

要因を加えた三つをインプットとし、一方、焼結鉍の生産性、品質、原単位をアウトプットとする自己完結型モデルで、この計算結果から、目標とする焼結鉍を製造するための最適配合を予測できるとし、その実際の運用例についても述べている。

一方、(討7)は、原料選択の自由が制約される状況下では、鉍石特性を考慮した擬似粒子構造の調整が有効になると論じている。理想的な焼結鉍と考えられる、多孔質残留元鉍を針状カルシウムフェライトで包んだ構造のものを作るには、現実の鉍石事情等から、擬似粒子の付着粉層を二層化し、各層の鉍石性状に応じて石灰石添加量を変える方法が有効であることを述べた。この手段を選択造粒法と称し、実機に適用した結果、通気性の改善と被還元性の良好な焼結鉍が得られたことを報告している。

以上、討論内容の概略を記したが、これらの討論の過程で、いわゆる事前処理技術がまだ若い技術であつて、それだけに定量化、モデル化が緒についたばかりであり、プロセスの詳細についても不明なところがあることが明らかとなつた。また、立地条件や設備制約などもあつて、技術が多様化されているのも一つの特徴と言える。

今後これら技術の中から、自工場に最も適した方法が選択されあるいは組み合わせられ、かつ、研究がより一層進んで一つの完成された技術へと発展することが期待されよう。

将来、設備の老朽化が進み、さらに原料上の制約が強まる事が予想される中で、事前処理のために何らかの設備投資が必要となろうが、鉄鋼業の現状を考えれば、それは必ずしも容易ではなく、それだけに、採用すべき技術も十分評価に耐える画期的なものでなければなるまい。

かかる観点から、焼結製造技術への造詣をより深めることが強く求められている今日、この討論会は、大変興味深く、かつ、有意義なものであつた。

最後に、大森教授はじめ講演して頂いた各氏、並びに討論に参加された会場の諸兄に、厚くお礼申し上げる。

II. 急冷凝固現象とその応用

座 長 早稲田大学理工学部

草 川 隆 次

座 長 川崎製鉄(株)技術研究本部

垣 生 泰 弘

溶鋼から直接、薄铸件を連続的に製造するプロセスは唯単に工程短縮というばかりでなく、急冷効果を生かした新機能材料製造といった楽しみも期待できるので大いに注目されている新しい分野である。

これまでの討論会はどちらかと言えば、研究がかなり

進んだ分野のテーマを選び、まとめを行うといった場合が多かつたが、今回はむしろこれからの分野のテーマを選定し今後の研究方向について意見交換するといった狙いが一つのポイントであつた。このような趣旨に賛同して下さり、実に 17 編という、これまでの討論会のうち最多の論文が寄せられた。内容的にも、レビュー(一部は依頼)あり、基礎理論あり、また実験も薄帯、ストリップ、シートバーとすべて揃い、バラエティに富んだもののできた。またこの分野で優れた研究が行われている、MIT(米)のフレミング教授と塩原融氏(MIT, Research Associate)の講演も含めることができ、国際色豊かに実行された。

討論は 9 時 30 分から 17 時 30 分までの長時間にわたつたが、大きな会場がほぼ満員という非常な盛会のもとで活発な論議がかわされた。

以下に講演及び討論の要点を記す。

(討8) 非鉄金属材料の薄板連铸

(東海大学 田中 浩)

(討9) 鉄鋼材料の薄板連続铸造法

(早稲田大学理工学部 草川隆次)

上記二つの講演は、いずれもレビューであり、薄板連铸の歴史的技術変遷、各種铸造法の特徴と問題点、などがよく整理された形で紹介され、今回の討論会の導入に極めて相応しいものであつた。

(討10) Fundamentals of Rapid Solidification Processing (M. I. T. M. C. FLEMINGS et al)

(討11) Rapid Solidification of Levitation Melted Ni-Sn Alloy Droplets With High Undercooling

(M. I. T. Y. SHIOHARA et al)

(討12) 急冷凝固、過冷却、準安定平衡

(京都大学工学部 新宮秀夫ほか)

