

報 告

UDC 669.18.014 : 541.1

第5回日ソ製鋼物理化学合同シンポジウム報告

日本鉄鋼協会訪ソ学術使節団

Report of the 5th Japan-USSR Joint Symposium on Physical
Chemistry of Metallurgical Processes

The Scientific Delegation of the Iron and Steel Institute of Japan to USSR

1. 第5回日ソ製鋼物理化学合同シンポジウム開催のいきさつ

本シンポジウムの第1回から前第4回までの詳細については、特別報告書 No. 7 (和文)¹⁾, No. 10 (英文)²⁾, No. 16 (英文)³⁾ および No. 19 (英文)⁴⁾ に記されており、また東京で開催された前第4回およびモスクウで開催された前々第3回の概要は本誌⁵⁾⁶⁾に掲載されているので周知のことと思う。本報告は、これまでの慣例にならない第5回日ソ製鋼物理化学合同シンポジウムの概要を述べるものであり、中核となる論文集については本年末を目標に特別報告書(英文)を刊行準備中である。

本シンポジウムの開催要領と主題については、第4回シンポジウム組織委員会委員長盛利貞京都大学教授とソ連邦科学アカデミー会員、科学評議会議長アゲエフ(N. V. AGEEV)氏との間で書簡がかわされ、具体的には1974年1月31日付で第5回シンポジウムを1975年春ソ連邦で開催する用意のあること、その主題については「鋼中非金属介在物の生因、構造、組成と鋼質との関連」とすることとし、下記6項目の提案に意見を述べて欲しい旨の書簡があつた。

(1) 種々の介在物の化学組成、結晶学的組成、物理的性質などの新しい研究方法

(2) 介在物の量、形態、分布などにおよぼす溶解法、炉外脱酸、鋳込法の影響

(3) 凝固過程における介在物の生成、それらの介在物の機能、機械的性質などにおよぼす影響

(4) 鋼塊の凝固後における介在物の挙動、冷却および再加熱中の介在物と基地との相互作用

(5) 熱間変形時と常温における応力集中と介在物の関係

(6) 鋼質、ことに溶接性や耐食性におよぼす介在物の影響

ついで、1974年4月12日付書簡では第5回シンポジウムを1975年5月19日よりバイコフ記念冶金研究所(モスクウ)で開催すること、日ソ双方の提出論文数、日

本側使節団の滞在期間などについての問い合わせがあつた。これに対応して従来にならい、盛教授を中心にシンポジウム準備委員会の顧問的場幸雄東北大学名誉教授、不破祐東北大学教授、松下幸雄東京大学教授および田畑新太郎日本鉄鋼協会専務理事らが協議をすすめ、1974年4月30日付書簡で第5回シンポジウム開催の基本要領に合意すること、その使節団々長には松下幸雄を選定したこと、シンポジウムの主題に異議はないが細目を提案サブテーマの一部に限定したいことなどを申送つた。その後更に協議を重ね、同年5月20日付書簡で使節団々員は10名前後であること、日本側としては約10篇の論文を提出すること、ソ連側提案の主題細目については前記の(1)~(4)に限定したいこと、使節団の滞在日程は3日間のシンポジウムを含めて2週間を希望することなどを述べ、併せてウラル地区の科学アカデミー研究所、製鉄所などの訪問についても要望した。これに対し、同年6月7日付アゲエフ科学アカデミー会員の書簡で、シンポジウム期日は1975年5月19~21日(バイコフ記念冶金研究所)、提出論文数は双方10~12篇で合計20~25篇、その主題および細目については日本側の希望に合意すること、双方の論文(ソ連側は英文と露文、日本側は英文)は1975年2月1日までに相互に交換すること、日本側使節団の員数、氏名および所属、論文題目と著者などを知らせて欲しいこと、研究所と製鉄所の見学については考慮中であることなどの回答があつた。

