

断面均一高炉モデルにより液燃使用時の理論限界燃料比を 406.5 kg, オールコークス 440 kg と推定した。オールコークス操業で燃料比低減を図る際に、羽口先温度の上昇に伴い断面平均溶解帯レベルが低下、1 炉下部スリップを惹起するが、この原因として、羽口先コークス消費速度増加により、炉芯と溶解帯の間の流路の流速過多と、O/C のフラット化により溶解帯帯低下に起因する流路の狭小化によることを想定し、解析例を報告して、分布制御による溶解帯の中間部低下防止を強調した。

和歌山 5 高炉の実績を基にして、平衡論、速度論により、重油吹込時及びオールコークス時の理論限界燃料比を推定し、大型高炉の限界燃料比は 440 kg としたが、和歌山の実績では、炉況の安定を加味した適正燃料比は 475~480 kg であると述べた。更に今後の燃料比低減には、スリップ減少対策の重要性を強調した。

松原（神鋼 本社）オールコークス操業時に、スリップの多発現象の解釈については同意見、特にオールコークス操業時の出銑比限界について 1.9~2.0 t/m³/日ではないかと述べ、更に低燃料比、高出銑比を得るには、装入物管理強化、分布制御の改善による炉下部の制約条件の緩和と、融着帯形状制御の必要性を強調、理論限界燃料比を推定する上で、出銑比の限界を考えるべきだとコメントし、重油使用時 2.3、オールコークス時 2.16 t/m³/日と考えているという回答が述べられた。松原は、COM、CTM 等の技術は、重油削減、燃料多様化、高炉の安定化操業技術確立を指向し、トータルエネルギーコスト低減をはかる上で考慮すべきだと述べた。

金森（新日鉄 大分）は、討 1 の資料を引用し、理論限界燃料比については、同様の値が得られたと述べ、スリップ発生原因とそれによる燃料比の制約条件については同意見であるが、周辺部 O/C 上昇に起因する根部溶解不良も考えられるのではないかとコメントした。

討 4 直接還元法における燃料比の限界 相馬（東大）

シャフト炉、キルン熔融還元を高炉法と対比し、製品鉄の還元に要する熱量 1.75 Gcal/t を基準とする 1 次発熱量、物理的損失熱（炉体損失と排ガス顕熱）と化学的損失熱（排ガス潜熱）の大小、再利用可能エネルギーの 3 点から比較した。熔融還元は耐火物の問題、反応面で解明の余地があり、シャフト炉が高炉法に燃料比で必肩できるには、生産速度を抑えガス利用率を上げることと、熱交換方式を抜本的に改善する必要性を、理論的に説明した。

岡部（川鉄 技研）は、筆者の比較法について、コメントを述べ、シャフト炉法の改質炉での燃焼熱を熱風炉と同様に考慮すべきこと、熱効率についてのデータを示した。更に直接還元法の燃料比を高炉法と同程度にする方向について、示唆を求めた。

時間の関係で残念ながら討論を打ち切らざるを得なかつたが、討 2 に対し、宮下（鋼管 技研）より、焼結鉱の RI

向上による高炉の理論限界燃料比の低減可能性、低 SiO₂ 焼結で低 RDI、高 RI の望ましい組織と製造条件、特に銘柄上の配慮。討 3 に対し、山本（鋼管 福山）より、スリップ多発型の溶解帯形状の矯正方法、モデル計算における径方向 O/C 分布の溶解帯形状への影響度。討 4 に対し、中村（新日鉄 基礎研）より高炉と他の製鉄法の比較で、事前処理工程、溶解工程のエネルギー下限値の考慮の必要性、改質炉、溶解工程の省エネルギーによるシャフト炉の有利性、化石燃料を用いた還元鉄の溶解の可能性等興味ある討論がよせられていた。

総合討論として、石川（新日鉄 八幡）が、従来理論限界燃料比は 405 kg とされていたが、既に 408 kg を達成している高炉もあり、今回のモデル計算では、約 380 kg という可能性が示されたこと、これを達成するには、コークスの反応性、焼結の RI 向上、低 SiO₂ 焼結鉱など、原料性状の一層の改善が必要であること。高炉の装入物分布の制御により融着帯を制御し、ガス利用率の向上と、融着帯の適正位置の保持による熱損失の低減を図ることが重要であると指摘し、これらの具体的方策として、焼結鉱の細粒化も、RI、低 SiO₂ 化と並んで注目すべきことをあげた。また、今後の問題として羽口先温度上昇に伴う熱流比上昇とスリップ増大傾向との関係把握、鉱石溶解機構の数式モデル化などが重要な理論面の検討課題となろう。また、実操業面においては 2~3 年後に石炭吹き込みが話題となろうし、外国で実施されているプラズマ高炉も今後の技術として注目されると述べ、製鉄技術はまだまだやるべき多くの点が残されていると強調した。

