

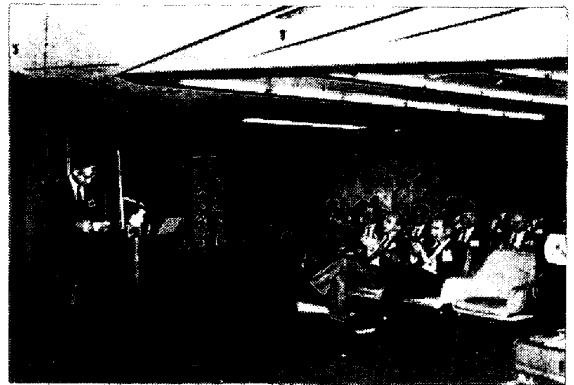
報 告 第 4 回 日 独 セ ミ ナ ー 報 告

井 上 道 雄*

1. 第 4 回 日 独 セ ミ ナ ー の 開 催 に つ い て

1974 年, 第 1 回 セ ミ ナ ー が, デ ュ ッ セ ル ド ル フ 市 で 開 かれて から, 今 回 は 第 4 回 を 迎 え る. 前 回 は, 1978 年 4 月, ド イ ツ 鉄 鋼 協 会 VDEh の 主 催 で 盛 大 に 開 け ら れ た が, 2 年 ご と に 日 独 交 互 に 開 催 す る と い う 合 意 に し た が つ て, 1980 年 に は 日 本 で と い う こ と に な っ た も の で あ る. そ こ で, 従 来 の 例 に な ら ず, 前 回, 団 長 を つ と め た 井 上 道 雄 が 準 備 委 員 長 と な り, 的 場 幸 雄 東 北 大 学 名 誉 教 授, 荒 木 透 金 属 材 料 技 術 研 究 所 長, 不 破 祐 東 北 大 学 名 誉 教 授, 松 下 幸 雄 東 京 大 学 教 授, 盛 利 貞 京 都 大 学 教 授 お よ び 田 畑 新 太 郎 日 本 鉄 鋼 協 会 専 務 理 事 の 方 々 に お 集 ま り い た だ き, 1979 年 7 月 19 日, 第 一 回 準 備 委 員 会 を 開 い て, セ ミ ナ ー 開 催 の 時 期 な ら び に 主 題 に つ い て 協 議 を す す め た. こ の 間, ド イ ツ 側 の 意 向 を 打 診 し, 時 期 に つ い て は, 最 初 セ ミ ナ ー は 2 日 間, 1980 年 6 月 2, 3 日 と し, テ ー マ と し て は 1) Metallurgical Kinetics of Iron and Steelmaking, 2) Basic Principles of Solidification of Steel with Special Regard to Continuous Casting と す る こ と に き め た. こ の 方 針 に 従 っ て 準 備 を す す め て き た が, 1980 年 2 月 に な っ て ド イ ツ 側 か ら, 同 年 6 月 11~13 日 に わ た っ て, ア ー ヘ ン 工 科 大 学 に お い て Herman SCHENCK 教 授 の 80 才 の 祝 賀 記 念 講 演 会 が 開 け ら れ る こ と が き ま り, VDEh の 関 係 者, な ら び に 来 日 予 定 の 方 々 の 多 く が こ の 催 し に 出 席 さ れ る た め, 6 月 上 旬 の 来 日 が 困 難 と な り, セ ミ ナ ー 開 催 期 日 の 延 期 を 希 望 さ れ た の で, 急 き よ 予 定 を 延 期 し て, 同 年 11 月 12, 13 日 に 変 更 し た.

提 出 論 文 の 選 考 に つ い て は, 準 備 委 員 会 に お い て 意 見 を 交 換 し た 結 果, 従 来 ど お り 一 応 8~10 論 文 を 用 意 す る こ と と し, 半 数 づ つ 大 学, 会 社 側 で 分 担 す る よ う に し た. そ こ で, 大 学 側 と し て は 1) の 関 係 と し て, 川 合 (九 大), 萬 谷 (東 北 大), 2) の 関 係 と し て, 梅 田 (東 大), 浅 井 (名 大) お よ び 有 富 (金 材 研) を 内 定 し, 同 時 に 主 要 鉄 鋼 会 社 に 参 加 を 要 請 し た. そ の う ち, ド イ ツ 側 の 希 望 を う け て, 連 続 鑄 造 の 電 磁 攪 拌 に つ い て は, 特 に 新 日 本 製 鉄 (株), 住 友 金 属 工 業 (株), (株) 神 戸 製 鋼 所 お よ び 日 新 製 鋼 (株) の 各 社 に お 願 い し た. ま た, こ れ ら は 一 括 し て 発 表 願 い, ま と め て 討 論 す る よ う に 配 慮 し た. 最 終 的 に ま と め ら れ た 日 本 側 論 文 は 12 件 と な っ た が, 以 上 の よ う な 事 情 に よ る も の で あ る. 会 社 側 か ら は, 前 記 の 他 に, 川 崎 製 鉄 (株), 日 本 鋼 管 (株), 大 同 特 殊 鋼 (株)



写 真 1 Dr. Randak に よ る 開 会 挨拶

の 各 社 か ら 論 文 提 出 が あ っ た.

