

である。センサーの開発も残された問題である

今回のテーマの問題は高炉操業成績、炉体保持などの基本に大きく影響する事であるので今後の研究の大きな課題として参会者が認識した。

II. ESR 法の精錬と鋳塊の品質

名古屋大学工学部金属工学科 工博

座長 井 上 道 雄

本討論会は特殊精錬法の一つとして近年注目されている ESR 法 (エレクトロスラグ再溶解法) における精錬反応の物理化学および非金属介在物の挙動に重点をおいて企画された。応募された論文は次の三編である。(これらの概要については、「鉄と鋼」61 年 10 号を参照されたい)。

- 討 4. ESR における脱酸および脱硫について (新日鉄生産技研; 梶岡博幸, ○石川英毅, 坂口庄一八幡製鉄所; 副島 薫)
- 討 5. ESR 処理中の水素の挙動について (鋼管技研; ○榊井明, 笹島保敏, 山村 稔)
- 討 6. ESR 再溶解時の物質移動について (名大工; 小島 康, 井上道雄, 野村正一, 名工試: 加藤誠)

第 1 の講演では石川氏が ESR の反応機構を解明する目的で 5 t ESR 炉を用いて行なった種々の試験溶解の結果から、交流 ESR 炉における酸化脱硫の挙動と Al キルド鋼および Si キルド鋼における酸素の挙動についてまとめた結果を報告した。ESR 鋼塊の Q と Al, Si との脱酸平衡を仮定してメタルプールの温度を見積ると、Al キルド鋼では $1800 \sim 1900^\circ\text{C}$ となり、Si キルド鋼では 1700°C となる。このように ESR の脱酸を平衡論的に整理すると、両者に差が出てくるがこの点については後述の討論者からも意見が述べられ討論の対象となった。次に ESR における S の物質収支から酸化脱硫率を求め、ESR においては酸化脱硫が大きな役割をもつこと、例えば $\text{CaF}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 系スラグでは 80% 以上に及ぶことを明らかにした。また小型るつぼ実験を試み酸化脱硫速度とスラグ組成との関係を求め、 CaF_2 60% スラグでの酸化脱硫速度 $0.01 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{min}$ が実用 ESR 炉の値とかなりよく一致することを述べた。

これに対し、成田貴一氏 (代理佐藤氏) (神鋼中研)、小口征男氏 (川鉄技研)、山口国男氏 (大同洪川) から質問ならびにコメントが寄せられた。主な討論内容をまとめると脱酸平衡値として示された値の意義、酸化脱硫の効果についての 2 点で、成田氏、小口氏はそれぞれ自身の実験結果の一部を紹介し、Al キルド鋼における脱酸平衡や、酸化脱硫の機構に関連して、スラグ中の FeO の寄与や塩基度と気相の酸素ポテンシャルの影響について意見を述べた。また山口氏は実操業の ESR 鋼塊の調査結果から Al 及び酸素の分布、操業条件及び塩基度と酸素値との関係について意見を述べた。これまでのところではメタルプールの脱酸平衡を考慮して ESR 鋼塊の酸素値を追跡することは WAHLSTER からも試みているが、操業規模の大小や操業条件を考えると必ずしも適当ではないようである。なお酸素の挙動については (討 6) でもふれ

ているが、榊井氏 (鋼管技研) から空気酸化、つまり気相からの酸素 pick up についての研究結果の一部が紹介された。

第 2 の講演では、榊井氏が実験用 ESR 炉 (mold size: $180\phi \times 1400$) を用いて種々の水蒸気分圧のもとで、 $\text{CaF}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}$ 系スラグによる再溶解時の鋼塊の水素値を追跡した結果、水素の挙動を支配する要因を整理して、その律速過程がガス-スラグ境界層の (OH^-) の移動速度によるとみなして、水素吸収の数式モデルを提出した。またこのモデルによる計算値が HOLZGRUBER らの大型炉の実測値をかなりよく満足することを示した。