上記三つの講演は急速凝固の基礎理論に関するものである。(討10)は冷却速度がほとんど過冷現象の生じない $10^{-4} \sim 10^3$ K/s の範囲から、大きな過冷を伴う 10^3 K/s 以上の範囲におけるデンドライト先端温度変化、デンドライトアームスペーシング、熱移動、機械的性質などについて、これまでの研究結果を基に解説した。急速凝固に関しては、基礎理論、応用いずれにおいても多くの課題とともに楽しみもまた残されていることが強調された。これに対し、デンドライト先端温度の平衡温度からのずれの求め方などに関する質疑があつた。(討11)は Ni-Sn 合金の 9 mm 直径の粒滴を使用し、大きな過冷条件下で測温を中心とした凝固実験を行い、リカレッセンスを伴う凝固機構の解明を試み、一つの“凝固モデル”を提唱した。これに対し、最大リカレッセンス温度に関して過冷度との関連などについての質疑があつた。(討12)は急冷凝固時準安定相が形成される動的条件について検討した。過冷度が大きくなると準安定相の核形

成頻度が安定相のそれより大きくなるため準安定相が形成されると推論した。これに対し、Sn-Bi 系において準安定相が観察されなかつた理由などについての質疑があつた。

(討13) 急冷凝固した Fe-Ni-Cr 系合金の組織について

(京都大学工学部 梅本 実ほか)

単ロール法で種々の Fe-Cr-Ni 合金を急冷凝固させ、得られたリボンの形状、凝固組織、結晶構造、集合組織などの調査結果を報告した。これに対し、出現相の生成過程などに関する質疑があつた。

(討14) 回転水噴霧法による急冷 Fe-C-Si 合金粉末の製作と組織

(大阪大学工学部 山内 勇ほか)

Fe-(1~5)%C-(0~7)%Si 合金を周速 42~59 m/s の回転水層中に噴射し製造した急冷粉末の、粒径分布、形状、結晶構造などについて調査した。また 130 μm 直径の細線製造実験結果も紹介し、その機械的性質についても述べた。これに対して、生成相の TTT 図からの推定法に関する質疑があつた。

(討15) 急速凝固現象に関する一考察

(新日本製鉄(株)製鋼研究センター 笠間昭夫ほか)

双ロール法により板厚 1 mm 前後の薄板製造実験を行い、凝固解析、鑄片の内質調査を行った。凝固厚さがルート則に従わないこと、ごく初期には過冷度が凝固速度、界面での過冷度に大きく影響すること、などを示した。これに対し、凝固解析手法などに関する質疑があつた。

(討16) 高珪素鋼急冷薄帯の凝固と特性

(川崎製鉄(株)技術研究本部 小菊史男ほか)

4.5~5.5%Si の高珪素鋼を双ロール法で 120~500 μm 厚の急冷薄帯を鑄造し、凝固及び材料特性を調べた。組織は表面から中心まで柱状晶、条件によつては中心部に粒状晶が出現、また磁性はほぼ完全に面内無方向、YS、TS とともに現行品 (3.3%Si) に比べて向上した。これに対し、ロールアライメント不整と等軸晶、成分偏析との関連、薄帯の伸び、二次アームスペーシング、などに関する質疑があつた。

(討17) 急冷凝固により引き起こされる鉄鋼材料の組織変化とその応用

(日本鋼管(株)中央研究所 稲垣淳一ほか)

銅製二分割鑄型を用い、炭素鋼、二相ステンレス鋼及び低炭素アルミニウムキルド鋼を 5~20 mm 厚に鑄造し、組織を中心に調査した。炭素鋼は急冷凝固により焼入れ組織が得られ、1回の熱処理で球状セメンタイトが得られる。二相ステンレス鋼では γ 相の析出が抑制され、フェライト単相組織が得られ、溶体化処理を行うことなく、Micro Duplex 組織が得られる。低炭素アルミニウム鋼は相変態を利用すれば細粒化が可能で、従来と

同等の組織が得られる。これに対し、熱間圧延の有無と γ 粒径や集合組織の関係、AlN 析出状況変化、などに関する質疑があつた。

(討18) 急冷凝固した鑄鉄と高炭素鋼の鑄片の特性

((株)神戸製鋼所鉄鋼技術センター 吉田千里ほか)