一 方, ド イ ツ 側 か ら は, 前 回 に ひ き つ づ き Dr. Alfred RANDAK (Krupp Stahl AG, Bochum) が 団 長 と な り, 一 行 13 名 (他 に 夫 人 7 名) が 来 日 さ れ る こ と に な っ た. そ の メ ン バ ー は 次 の と お り で あ る.

団 長

Dr. mont. Alfred RANDAK (Member of Board of Directors, Krupp Stahl AG, Bochum)

団 員

Dr.-Ing. Klaus NÜRNBERG (managing Director of VDEh, Düsseldorf)

Dipl.-Ing. Norbert BANNENBERG (Institut für Eisenhütten-Runde. TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld)

Dr. rer. nat. Arnulf DIENER (Hoesch Hüttenwerke-AG, Metallurgische Forschung)

Prof Dr.-Ing. Tarek El GAMMAL (Rhein. Westf. TH Aachen, Institut für Eisenhüttenkunde, Aachen)

Dr.-Ing. Peter HAMMERSCHMID (Krupp Stahl AG, Qualitätswesen, Metallurgie, Werk Rheinhausen, Duisburg)

Dr. rer. nat. Hatto JACOBI (Mannesmann Forschungsinstitut GmbH, Duisburg)

Dr.-Ing. Hans-Ulrich LINDENBERG (Krupp Stahl AG, Versuchsanstalt, Bochum)

Dr.-Ing. Dieter NEUSCHÜTZ (Krupp Forschungsinstitut, Essen)

Prof. Dr. phil. Franz OETERS (Institut für Metallurgie-Eisenhüttenkunde-TU Berlin, Berlin)

* 名古屋大学名誉教授 工博

Dr.-Ing. *Helmut* RICHTER (Thyssen Niederrhein AG, Hütten- und Walzwerke, Forschung-Verfahrenstechnik, Oberhausen)

Dipl.-Ing. *Rolf* STEFFEN (Secretary of VDEh, Düsseldorf)

Dr.-Ing. *Karl-Hermann* TACKE (Institut für Theoretische Metallurgie, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld)

一行は 11 月 9 日および 10 日に成田着で来日された。

2. セミナーの概要

セミナーの運営については、前回と同様、Co-chairman 方式をとることとし、日本側からは、井上道雄、宮下芳雄、江見俊彦および鈴木章の諸氏が、またドイツ側からは、Dr. RANDAK, Prof. OETERS, Dr. JAKOBI, Dr. LINDENBERG の諸氏がそれぞれ chairman をつとめた。

セミナーは前述のように 11 月 12 (水), 13 (木) の両日、経団連会館 10 階ホールで開かれたが、そのプログラムは次のとおりである。日本側参加者は大学、研究所関係 40 名、会社関係 52 名であつた。

11 月 12 日

Theme 1. Metallurgical Kinetics of Iron and Steel-making

1. Magnesium Addition to Liquid Steel and Its Beneficial Effects

by *T. El* GAMMAL and *M. KROKER* (Technical University of Aachen)

2. Kinetics of Oxidation of Manganese in Liquid Iron by Oxidizing Slag

by *N. SHINOZAKI*, *K. MORI*, and *Y. KAWAI* (Kyushu University)

3. Mechanism of Desulphurisation of Steel by Means of Slag during Injection of Argon with/without Desulphurising Agents

by *R. BRUDER**, *H. RICHTER***, and *E. SCHULZ** (*Thyssen Niederrhein AG, Hütten- und Walzwerke, Oberhausen and **Thyssen AG, Duisburg)

4. Rate of Hydrogen Desorption from Liquid Iron Alloys

by *S. BAN-YA*, *K. MORI*, and *Y. TANABE* (Tohoku University)

5. Effects of the Stirring by Gas Blowing on the Metallurgical Reactions

by *S. SUGIURA*, *K. YAMANO*, *S. HAYAKAWA*, and *N. DEMUKAI* (Daido Steel Co., Ltd.)