これに対し、森一美氏 (名大工)、井口泰孝氏 (東北大工)、山口国男氏 (大同洪川) 及び中村泰氏 (新日鉄基礎研) から討論が行なわれた。これらの要点は、モデル式の前提となる水素移行の律速過程の適否、メタルプール中の H の値の正確な把握および実操業規模の大型炉への適用性についてである。第 1 の点については、森氏がガス例の物質移動、あるいはガス-スラグ界面反応が律速になり得るとは考えられないかとただしたが、榊井氏は本実験条件下では考えられる各素過程を検討した結果、本モデルの有用性を述べたが、実験条件いかによつては、界面反応その他の素過程を含めた混合律速となる可能性もあると説明した。井口氏は溶鋼からの石英管吸上げ試料による H 定量結果に比し凝固鋼塊から切出して求めた H 値について、ESR 程度の急冷条件下でも H の逸出が避けられず低値を示すのではないかという疑問に関して、自身のガス-スラグ-メタル間の水素の移行に関する研究結果の概要を紹介し二、三の意見を述べた。その中で興味があることは、実験条件が異なるにもかかわらず、鋼浴中の H 吸収がスラグ中の (OH^-) の移動により律速されると考えて、スラグ中の (OH^-) の物質移動係数を求めると $10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$ のオーダーとなり、榊井氏の結果とほぼ同様の値になること、およびスラグ中の (OH^-) の拡散が従来考えられていたものよりかなり大きいと考えられるということである。また山口氏は実操業の面から水素の挙動に関連して、ガス-スラグ界面での HF の生成の影響や、スラグ温度、溶解速度などの影響およびスラグの前処理の重要性について意見を述べた。中村氏は自身の実験例からこのモデルによる H 値の予測が有効であると述べ、実操業への適用についてもかなり有望であると感想を述べた。今後、水素定量の試料採取の困難さがあるが、できるだけ多くの実測値による本モデルの裏付けが望まれる。

第 3 の講演は小島氏より、小型直流 ESR 炉 (max. $2700 \text{ amp. mold size } 110\phi$) を用いた実験結果にもとづき、物質移動の立場から主として酸素の挙動について発表された。実験に使用した鋼種ならびに大きさは、炭素鋼 (S48C)、40 及び $50 \text{ mm}\phi$ で $\text{CaF}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ (15, 30%) スラグで再溶解したものである。本講演では、小型炉の場合は電流密度が大型炉より高いので、スラグによる精製効果よりも汚染の効果が大きくあらわれ、結果としてかえって鋼塊の酸素濃度が高くなる傾向のあることを指摘し、それぞれ正極性、逆極性の場合の、メタルプール-スラグ界面、あるいは電極先端溶融部とスラグ界面を通しての酸素の物質移動を物理化学的立場から考察した。すなわち正極性ではメタルプールへの酸素の移

行は、電流密度の函数で示され、その結果から実操業規模の大型化に伴って、スラグからの汚染が減少し、鋼塊の酸素値がどれだけ低値を示すようになるかを推定した。

本講演に対しては、川上正博氏(東工大)、増子昇氏(東大生研)(紙上討論)から、ここで取扱っている電極-スラグ-メタルプール間の酸素の移行に関する電気化学的な解釈、および律速段階の根拠について意見が提出された。これらの点については、なお今後の進展を期待したい。また榊井明氏(鋼管技研)は本講演に関連して、自身の実験例から、電極先端部の急冷試料から観察される溶融部の中の介在物を調査の結果、これらが二次析出物であると考えられ、この事実から酸素の物質移動係数と電流密度の関係を求めると、本講演における正極性の場合の値に近いことを紹介した。

今回の討論会では、ESRの精錬の他に、その凝固過程の研究発表も期待したのであるが、今回は応募論文がなかった。これらについてはまた次の機会に期待したい。最後に本討論会に貴重な研究成果を詳しく講演発表された各位、ならびに熱心に長時間にわたり討論に加わっていただいた各位に厚く感謝する。

III. 圧延(熱間および冷間)における 圧延潤滑の諸問題

川崎製鉄(株)千葉製鉄所

座長 鈴木 桂 一

本討論会は10月2日午後1時より約4時間にわたり6編(討論7~12)の講演を中心に約130人の会員の出席のもとに行なわれた。これら発表された講演の概要は「鉄と鋼」61年10月号に収録されているとおりでである。発表および討論は前半の熱延における潤滑問題2編と後半の冷延における潤滑問題4編に分けて行なわれた。

討論7は「熱間圧延における圧延油の使用効果について」であり、住友金属(株)中央研究所の間瀬俊朗氏、鹿島製鉄所の長谷登氏より発表された。(共同発表者:西沢一彦, 河野輝雄)