双ロール法により 1~2 mm 厚の球状黒鉛鑄鉄を鑄造した。白鉄組織となるが、短時間熱処理で微細球状黒鉛とフェライト組織が得られ、冷間圧延が可能となる。また高炭素鋼を水冷銅チルブロックを使用して急冷凝固した。マクロ偏析が軽減し介在物が微細となつた。これに対し、実験条件のマイクロ組織に及ぼす影響や凝固速度定数に関する質疑があつた。

(討19) 双ロール型薄鑄片製造法の検討

(日本鋼管(株)中央研究所 西岡信一ほか)

双ロール法におけるモデル実験、伝熱計算及び溶鋼鑄造実験を行った。ロール押付け力が大きいと鑄片表面に割れが発生しやすく、鑄片中心部に連続した厚い負偏析帯が形成される。ロール押付け力が小さい場合には鑄片中心部に正偏析帯と負偏析帯がほぼ交互に分布する。これに対し、圧下力測定方法、偏析と鑄込速度の関係、などに関する質疑があつた。

(討20) 異径双ロール法によるステンレス薄板の直接鑄造

(日本金属工業(株)研究開発本部研究部 遠山直入ほか)

異径双ロール法により SUS 304 の 2 mm 厚薄板を鑄造し、厚み分布、表面性状、マイクロ組織、偏析、機械的性質などを調査した。デンドライト組織が細かく、偏析もなく、機械的性質も従来品と同等であつた。これに対し、日本冶金工業(株)技術研究所 野田真人氏から、直接鑄造した SUS 304、1.20~1.40 mm 薄板の機械的性質に関するデータ提示があり、ほぼ同様の結果が得られているとのコメントがあつた。

(討21) 水平型薄スラブ連鑄機の開発と鑄片凝固特性

(川崎製鉄(株)鉄鋼研究所 糸山誓司ほか)

水平ツインベルト式連鑄機により 30 mm 厚の炭素鋼、ステンレス鋼、珪素鋼を鑄造し、鑄片の表面状況、凝固組織、中心偏析、材質特性を調査するとともに、ベルトを介しての伝熱解析の結果を報告した。これに対し、ベルトの材質、寸法及び寿命、板厚分布、品質と圧下比の関係、注湯部構造、鑄造速度決定要因、鑄片上下面の冷却速度差、など多くの質疑があつた。

(討22) ツインベルトキャスターによる薄スラブ連鑄時の凝固冷却特性

(住友金属工業(株)中央技術研究所 杉谷泰夫ほか)

Hazelett 型ツインベルトキャスターの伝熱冷却特性をシミュレーター実験と計算により求めると共に実際の鑄造時の鑄片表面温度、凝固厚み、デンドライトアーム

間隔を測定し検証した。中心偏析や機械的性質に関する調査結果も報告した。これに対し、デンドライトアーム間隔と鑄造要因との関係、Hazelett マシンを鉄鋼に應用するために若勞した点、機内凝固かどうか、ベルト張力、など多くの質疑があつた。

全講演発表後、大阪大学工学部大中逸雄助教授、新日本製鉄特別基礎第二研究センター長、大橋徹郎博士にコメントをいただいて締めくくつた。

以上、簡単に各講演と討議の内容を紹介したが、関心の高いテーマである上に、ほとんどが今回初めて発表する新しい内容でもあつたので活発な討議がなされた。しかし、時間の制約から討議を途中で打ち切らざるを得なかつたことが大変残念であつた。

全体の印象をまとめると、今回の急冷凝固分野は基礎理論はもちろん実験手法に関しても基本となる測温や微細組織現出さえも確定したものがない反面、現象面では基礎、應用いずれにおいても新しい知見が次々と生まれつつある状況にあるといえよう。従つて、今後とも情報交換の場を数多くもち、問題点や課題を明確化するとともに、それらを順次解決して行けば、必ずや大きな成果が得られるものと思われた。

最後に、これからという分野のテーマで発表が困難である場合が多いにもかかわらず積極的に講演に参加していただいた方々、熱心に討論に参加された方、また貴重なコメントをいただいた大中助教授、大橋博士に心から感謝し討論会の紹介を終える。