Theme 2. Basic Principles of Solidification of Steel with Special Regard to Continuous Casting

1) Reoxidation and cleanness in connection with

properties of steel

6. Formation of Oxide Inclusions in Solidifying Fe-Mn-O Melts

by *E. SCHÜRMANN* and *N. BANNENBERG* (Technical University of Clausthal)

7. Formation Mechanism of Dendritic Inclusions in Iron and Iron-Nickel Alloys Deoxidized with Silicon

by *N. ARITOMI* and *K. GUNJI* (National Research Institute for Metals)

8. Reoxidation and Oxide-Morphology in Continuous Casting of Slabs

by *H. -U. LINDENBERG* and *H. VORWERK* (Krupp Stahl AG, Bochum)

9. Equilibrium Distribution Coefficients Measured by a Stationary Interface Method and Microsegregation of Fe-Cr-C Alloys

by *T. UMEDA*, *Y. KIMURA*, *M. SUZUKI*, and *T. OGATA* (The University of Tokyo)

10. Formation and Sedimentation of Globulites in Continuous Casting

by *K. WÜNNENBERG* and *H. JACOBI* (Mannesmann Research Institute, Duisburg)

11 月 13 日

Theme 2-(2). Electromagnetic stirring and formation of equiaxed crystal zone

11. Mathematical Models for Electromagnetic Stirring in Continuous Casting

by *K. -H. TACKE*, *M. DUBKE*, and *K. SCHWERDT FEGER* (Technical University of Clausthal)

12. Theoretical Analysis and Model Experiments on Electro-magnetic Stirring in Continuous Casting

by *S. ASAI* and *I. MUGHI* (Nagoya University)

13. Improving Qualities of Continuously Cast Blooms and Slabs by Electromagnetic Stirring (EMS)

by *Y. UJIE*, *H. MAEDE*, *Y. ITOH*, and *K. TASHIRO* (Nippon Steel Corp.)

14. Electromagnetic Stirring on Continuously Cast Slabs and Billets

by *T. SHIRAIWA*, *Y. SUGITANI*, *M. MIZUTANI*, *S. KOBAYASHI*, *S. ISHIMURA*, and *H. TOMONO* (Sumitomo Metal Industries, Ltd.)

15. The Improvement of the Internal Quality of Continuous Casting Billet and Bloom by Electro Magnetic Stirring

by *K. NARITA*, *T. MORI*, and *K. AYATA* (Kobe Steel Ltd.)

16. On Refining of the Solidification Structure of Continuously Cast 18% Cr Stainless Steel Slab by

Electromagnetic Stirring

by S. MARUHASHI, M. HASEGAWA, M. KINUGASA, F. HOSHI and Y. MURANAKA (Nisshin Steel Co., Ltd.)

Theme 2-(3). Segregation

17. A Contribution to the Problem of Macro-segregation in Continuously Cast Steel Slabs

by P. STADLER (Böhler AG, Düsseldorf), K. HAGEN, P. HAMMERSCHMID (Krupp Stahl AG, Rheinhausen) and K. SCHWERDTFEGER (Technical University of Clausthal)

18. Improving Cast Structure and Centerline Segregation of Slabs by Adding Steel Strip into Continuous Casting Mold

by S. ITOYAMA, Y. HABU, T. EMI, K. SORIMACHI, M. KATO, and H. KOJIMA (Kawasaki Steel Corp.)

Theme 2-(4). Secondary cooling and properties of the frozen shell

19. Mechanical Behaviour of Steel under Continuous Casting Conditions

by F. OETERS, H. -C. DRÖMER, J. -U. FISCHER and J. FRÖBER (Technical University of Berlin)

20. Phenomena Associated with Sound Shell Formation in Continuous Casting Mould

by T. KITAGAWA and M. ISHIGRO (Nippon Kokan K. K.)

21. Heat Exchange between Strands and Guide Rollers in the Secondary Cooling Zone of a Slab Continuous Casting Machine

by A. DINER and A. DRASTIK (HOESCH Hüttenwerke AG, Dortmund)

3. 提出論文の概要

(論文 1)

取鍋精錬における脱酸と脱硫を目的として金属マグネシウムを使用する方法について、80 kg 規模の溶鋼を使用して試験した結果を述べている。

Mg 添加法として、Ar キャリアガスにより溶鋼中に吹き込む方法、および Mg を混入した添加剤を溶鋼中に突き込む方法を試みた。Mg を含む添加剤としては Mag-coke (43%Mg)、Mg (25%Mg) を添加した海綿鉄、および 10~50%Mg を混入した MgO 耐火材料につき試験した。その結果、25%Mg を混入した MgO 耐火材料が最も有効であり、約 1 min の処理時間で溶鋼中酸素は 80 ppm より 1 ppm に低下し、同時に脱硫も進行することを示した。

これに対して、Mg を含む MgO 耐火材料の作製法、使用法、使用後の取り扱い、実際的な使用上の問題点、

Mg の脱硫、Mg 処理中または処理後における空気による溶鋼再酸化の問題、などについて討論が行われた。

(萬谷志郎)

(論文 2)

酸化鉄を 25~75% 含有するスラグによる溶鉄中のマンガンの酸化速度が 1600°C で測定された。反応は最初かなり急速に、その後は比較的ゆっくり進み、マンガンの酸化と同時に、溶鉄中の酸素が増加することが知られた。