時間の関係で総合討論をお願いした館教授（東大）のコメントは、残念ながら割愛させていただき、座長として館先生をはじめとして、全般にわたるコメントを期待された方に対し、誌上を借りてお詫びの言葉を申し述べたい。

今回は大テーマにもかかわらず、多数の方々が、いろいろな角度から高炉の操業と燃料比について討論していただき、重要な点はほぼ話題として挙げられ、原料面、操業面において今後追求すべき具体的目標が明らかとなつたと思われる。

II. 溶銑予備精錬

座長 中川 龍一
副座長 堀 口 浩

第 95 回講演大会（昭和 53 年 4 月）の討論会「溶銑予備精錬」では脱硫をとり上げ、その結果溶銑脱硫法が鉄鋼業界に広く定着されるに至つた。これは過去 30 年製鋼技術の王座を占めていた転炉法の工程能力が時代の要求に応じられなくなつたためと言える。例えば寒冷地向けラインパイプ材で硫黄分 50 ppm が要求されるに至り、転炉だけでは達成できず溶銑の予備処理が一般化さ

れた。換言すれば脱炭と脱硫の反応を分離することによるメリットがデメリットを上廻ることを工業的に立証したと言える。この結果は、トーマス以来約一世紀続いた脱炭と脱磷の同時反応を見直す気運を製鋼にたずさわる学界及び業界に生みだした。その第一歩として溶鉄の予備脱磷をテーマとした討論会は誠に時機を得たものであり、企画された鉄鋼協会に謝意を表する旨座長より挨拶があつた。

討論会は5編の研究成果が報告された。(詳細については「鉄と鋼, Vol. 66, 8号」を参照) 以下各講演の内容とそれについての討議の主要点について述べる。

討5「溶鉄予備精錬技術における基本的問題の考察」

発表者井上(東北大)は磷と硫黄を同時に除去するための精錬剤の具備すべき反応条件について熱力学的立場から統一的に説明した。即ちスラグ-メタル反応によるアノード反応とカソード反応の混成電位の概念を具体的に表現する便法としてスラグメタル界面の酸素分圧(P_{O_2})を導入し、これまでに報告された実験データを基に各種精錬剤の phosphate Capacity (C_{PG}), Sulfide Capacity (C_{SG}) を設定した。更にこれら C_{PG} , C_{SG} を用いて分配比 L_B , L_S を (P_{O_2}) の関数で整理し、各種精錬剤の同時脱磷脱硫反応の可能条件をわかりやすい形で示した。

これに対し森(九州大)は使われている界面の酸素ポテンシャルは溶湯との平衡酸素分圧に比し大きな値になっている理由を質した。発表者は、以下のごとく答えた。脱P反応は、基本的には、酸素ポテンシャル、Pの濃度分布を考慮した非定常拡散と電荷移動過程の混合律速で進行すると考えられる。(図1)本論文では、簡単のため、混成電位を具体的に表現する便法として、酸素ポテ

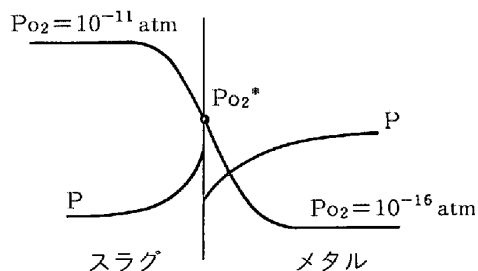


図 1

ンシャルを用い、本来の混成電位に対応する酸素ポテンシャル $P_{O_2}^*$ はスラグ相本体の P_{O_2} に近似的に等しいと仮定した。質問にあるように界面のカーボン濃度が $a_{FeO} = 0.2$ に対応するC濃度(実際には 1400°C では, $[C] \approx 0.1\%$ で固相のFeが晶出する領域であり溶鉄の取扱いはできない。溶鉄のC濃度は $\approx 2\%$ である。)まで低下すると、Cの拡散速度とPの反応速度と比較すれば、次のようになる。簡単のため定常拡散を仮定し、metal中のP、Cの反応速度が、それぞれ濃度の一次で