以上の経緯によつて本シンポジウムの基礎が確定したので、準備委員会顧問団の協議で中立機関からの団員として荒木透東京大学教授(現金属材料技術研究所々長)、坂尾弘名古屋大学教授らを内定した後、日本鉄鋼協会から鉄鋼7社に団員の派遣を依頼し、幸いにして全面的な協力が得られ同年9月2日の理事会において松下幸雄他11名の団員構成が承認された。その詳細は次項にゆずるが、都合によつて郡司好喜氏(金属材料技術研究所)は本シンポジウムへの参加を辞退され、また出発直前東京大学から金属材料技術研究所に転出された荒木透氏は職責上の事情でシンポジウム終了後パトン電気溶接研究所

(キエフ)を訪問された後直ちに帰国された。

われわれ使節団員は、1974 年 8 月 16 日の第 1 回会合以後 11 月 5 日、本年 1 月 10 日、4 月 4 日、5 月 16 日と全員の打合せ会を開催し、前記顧問団の貴重な意見と指示の下に庶務、会計(坂尾教授)、記録、編集などの業務分担、論文の作製要項、ソ連側論文に対する討論分担その他の細部を十分に協議した。その間に、使節団全員の略歴および主要業績を一括送付し、本シンポジウムへの提出論文も協定期日までに発送を完了した。また、シンポジウムの円滑な運営を考慮して事前に双方論文への質疑事項を本年 4 月末までに交換するよう申出ておいたが、これは当方の一方通行に終った。ソ連側からの正式招請状は本年 2 月 10 日付書簡を受取ったものの、細部の旅行日程とソ連側論文の入手が 3 月末から 4 月上旬になつてしまったので誠にあわただしい出発準備とならざるを得なかつた。以下に順を追つて本シンポジウムの概要を述べる。

2. 学術使節団の構成と旅行日程

学術使節団の構成は下記のとおり 12 名で、今回も日本鉄鋼協会からの強い要請で吉田進氏に通訳の労をとつて頂いた。

団長	松下 幸雄(東京大学工学部金属工学科)
団員	荒木 透(金属材料技術研究所)
	浅野 鋼一(新日本製鉄(株)広畑製鉄所 技術研究室)
	石黒 守幸(日本鋼管(株)技術研究所 福山研究所)
	一瀬 英爾(京都大学工学部冶金学科)
	江島 彬夫(川崎製鉄(株)技術研究所製鋼研究室)
	小田 光雄(住友金属工業(株)中央技術研究所 製鋼研究室)
	坂尾 弘(名古屋大学工学部金属学科)
	梶山 太郎(大同製鋼(株)研究開発本部 中央研究所)
	鈴木 是明(株)日本製鋼所室蘭製作所研究所)
	田畑新太郎((社)日本鉄鋼協会)
	吉田 進(日商岩井(株)東西貿易部)

つぎに旅行日程の概要はつぎのとおりである。

5 月 17 日(土) 11°00' 東京発 (J L 441)
15°15' モスクワ (シェレメチエボ空港) 着

航行が順調であつたため、実際には約 30 分早く到着した。空港には、シンポジウム組織委員会副委員長カシン氏 (V. I. KASHIN, バイコフ記念冶金研究所副所長)、先発した吉田進氏、終始われわれに同行してくれた好青年ユーリ氏 (ソ連インツーリスト極東グループ)の三氏が出迎えに来られた。

ホテル・インツーリスト 4 泊

ホテル到着後、カシン氏からシンポジウム組織委員会の構成(委員長 科学アカデミー会員アゲエフ氏、副委員長は前述のとおりカシン氏および鉄鋼合金大学ヤボイスキー (V. I. YAVOISKY) 教授の 2 名について説明があり、露文のプログラムによつて 2 日半のシンポジウム開催要領を知らされた。アゲエフ氏は本年 4 月 3 日、日本鉄鋼協会 60 周年記念式典に当つて名誉会員に推挙されているが欠席されたため、シンポジウム第 2 日の開始前田畑専務理事から名誉会員章を贈呈すること(第 1 日は科学アカデミー会議のため同氏は出席できなかつた)、19 日のシンポジウム開始前に双方の打合せをすることなども相談した。