測定結果は溶鉄中およびスラグ中の反応成分の同時物質移動律速として解析された。求められたスラグ中のマンガンの物質移動係数は平均 $3 \times 10^{-4} \text{ g/cm}^2 \cdot \text{s}$ 、総括物質移動係数は $2.7 \sim 9.9 \times 10^{-2} \text{ g/cm}^2 \cdot \text{s}$ でスラグ組成の影響は小さかった。なお、反応初期の大きな速度は界面攪乱によるものと推定された。

本研究に対し、試料採取の位置、採取スラグ中に金属鉄が有つたかどうかなどについて、また反応速度に及ぼす温度、スラグ組成、攪拌の影響などについて質問がなされた。

(川合保治)

(論文 3)

アルゴン攪拌時のスラグによる脱硫 (permanent reaction) と、TN 法にもとづくスラグパウダーまたは Ca 化合物のインジェクションによる脱硫 (transitory reaction) の機構とプロセスの説明がなされた。すなわち脱硫にとって、原理的には transitory reaction は permanent reaction より有利である。またインジェクション時のトップスラグは、硫化物を十分含有し得る組成と量でなくてはならない。Ca 化合物のインジェクションはスラグインジェクションにくらべ、初期 S が 0.035% と高くても、十分な脱硫が期待でき、しかも硫化物の形態制御もされるため成品の機械的性質にとっては有効である。

この発表に対し日本側から、最近国内で比較的容易に製造されはじめている超低硫鋼 ($S \leq 0.001\%$)、および連続脱硫の基本的考え方に関する 3 件のコメントと質問が提出されたが、討論はかならずしもかみあわなかつた。

(宮下芳雄)

(論文 4)

高周波溶解炉を使用し、Ar をキャリアガスとして、溶融鉄および鉄合金の水素放出速度を測定し、その反応機構について考察した。

水素放出速度は溶鉄中水素量の I 次反応で示され、溶鉄攪拌の影響が大きく、その活性化エネルギーは 5.7 kcal/mol と低いことより、律速過程はガス-メタル界面溶鉄側境界層の物質移動律速であると推定した。また合金元素の影響として、Si は脱水素反応を速くするのに対して C と Cr はこれを速くし、Ni はほとんど影響がない。これら合金系における見掛けの物質移動係数と拡散係数の間にはよい相関のあることを示した。

これに対して、 Al_2O_3 製耐火材料の水素ガス透過性、 Al_2O_3 管の浸漬深さと溶鉄攪拌状況、溶鉄の攪拌と物質移動係数の関係、物質移動係数の物理的意味、および脱水素反応と脱窒素反応の反応機構上の相違など、について質疑応答が行われた。(萬谷志郎)

(論文 5)

著者らは取鍋精錬における冶金反応におよぼすガス吹き込み速度の影響を調査した。その結果以下のようにガス吹き込み速度増大効果が明らかとなった。すなわち

(1) Ar ガス吹き込み速度を $120 \text{ l/min} \cdot \text{t}$ 以上にすると溶鉄中酸素は 15 ppm 以下となった。

(2) 硫黄の反応容量係数は Ar ガスを $150 \text{ l/min} \cdot \text{t}$ 以上にすると急激に増大した。これはガス攪拌によつてスラグ/メタルの接触界面積が増えたことによると考えられる。

(3) 鉛および亜鉛の除去速度はガス吹き込み速度に比例して増大する。

(4) 水素はガス吹き込み速度の増大とともに低下するが、ある有限の値に収束した。これは Ar ガスによつて持去られる水素量と耐火物やスラグから供給される水素量がガス吹き込み速度に応じてある値にバランスするためと考えられる。

以上の結果に対し脱酸および脱硫に関する鋼中 Al レベルおよびスラグについて、脱酸に対する強攪拌の効果、ベッセルライニングおよびスラグから溶鋼中への水素供給について、操業条件の影響、高価な Ar ガスのかわりに CO や $\text{C} + \text{O}_2$ ガスを用いる方法について、などの討論があつた。(出向井 登)

(論文 6)

本研究は、Fe-Mn-O 系溶鋼の凝固における酸化物介在物の生成に関するもので、溶液の一方向凝固を上方および下方へ実施した試料の介在物存在位置についての情報より、その生成機構を説明したものである。上方へ引き上げ凝固させた試料には周期的に介在物が存在し、下方へ引き下げ凝固させた試料の凝固界面には介在物の存在が認められなかつた。これらの結果から FeO-MnO 系 2 次介在物の生成は、凝固界面における均質核生成と成長によると結論している。討論は主としてこの生成機構に集中し、過飽和度などの観点より不均一核生成の可能性などについて質疑応答があつた。たとえば凝固前面の溶質濃化に基づく過飽和度の上昇により均一核生成する場合と、凝固界面で不均質核生成する場合のどちらが容易であるかとか、また、後者の立場で実験結果を十分説明できるかなど討論された。(坂尾 弘)