熱間圧延油として良好な結果が結果が期待される油種を実験室の試験で選び、それらを実機に使用して得られた特徴的な結果が示された。実験室の試験では、付着性を増すには高粘度の鉱物油かまたは熱重合しやすい植物油が良く、熱分解し難さでは合成油または動物油であり、この結果に基づいて実機では、混合油(鉱物油+植物油)と動物油を用いて試験を行なつたが、圧延条件の変動の為此の両者に大きな差はなかつた。圧延油の使用効果として圧延荷重の減少、ロールの表面性状の向上および摩擦の減少、圧延動力の減少さらに付帯効果として後続スタンドの圧延荷重の減少、黒皮生成による残存効果、累積効果が述べられた。これに対して寺門良二氏(新日鉄室蘭)より、アダマイトロールとグリーンロールでは圧延油を使用してもその摩擦の減少率に大きな差があり、後続スタンドがグリーンロールの場合、その摩擦の減少は期待できないのではないかと指摘がなされた。

討論8は「ホットストリップ圧延への潤滑油の適用」

であり、川崎製鉄(株)千葉製鉄所の小林善二郎氏より発表された。(共同発表者:伊藤進, 浅川長正)

圧延条件の大きく変動する種々の特殊鋼を圧延している実機に、潤滑油を使用して得られた結果と、実験室試験での潤滑油の有無による鋼種別圧延荷重の変化、油膜厚みと圧延荷重との関係が示された。実機での圧延油の使用結果として圧延荷重・圧延動力の減少、ロール表面性状の向上、普通鋼と珪素鋼とでロール面上への黒皮酸化物の生成の差およびこれに関する潤滑機構が述べられた。さらに実験室の試験では鋼種別の圧延荷重の減少率は普通鋼、ステンレス鋼、珪素鋼の順に大きくなり、最適油量として油膜厚みがある値で圧延荷重が極少になることが示された。これに対して木原諄二氏(東大工学部)より、熱間圧延油が油脂を含むかまたは油脂を主体にしなければならないという特殊性は、流体潤滑機構では説明できないのではないかと指摘がなされた。

討論7, 8から熱間における潤滑の今後の解明に待つ問題として、1) 油脂の重合が短時間で起こり得るか。2) 各スタンドへの最適油量や、後続スタンドへの影響は油の種類によつて大きな差があるのではないか。3) 熱間圧延油がいかなる機構で黒皮酸化物の生成に影響を及ぼしているか、などがある。

討論9は「低炭素鋼の冷間圧延油の潤滑挙動の実験室的研究」であり、東京大学工学部の小豆島明氏より発表された。(共同発表者:木原諄二, 五弓勇雄)

種々の基油の潤滑性に対する速度の影響がシュトライベックの境界潤滑-混合潤滑-流体潤滑の概念で説明できまた基油の粘度、圧縮率と組成(添加剤)が境界潤滑と流体潤滑の挙動を決める因子であるが、表面張力の影響は無視できる。さらに圧延後の板の粗度は、基油の種類と粘度と速度に支配されるとの研究結果が述べられた。これに対し鎌田征雄氏(川鉄技研)より、高速での粗度の粘度依存性にかわるものは何かとの指摘に対して小豆島氏より、高速での流体潤滑領域では油種による粘度の圧力依存性が律則になり、低速での境界潤滑領域では粗度が律則になるとの興味ある見解が述べられた。

討論10は「高潤滑性ミルクリーン圧延油の開発について」であり、新日本製鉄(株)君津製鉄所の山崎公三氏より発表された。(共同発表者:安藤成海, 才木孝, 勝谷良碩, 古賀国彦, 乾永房)

5ダンデムコールドミルの薄物サイクルと厚物サイクルの圧延油の統一を図るべく、薄物圧延も可能な高潤滑性能を有するミルクリーン圧延油の開発経過について述べられた。その中で牛脂と鉱油の混合型、合成油型、メチルエステル型の3種についてオフライン、オンラインの試験結果から牛脂と鉱油混合型について牛脂比率の減少(鹼化値で80以下)乳化剤の選定、圧延性の低下を補償するための合成脂肪酸の選択と添加剤の配合を行なうことにより、牛脂ベース並みの圧延性と鉱油ベース並みのミルクリーン性を兼ねそなえる圧延油の開発に成功したと述べられた。これに対し福田修三氏(日本鋼管技研)はミルクリーン性能については、鋼板表面付着物の質と量に大きく影響され、この面での今後の研究が必要であろうと示唆し、また焼鈍後にも存在せる表面付着物はボンデ処理、プレス成形などへの影響の大きいことを強調した。また木原諄二氏(東大工)より界面活性剤の