進行するとすれば、metal中の $[\%P] = 0.3$ の濃度では、Pの反応速度はCの反応速度に比べ著しく小さい。 $(k_p = 0.01 \text{ cm/s}, \dot{n}_p = 10^{-5} \text{ mol/cm}^2 \cdot \text{s}, k_c = 0.04 \text{ cos/s}, \dot{n}_c = 10^{-3} \text{ mol/cm}^2 \cdot \text{s})$ 従つて、Cの濃度勾配は、Pの濃度勾配より小さく、界面C濃度は見掛上メタル相本体の濃度に等しいと近以できる。また、実際に溶鉄で脱Pが進行することから、同時にCOは発生するが、その速度は遅く、slag-metal界面での P_{O_2} (近似的にはslag中のFeOの濃度で決まる P_{O_2})によりPの分配は決定されると考える。

次いで池田(住金・中研)が C_{PG} の測定法について質したのに対し発表者は C_{SG} のように直接測定が不可能なので、定状態に達したスラグ-メタルの成分分析値を用いた旨回答。またソーダ系の C_{PG} 推定の場合 $a_{O^{2-}}$ をCaO系と共通にしたことに対し疑念が示されたが、発表者も承知しており計算の最後まで分離していた旨答えた。

中村(新日鉄・基礎研)は報告された CaCl_2 及びそれに代る種々のハロゲン塩のフラックスの実験結果を示し、 CaCl_2 が脱磷・脱硫作用が最も優れていることを強調し、今後その理由を明示するように要請した。

討6「ソーダ灰を利用した新製鋼法」発表者山田(日本鋼管・福山)は高炉で脱珪した溶鉄を高炉鍋でソーダ灰とミルスケールを添加し浸漬ランスを通して窒素ガスを吹込み脱磷・脱硫を行い、スラグレス脱炭を140tの工業規模で行つた。その結果従来の転炉法より約20 M cal/t以上の熱エネルギーが節約され、溶鋼歩留が2%以上の向上が期待できることを示した。

討7「ソーダ灰による溶鉄の予備処理法の検討」発表者丸川(住金 鹿島)は基礎実験に続いて250tの溶鉄鍋を用い脱珪後、ソーダ灰をインジェクション法で吹込むことにより脱磷・脱硫実験を行い、ソーダ灰予備処理のイメージを明確にした。それは①脱珪処理、②脱磷・脱硫処理、及び③ソーダ灰回収の3プロセスからなり、今後検討すべき課題として①脱珪処理法の開発、②ソーダスラグに対する耐火物の開発及び③ソーダ灰の吸熱反応を含めた熱補償を挙げている。

討8「ソーダ灰による溶鉄の連続精錬」発表者(山本・新日鉄・生産研)はソーダスラグの特性である低粘性に着目しスラグとメタルの分離を容易にするため連続式多段炉を用い、45t/hの中間規模の試験を行い、その技術的可能性と経済効果を検討し極めて期待のもてる結論を紹介した。

上記3件の発表は従来広く使用されている石灰に代りソーダ灰を使用することに着目し、いずれも工業的規模で実験を行いほぼ同様な結論に達したのも興味深い。即ちソーダ灰の反応性は良く、 $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ の比を大きくすれば脱磷能は大きく、この際特に(TFe)は低くても良く、精錬剤としてのソーダ灰は十分実用化し得る。

一方ソーダプロセスの問題点に関してもほぼ同様な結

論に達している。最初にソーダ灰の解離熱、及びソーダの蒸発熱による熱ロス、転炉のスラグレス精錬が実施できることからスラグの顕熱の減少によつて補償されると山田及び山本は主張している。また耐火物についても山本が連続炉の最大溶損速度でも 1 mm/h 以下であつたとの注目すべき発言を行つた。更にソーダの回収についても丸川・山本共に 80~85% の高率回収が可能で残渣も肥料等有効に活用でき得ることを報告した。

ソーダ灰処理により溶銑の窒素が 10 ppm 程度に下り成品の品質改善の手段になり得ることを丸川及び山本は提案している。

この質疑の中で水渡（東北大 選研）は脱燐反応における酸素ポテンシャルの議論で自己の実験データを示し T・Fe は Fe-Oxide よりむしろ FeS として存在し、反応の酸素ポテンシャルは C/CO によつて決まるのではないかとの発言を行つた。更に討 7 では脱燐スラグ中での存在形態として Na_3P が示されているが、実験結果からそれでは脱燐が進行しないことをコメントし注目を浴びた。