(論文 7)

0.1% の Si で脱酸し一方向凝固させた鉄と Fe-Ni 合金中の脱酸生成物の形態を走査電顕で調べ、球状の一次シリカから成長した樹枝状介在物を取りあげてその生成機構を考察した。この特徴ある樹枝状介在物は非晶質

のシリカまたはシリケートから成つており、特定の条件で凝固させた酸素量の多い Fe-10%Ni 合金铸塊で典型的に観察されるもので、酸素量が液相線温度で Si と平衡する量以下の铸塊ではみられない。凝固過程での固液界面前方の液相中の過飽和度を種々の仮定のもとに計算し、この形態の介在物は一次シリカ表面で鉄シリケートとして核生成し、Si によつて還元されながら、過飽和度の高い領域に向かつて樹枝状に成長したものと説明した。

この報告に対し、N. BANNENBERG から過飽和度計算の際の仮定の妥当性について、また H.-U. LINDENBERG から過飽和度と介在物の形態間の定量的な関係などについて、討論があつた。(有富敬芳)

(論文 8)

Krupp Stahl の Rheinhausen 工場において、300 t BOF と湾曲型スラブ連铸による低炭素アルミキルド鋼を対象として、溶鋼の脱酸と再酸化時におけるアルミナ介在物の挙動について走査型電子顕微鏡を用いて観察した。

アルミナ介在物の形態は $[\text{O}]/\text{Al}$ 比とともに変化し、アルゴン攪拌中に脱酸を行つたチャージでは酸素の移動供給が高く粗大な粒状アルミナないしは樹枝状アルミナを形成するが、16~20 min のアルゴン攪拌の後あるいは通常の出鋼中 Al 脱酸を行つたチャージでは coral type ないしは微小型の分岐状アルミナ (branched compact unit) となる。Mn を添加することによりアルミナは一層分布量が低減し小型化する。アルゴン攪拌の最終期には 50μ 以下のアルミナで 30~50 ppm の全酸素量となる。

湾曲型の連铸機では、酸化防止を行わない場合、铸片の上面側で表層より 20~40 mm 下部でははげしいアルミナ汚染が見られ、小孔の内面にアルミナ群落が凝集、小孔内にアルミナ充満、アルミナおよび Ca を含む板状アルミナを有するマイクロ・ポロシティなどが生成する。これらの形態から、溶鋼はスラグ、耐火物あるいは大気により再酸化を受けたことが推察される。

再酸化防止対策としては、レードルおよびタンディッシュへの高塩基性耐火物・スラグの使用、レードル用ロング・ノズル (エアシール・パイプ) と浸漬型タンディッシュ・ノズルの使用、ノズルへのアルゴン吹き込み、モールド・パウダーの使用を行つている。これらの再酸化防止対策の効果 EMF を用いて測定して、対策を行つた場合にはモールド内の溶鋼中の溶解酸素は 15 ppm 以下、防止を中断すると直ちに 30 ppm に上昇することを確かめた。アルミナの形態については再酸化をさせた場合には coral type と樹枝状型になるが、防止対策を行つた場合には小孔あるいは microporosity の中にごく微量の小型分岐状アルミナが存在するのみである。

上記のように、出鋼から連铸々片までのアルミナの挙

動を詳細に観察した論文であり、我々としても関心の高い論文である。

(川上公成)

(論文 9)

溶解界面静止法と呼称する方法で、Fe-Cr-C 合金の Cr, C, Mn, Si に対する平衡分配係数が測定された。本法においては、溶解しつつある固液界面を静止させ、平滑な界面を得て、急冷後、EPMA によつて各元素が分析された。系全体は平衡状態にないが、界面では局所平衡と考えられ、平衡分配係数が測定された。また、液相内の濃度分布一定であり、初期濃度に等しいところから、本法では、界面における液相側の濃度が、急冷時の人為的な濃度分布を任意性なく除外でき、精度よく決定できた。得られた結果は KIRKWOOD らの平衡実験とくらべて、Cr についてはほぼ同一であり、C については本結果の方が小さいことが指摘された。

液相側界面濃度のきめ方、熱力学的な検討、Fe-Ni-Cr 系への適用について質問が出された。

(梅田高照)

(論文 10)

