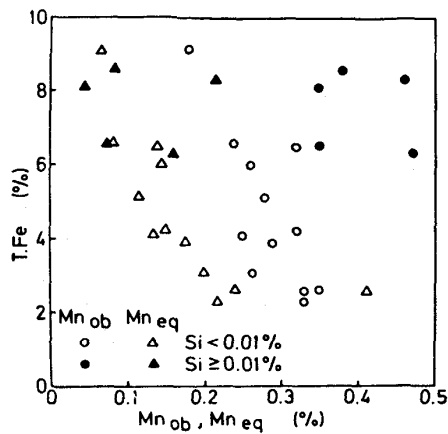


図7. 流出および平衡Mn濃度とT.Feの関係 (CSM)

れる。このことから攪拌強度の反応面からの指標として Mn_{eq}/Mn_{ob} を平衡到達度と定義し、T.Feとの関係をみたのが図8である。図から平衡到達度とT.Feの対応はかなり明確なものといえる。

4. 粉体吹込みの効果について

炉内の攪拌に寄与するものとして主に吹精酸素流量、生成CO流量および水モデル実験でも上吹きの場合その効果が認められた⁸⁾粉体流量が考えられる。このうち酸素流量は各実験ともほぼ等しいため除いた後二者の和を溶湯流量で割った値を気液流量比⁹⁾ ($\lambda = (\text{生成CO流量} + \text{粉体吹込み流量}) / \text{溶湯流量}$)と定義し、この攪拌強度の物理的指標と平衡到達度の関係をみたのが図9である。かなりプロットが散在しているが、 λ の増加に伴い平衡到達度も上っているといえる。

次に、T.Feと λ の関係をみたのが図10で、これは図8と図9の合成であるが、図9で勾配 $a = 5.07$ で区切ったプロットが本図では逆転して現われ、2群に分れたが、この2群の間に何らかの炉況の違いが存在したかは不明である。全体として λ の減少に従いT.Feは増加する傾向にある。

脱磷率に対する λ の影響をみたのが図11である。オ53回実験以前の値は造滓剤供給量が4~9 kg/minと、オ56回以後の9~13 kg/minにくらべ相対的に広範囲に渡っているためもあり、 λ の増加による脱磷率の向上がオ56回以後の点にくらべ明らかなといえる。造滓剤量の増加による塩基度の効果が脱磷率の上昇に現われたとも考えられるが、図1で述べたように塩基度の影響は認められなかったため、攪拌強度、とくに粉体供給量の影響が脱磷に寄与したものと考えられる。

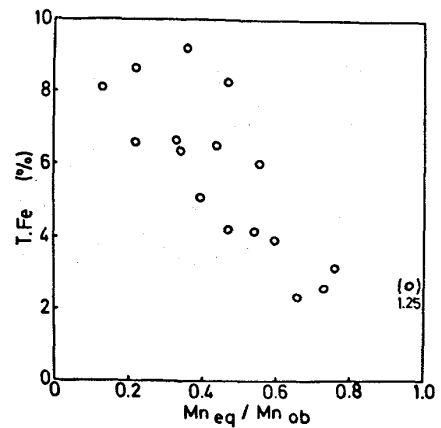


図8 平衡到達度とT.Feの関係 (CSM)

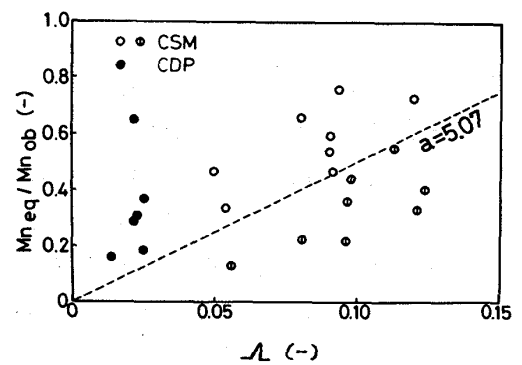


図9. 気液流量比とMn平衡到達度の関係 ($a = Mn_{eq}/Mn_{ob}/\lambda$)

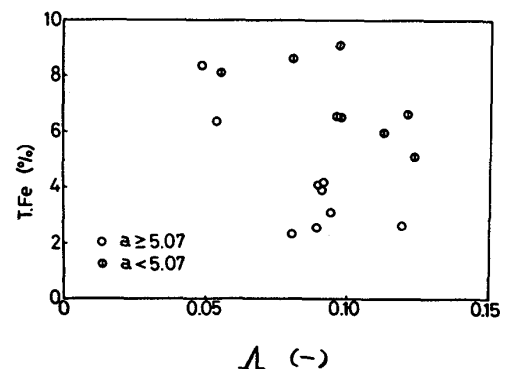


図10. 気液流量比とT.Feの関係 (CSM)

5. 結言

連続製鋼で脱磷を進行させる上で、直列上吹ランスからの粉体の同時供給は、スラグ・メタル反応を平衡近くまで進行させ、同時にT.Feを下げ鉄歩留りの向上が計れる点で有効な手段と考えられる。また、平衡到達度 Mn_{eq}/Mn_{ob} はスラグ・メタル反応の進行度を判定する指標として適当と考えられる。

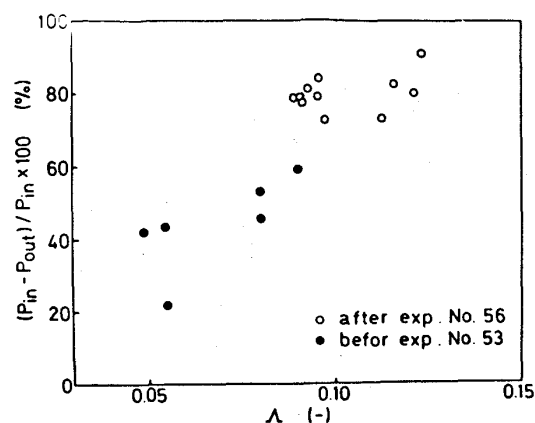


図11. 気液流量比と脱磷率の関係

文献

- 1) 中川龍一, 吉松史朗, 上田卓弥, 三井達郎, 福沢 章, 佐藤 彰, 尾崎 太: 鉄と鋼, 59 (1973), P.414
- 2) 福沢 章, 中川龍一, 吉松史朗, 佐藤 彰, 三井達郎, 尾崎 太: 鉄と鋼, 64 (1978), P.2109
- 3) G. W. Healy: J I S I, 208 (1970), P.664
- 4) K. Balajiva and P. Vajraguputa: J I S I, 155 (1947), P.563
- 5) E. T. Turkdogan and J. Pearson: J I S I, 175 (1953), P.398
- 6) 岩崎克博, 佐野信雄, 松下幸雄: 鉄と鋼, 65 (1979), S.740
- 7) J. Chipman, J. B. Gero and T. B. Winkler: Trans AIME, 188 (1950), P.341
- 8) 福沢 章: 鉄と鋼, 65 (1979), S.645
- 9) 福沢 章, 中川龍一, 吉松史朗, 上田卓弥: 鉄と鋼, 64 (1978), P.1333