III. 圧延ロールの寿命延長技術

座 長 新日本製鉄(株) 第三技術研究所
大 貫 輝

鋼材の圧延には、ロールの使用が不可避であり、また、ロール面の摩耗損傷やロール材質特性が圧延成品の形状と品質を決める鍵を握っているといても過言ではないほど、圧延プロセスに占めるロールへの耐久性向上の要求は強い。このような現状において、今回の講演大会討論会のテーマに圧延ロールの耐久性問題がとりあげられた意義は非常に大きい。圧延ロールの耐久性研究に関しては、昭和46年の“鉄と鋼”Vol. 57, No. 5に「圧延用ロールの材質と寿命」の特集号がまとめられているが、以来その内容は、適正な圧延技術や良好なロールの製造推進上に大きな役割を果している。その後、およそ8年が過ぎて、鉄鋼基礎共同研究会、鉄鋼材料の摩耗部会でロール問題がとりあげられ、5年をかけてロールの使用と製造の両面から摩耗損傷の機構と耐久材質の研究が行われ、昭和59年にその結果がまとめられているのが現状である。このような観点から、本討論会では、特に熱間圧延を対象に、潤滑圧延なども踏まえた圧延諸負荷と、それに耐えるロール材質の両面からロールの寿命

延長技術が探索できるよう、ユーザーとメーカー両者より講演が行われた。講演は4件であつたが、多くの事前質問も寄せられ、1件についておよそ1時間の時間を組み、いずれの講演についても十分な討論がなされた。以下に本討論会の内容と進行の概要を示す。

(討23) 熱延仕上げ前段用高クロム鑄鉄ロールの肌荒れについて

(川崎製鉄(株) 平岡 久ほか)

熱延仕上げ前段ワークロールに高クロム鑄鉄を全面採用し、その損耗特性を実際の圧延で経時的に詳しく調べた、非常に有用な情報提供がなされ、活発な質疑応答が行われた。圧延中のロール表面の経時変化は、コイル1本の圧延後にテンパーカラーが認められ、5本圧延後は黒化し、25本圧延後には黒皮が形成し、ロール面の自己酸化が優先していることを認めている。またこの時点で、ロール表面は70°Cの飽和温度に達し、特に高温部は肌荒れ発生位置に対応することが指摘された。さらに、ロールの肌荒れ損耗の形態が6種類に分類整理され、それぞれの肌荒れタイプは、圧延スタンド別負荷条件、圧延鋼種、ロール材質に関連性があることが明らかにされた。特に、仕上げ圧延前段と中段のロール肌荒れタイプの違いは、圧延接触弧長、ロール周速度などの差によるロール面の温度サイクル、相対すべり状態が影響しているとみられる。ロール材質では、晶出炭化物の多い共晶型の高クロム鑄鉄にスケールバンデング状肌荒れが生じ易いことも興味深い知見である。さらに、ロール改削時に熱き裂を残すと早期肌荒れの傾向が現れることが述べられ、ロール使用管理上の必要事項となることがわかつた。このように高クロム鑄鉄ロールの損耗現象がかなり明らかにされたことは、ロールの製造と使用の両面から非常に有意義であつた。

(討24) 幅大圧下圧延における堅ロールの熱間潤滑油効果

(新日本製鉄(株) 高田克己ほか)

熱延用スラブの幅を強力なカリバー付堅ロールを用いて1パス当たり150mm前後を圧下して制御する場合、当然、孔型ロールは、その圧延荷重とすべり摩擦により大きな損傷をうけ、問題となる。この損傷を少なくするため、潤滑油を局部的に直接使用し、耐損傷に大きな効果が得られていることが報告された。また、ロール材質は、主としてアダマイト系を使用しているが、C, Si, Crなどの含有量を変えた材質検討がなされている。その結果、高C高合金系の硬さを高めたものがよいとされたが、割損事故の危険性があることが指摘された。ロールには、耐割損性、耐摩耗性、耐焼付性のいずれも満足せしめることが必要であるが、これに対し、熱間圧延潤滑が大きな役割を果していることが明らかにされた。このような高圧下圧延孔型ロールの寿命は、すべり摩擦を、特に強く受けるカリバー側壁の損傷に律速される。した