連铸スラブの等軸晶帯の大きさは、タンディッシュ内溶鋼の過熱度や铸型内溶鋼の流動などによるが、等軸晶帯は铸型内で生成した結晶が、凝固シェル前面に沈殿し、柱状晶の成長を止めることにより形成される。それで bow type 連铸機の場合、等軸晶帯の大きさは、曲げ半径、铸込み速度および熱抽出などに依存する曲げの内外凝固シェル前面の垂直方向の間隔によつて説明できることを示した。沈殿晶帯の組織について、粒状晶の堆積密度はその堆積量によるが、堆積量の小さいときは粒状晶の間がデンドライト状になつている。これは粒状晶とデンドライトの成長競争によつてきまるとしている。また偏析は沈殿晶帯の部分が負偏析しており、粒状晶の密度との関連で説明している。

討論は、スラブの中心部にみられる正偏析についてふれられていないこと、および等軸晶帯の組織の説明、粒状晶とデンドライトの混合組織の形成について行われた。

(鈴木 章)

(論文 11)

融体の流れは凝固組織、ポロシティ、表面性状、偏析に強い影響を持つものであり、材質の向上を目的として、鋼の連铸に電磁攪拌が採用されるようになってきた。

この研究の目的は、異なつた誘導装置の配置のもとで、流動パターンと流速の計算ができる数学的モデルを作ることである。このモデルによつて、誘導装置のタイプ、周波数、磁界などを決定することが可能となる。

モデル化に当たり、まず電磁気力が計算され、速度分布をもとめるための運動方程式に代入された。乱流モデルとしては、K-ε モデルが採用された。

K-ε モデルを採用した場合と K-W モデルを採用した場合の計算結果に及ぼす違いについて討論があつた。

(浅井滋生)

(論文 12)

鋼の連铸において、铸片中心偏析を抑制するため、電磁攪拌が行われるようになってきた。しかし、強い攪拌はホワイトバンドの形成を助長する傾向があるため、電磁攪拌ではホワイトバンドの生成を抑制し、かつ、中心偏析を低減させることが望まれる。

本研究では、溶鋼の流動状態を層流と乱流に分け、前者の場合については、電磁流体力学に基づいて、流速分布および凝固前面のせん断応力の理論解析を行つた。また、後者の場合については、ある時間間隔で流動の方向を変える反転流に着目して、反転流動の近似解法を行つた。さらに、低融点合金を用いて、電磁攪拌の模型実験を行い、凝固組織に及ぼす反転サイクルの効果を明らかにした。

これについて、流速と等軸晶との関係及び層流域の解析解に対する詳細な質問があり、また等軸晶率と反転流の反転サイクルについて、反転流を採用する効用について、ホワイトバンド生成に及ぼす反転流の効果について討論が行われた。

(浅井滋生)

(論文 13)

実験室における小鋼塊の電磁攪拌実験により、メニスカス下での攪拌の有効性、および、溶鋼過熱度消滅後の攪拌が望ましいことを確認した。その検討結果を踏まえて、連铸 2 次冷却帯に EMS を設置した。ブルームは比較的低推力で等軸晶化が飽和し、ホワイト・バンドの悪化を招かずに高等軸晶率を得られるが、さらに 2 段攪拌を行うと、最適範囲が広がる。スラブは、主として凝固形態がセル状で等軸晶化の困難な 17Cr 鋼を対象としたため、高推力が必要である。電磁攪拌による品質の改善(中心偏析、リジンの解消)についても述べた。これらについて、等軸晶化におよぼす注入温度の影響に関連して、取り付け位置の問題、ホワイト・バンドを問題とする鋼種としない鋼種があることに関連して、適正な攪拌力の問題、および、圧延再加熱中のホワイト・バンド部の偏析の拡散の問題など内容のある討論が行われた。

(氏家 義太郎)

(論文 14)

ビレットおよびスラブの電磁攪拌試験を行い、攪拌条件と铸片の等軸晶領域の広さ、およびホワイトバンドの強さとの関連を調査した。ビレットに対しては回転磁場方式の攪拌を多段に行うことにより、ホワイトバンドを発生させることなく、十分な等軸晶帯を形成させることができた。スラブに対しては静磁場通電方式の攪拌法を開発した。この方法の特徴は広い範囲にわたつてゆるやかな攪拌ができる点で、この方法の適用により、顕著なホワイトバンドを発生させることなく、スラブ中心部を等軸晶にすることができた。等軸晶領域の広さと铸片中心部のポロシティおよび偏析との関連、流動速度とホワイトバンド部の負偏析度との関連、静磁場通電方式の

設備の耐久性等について討論が行われた。

(論文 15)

連铸機の二次冷却帯に取り付ける電磁攪拌装置の開発過程を、小型铸塊を用いた機外実験とビレット連铸、大断面ブルーム連铸の実機実験とについて順を追って説明している。電磁攪拌の改善効果として中心偏析の減少と等軸晶帯の拡大が得られ、攪拌に伴い現れるホワイトバンド部の負偏析と中心偏析との関係についても述べている。さらに、大断面ブルーム連铸については铸型内攪拌や凝固末期攪拌と二次冷却帯攪拌との組み合わせ攪拌により、中心偏析や収縮孔が一層少なく、かつホワイトバンドのない铸片を得ることができる。