討 9 「連続製鋼法における粉体吹込の効果について」発表者福沢（金材研）は多段式植型連続製鋼法における脱燐反応の際の上吹ランスから酸素と共に吹込む生石灰の効果について報告しており、溶湯の攪拌力を示すものとして気液流量比（ $\Lambda = (\text{生成 CO 流量} + \text{粉体吹込み流量}) / (\text{溶湯流量})$ ）を挙げこれを上げることにより反応を平衡値に近い値まで進行させると同時に T・Fe も下げ歩留も向上することを述べた。

これに対し宮下（日本鋼管 福山）は LD-AC の実炉操業の経験から酸素による生石灰吹込みは溶湯の攪拌強化の他に石灰粒子が溶湯中に浸入しやすくなり脱燐反応に寄与するのではないかとのコメントを行つた。

また江見（川鉄 技研）は生石灰を酸素で溶湯内に吹き込む際、反応界面の P_{O_2} を高くできそこで燐化が起き直ちに石灰で固定され脱燐が進む。この際温度が低い場合はスラグはクエンチされた状態のまま C による復燐が起らぬのではないかとの考えを示した。

最後に副座長の堀口（新日鉄・大分）は本講演会を企画した時はソーダ系の論文が多く、従つてソーダ系の溶銑予備脱燐が本日のメインテーマになつた。しかしその後の研究は日進月歩で本大会の一般講演では幾つかの石灰系の論文が散見され、いずれ近い将来ソーダ系対石灰系の比較討論会が開かれることを期待する旨の挨拶を以つて本講演大会を終了した。

III. 冷延高張力鋼板

川崎製鉄(株)技術研究所

座長 大橋 延 夫

高張力薄鋼板については昭和 51 年秋の第 92 回講演大会討論会以来 4 年ぶりの討論会であつた。今回はこれ

ら鋼板の本格的な開発が緒についたばかりの頃で、プレス成形性を中心とした基礎的特性に関する発表と討論が行われたが、以後鉄鋼メーカーにおいては製造技術の確立と製品の多様化、体系化が進み、また自動車メーカーにおいては実用化への試みが勢力的に行われた結果、現在では実車への適用例も急速に増えつつある。燃費向上を目指した車体重量の軽減は引きつづき最重要課題の一つであり、この分野での基礎応用両面に渉る一層の技術開発が望まれているが、この時点で今回主題の討論会が開かれた意義は大きいといえよう。今回は対象を自動車車体の主として内外板に用いられる冷延高張力鋼板に絞り、鉄鋼メーカー 5 社からの発表のほか、自動車メーカー 2 社からの特別参加を得、使用者側としての経験と要望を混えた討論が行われたことが特筆される。時間の制約もあり、7 件の発表を 2, 2, 3 件に分け、それぞれまとめて討論を行う形式で運営したが、約 100 名の参加者を得て終始活発な意見交換が行われた。以下にその概要を記す。

討 17 冷延高張力鋼板の自動車への適用

トヨタ自動車工業(株)第 5 技術部 朝倉昭二

車体構造の約 60% を占める鋼板重量を軽減することの意義を説明したあと、冷延高張力鋼板を適用するにあつて経験されたいくつかの技術的問題点を紹介した。まずプレス成形性では、破断、しわの他、とくに局部ひずみの発生や形状凍結性などに問題が多く、これらを解決するには低ひずみ領域での流動応力の低いことが重要である。伸びフランジ性やスプリングバック性も強度との関係が大きく、総じて降伏強度の低い材料が好ましい。またスポット溶接については、軟鋼板に較べて適正溶接条件の範囲が狭くなり、母材強度は上昇すると引張剪断強度は上昇するが十字引張強度は上昇せず、また疲労強度も低下する傾向があることに注意を要する。これらの点を総合し、外板としては抗張力 35~40 kg·f/mm² 級、内板としては 45~60 kg·f/mm² 級、そして補強部材としては 60~80 kg/mm² 級の材料を適用する技術を確立することが当面の課題であることを指摘した。これに対し、初期加工硬化が大きい複合組織鋼板のプレス成形性評価について質問がなされたが、降伏強度あるいは低ひずみ領域での流動応力の絶対値が低ければ問題が少ない旨回答され、また外板には焼付硬化性のある低降伏強度鋼板が好ましいことが述べられた。また溶性強度改善のための自動車メーカー側の対策について説明がなされた。

討 18 高張力鋼板の車体への適用

日産自動車(株)第 2 技術部 塩川昌男

まず車体構造に要求される五つの基本性能、すなわち張り剛性、耐デント性、部材剛性、耐久強度、大変形衝撃強度と、それらによつて定まる材料の板厚決定要因を説明し、高張力鋼板の適用による有利性の意味を明らか