討論は、機外実験と実機実験との関係や、最適攪拌領域と铸造速度との関係、攪拌方法、ホワイトバンドの発生程度、铸型内攪拌の効果、等について行われ、ドイツ側の電磁攪拌に対する関心の高いことが感じられた。

(綾田研三)

(論文 16)

18%Cr ステンレス鋼の連铸スラブに電磁攪拌(EMS)を適用し、凝固組織の微細化に及ぼす铸造条件と EMS 条件の影響を調査した。また、EMS 下で高温铸造した铸片の凝固組織に、带状の等軸晶帯が観察されたが、この存在が、本鋼の冷延板に発生するリジニングの改善に対し重要であることが判明したので、その生成機構を明らかにすべく、EMS 時の溶鋼のフローパターンを柱状晶の成長方向にもとづき推定した。その結果、i) 等軸晶率の増加に対し铸造温度の低下が最も有効であるが、EMS によりその効果が、より大となる。攪拌強度、時間、モードも、若干、等軸晶率に影響する。ii) 带状の等軸晶帯は溶鋼流の静止位置に生成する。などの知見を得た。

質疑は、i) 高温铸造材の特徴ある凝固組織部分の生成機構、および、中心偏析の軽減に対する、それら部分の貢献の有無、ii) 製品品質に及ぼす正および負偏析の存在の影響、iii) 本系鋼のマクロ組織を凝固組織とみなした根拠、デンドライト組織の顕出方法とその形態上の特徴、などに関し、なされた。(長谷川 守弘)

(論文 17)

曲型連铸機で铸造した铸片に見られる、曲げ内側と外側とで非対称な凝固組織を斜めに傾けた铸型を用いて再現し、鋼中の炭素含有量や過熱度、铸型の抜熱量、鋼中のアルミニウム含有量により、等軸晶や粒状晶帯の広さがどのように変化するかを詳細に調査している。また、スラブ連铸々片の中心偏析は等軸晶が増えると減少するが、広い等軸晶帯を持つ铸片でも最終凝固部でのバルジニング量が大きいと中心偏析が発生することを実機実験により確かめた。

討論は垂直型連铸機と曲型連铸機とで铸造された铸片の等軸晶帯の広さの違いや、バルジニング量を凝固組織から求める方法についてなされた。(綾田研三)

(論文 18)

低融点の薄鋼板を铸型内溶鋼中へ溶鋼の汚染を防止しつつ参加し、連铸スラブの等軸晶を増大し、中心偏析を軽減する方法について述べた。添加材の溶残りもなく、介在物の増加もない。6~8 kg/t の薄鋼板添加で、最高 75% の等軸晶が得られ、中心偏析も大幅に軽減された。本法ではホワイトバンドが発生しない特徴がある。等軸晶増大機構としては、溶鋼過熱度の減少効果ばかりではなく、添加材による鉄結晶核誘発作用もあると推察された。

この発表に対し、本設備の価格やランニングコストなどの設備・操業面、添加材が溶残りつた時の問題点、などについて討論され、また、鋼線を添加して同様の結果が得られたとのコメントもあつた。(垣生泰弘)

(論文 19)

ロードセルを組み込んだ铸物製の割り型铸型に、 $\frac{C}{Mn/S}$ の異なつた種々の鋼を铸込み、注入開始後の凝固シェル内に発生する荷重を測定した。線形の粘弾性モデルに立脚して、ヤング率の温度係数と粘性項をパラメータとした応力計算を行い、実荷重測定データとつきあわせて粘性項の効果を求めた。これから、連続铸造条件下においては、変形の主要な部分は粘性変形であり、弾性変形は無視しうる程度であることが明らかとなつた。これらの知見をもとに、実機における凝固シェル内の応力分布の粘弾性計算モデルを提示した。

質疑は、計算結果と実操業との関係、铸片の割れと本計算結果の知見、 $\frac{Mn}{S}$ の変形に及ぼす影響、特に粒界の影響などについて活発な討論がなされた。

(反町健一)

(論文 20)

連铸铸型内における凝固現象は铸片の表面欠陥の発生に重要な関連をもっている。連続铸造における铸型、铸型パウダおよび凝固殻の干渉状態を再現するため铸型シミュレータを開発し、オッシュレションマークの形成機構、パウダ消費速度におよぼす铸型振動条件の影響などを明らかにした。これらの知見にもとづいて実機において铸型振動の変更を行つたところ、低炭素アルミキルド鋼、0.1% 炭素鋼铸片の表面欠陥が著しく改善されることが判明した。

これらに関連して平滑な铸片表面を得るのに最適な铸型振動条件、パウダ特性等の条件についての質疑があつた。(北川 融)

(論文 21)

CC スラブは二次冷却帯においてスプレー水とガイドロールによつて冷却される。後者の冷却量(抜熱量)はほとんど定量化されていないので、1500~1650 mm × 220 mm、0.8~1.0 m/min、0.4~0.6 l/kg-steel、ロール径 300 mm の条件下でこれを測定した。

測定方法：ロールに熱電対を取り付けて、ロールを測

温し、その測定結果からロールの温度と抜熱量を定量化した。

ロールはスラブと接触するとき多量の熱を奪い、この値は、湯面から離れるにつれて増大する。また、ロールの抜熱量は注入初期に大きく、約 10 回転するとほぼ定常状態になる。上記の現象は、スプレー冷却の条件に大きく左右される。

これについて測定法（熱電対取付け法、試片のロールへの取り付け法など）、伝熱計算法（ロール表面の境界条件の決め方、ロールとスラブの接触長さなど）、ロールによる急冷の影響（スラブ表面割れなど）などについて討論がなされた。（三塚正志）

4. 工場見学その他

セミナー終了後、Post Seminar tour が生まれ、11月14日から21日まで、週末の京都、奈良観光をばさん



写真 2 Dinner Party における武田会長挨拶

で、大学および数ヶ所の製鉄所の見学を実施した。今回一行の訪問先は次のとおりである。

- 11月14日(金) 新日本製鉄(株)君津製鉄所
- 11月17日(月) 日本鋼管(株)福山製鉄所
- 18日(火) (株)神戸製鋼所加古川製鉄所及び高砂事業所
- 19日(水) 東京大学工学部
- 20日(木) 日本鋼管(株)京浜製鉄所
- 21日(金) 川崎製鉄(株)技術研究所

見学に際し、格別の御配慮をいただいた各社に、厚く御礼申し上げます。また京都・奈良方面の観光には、京都大学盛利貞教授御夫妻をはじめ、一瀬英爾助教授御夫妻ならびに諸岡明講師に大変なお骨折をいただいた。おかげさまで来日された御夫人共々、一同大変御満足をいただいたようで、ここに心から感謝申し上げます次第である。

5. あとがき

今回のセミナーは、日程が当初予定された6月開催を11月に延期変更せざるを得なかつた点を除けば、おおむね支障なく円滑裡に運営されたといつてよいと思う。回を重ねるにつれ、内容も充実してきたように思われ、2日間ではあるが、かなり討論も実り多いものであつたといえよう。いうまでもなく本セミナーの成果は、貴重な論文を発表され、あるいはまた熱心な討論を重ねられた日独双方の参加者の方々のおかげであり、心から敬意を表するものである。最後になるが、本セミナーの準備、運営にあたって多大の労を惜しまれなかつた、実行委員各位および日本鉄鋼協会国際課の方々に厚く御礼申し上げます。

統 計

我が国の技術貿易

本誌の Vol. 67 (1981) No. 6, p. 840 に主要国の技術貿易収支の動向を示したが、1980年度の我が国の技術貿易は、日本銀行「国際収支統計月報」によれば、輸出(対価受取額)は857億円(前年度比14%増)、輸入(対価支払額)は3266億円(同18%増)となり、技術貿易収支比(輸出/輸入)は26.2%となり、前年度より0.9ポイント減少した。

なお、昭和54年度の産業別技術貿易を総理府統計局「科学技術研究調査報告」*でみると、技術輸出額は1331億円(前年度比9.1%増)、技術輸入額は2410億円(同25.5%増)で、収支比は55.2%で8.3%の減であつた。その新規契約分をみると、47年度以降、技術輸出額の方が技術輸入額を上回つており、54年度は

それぞれ521億円、268億円となり、収支比は194.4%に達している。また産業別に1975~79年度の累計でみると、新規契約分も含めた全体では、製造業のうち鉄鋼業だけが輸出761億円、輸入379億円、収支比200.83%という黒字(製造業以外では建設業が356.1%で黒字)であつて、他の製造業はすべて赤字である。新規契約分だけについて、さらに細かい業種別にみると、鉄鋼業の技術輸入に対する技術輸出の比率は製鋼・圧延部門で10776%、すなわち約108倍(1974~79年度の累計)という桁違いの黒字となつている。そのほかに建設機械(516%)、窯業(445%)、電球(180%)などが黒字で、船舶(57%)、光学機器(55%)自動車(47%)、通信機(43%)、ICなど電子応用機器(33%)、民生用電気機器(14%)などは新規分だけでも依然として赤字である。

(科学技術庁：昭和56年版科学技術白書、および毎日新聞、昭和56年8月26日付朝刊による)

* 日銀データと総理府データとの間にはかなりの差があり、その主な要因は、税の取り扱い、集計方法、調査対象範囲(日銀データの方が広い)、にあると考えられている。