なお、日本側としての論文発表、討論の基本的態度、座長候補の選定なども事前に相談しておいた。細部にわたるが、今後の移動日程も考慮して入手資料整理(梶山氏)、団員のホテル内分宿状況(江島氏)、団員の携帯荷物確認(石黒、小田両氏)など担当をお願いしておいた。

5 月 18 日(日) 休日のためモスクワ市内観光および夜はボリショイ劇場でバレエ観賞(プリセツカヤ他のカルメン、ショペニアナ)

5 月 19 日(月) 10°00' バイコフ記念冶金研究所においてシンポジウム実施要領打合せ

前記の組織委員会 2 名の副委員長、機械中央研究所クリャーニン (I. R. KRJANIN) 教授およびバイコフ記念冶金研究所学術秘書フェドトフ氏 (V. P. FEDOTOV) が出席し細部にわたつて協議した。その結果、日ソ双方からなる座長団をきめ、日本側論文は原則としてロシア語による代読、ソ連側論文はロシア語による要旨発表ということで合意された(当初、われわれとしては数分ないし 10 分以内で英語による要旨発表を準備し、ソ連側論文もこれにならうことを期待していたが)。また、あらかじめ用意したソ連側論文に対する質疑事項(英文)は事前にカシン氏に一括手渡ししてあるので、各著者への配布方とその英文による回答を期待する旨確認し、日本側論文に対する討論も双方で英語によつて記録にとどめ十分確認し合うことなどもきめておいた。これらは、双方で作製して交換する特別報告書への配慮からである。

11°00'~13°00' 午前セッション

15°00'~18°00' 午後セッション

5 月 20 日(火) 10°00'~13°00' 午前セッション

15°00'~17°40' 午後セッション

シンポジウムに先立つてアゲエフ組織委員長と歓談し(写真 1)、つづいて予定どおりシンポジウム冒頭で同氏に田畑専務理事から日本鉄鋼協会名誉会員章を贈呈し、両氏の挨拶があつた。その光景を写真 2 に示す。なお、午後当研究所のレビヤキン博士(本シンポジウムの第 1 回以来顔なじみで、第 2 回シンポジウムで来日した)に会つたが、本日はたまたま 5 年前亡くなつた本シンポジウムのソ連側創設者サマーリン教授の命日に当ること



写真1 シンポジウムに先立ってアゲエフ組織委員長と歓談（パイコフ記念冶金研究所、一瀬団員による）



写真2 アゲエフ科学アカデミー会員への日本鉄鋼協会名誉会員章贈与（左端はパイコフ記念冶金研究所所長サビツキー氏）
（パイコフ記念冶金研究所、坂尾団員による）

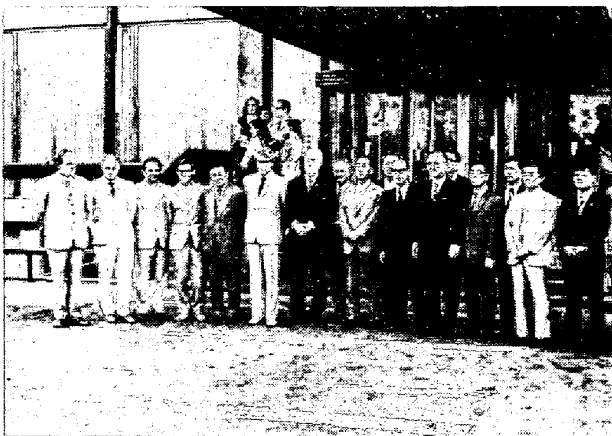


写真3 アゲエフ組織委員長招待の夕食会を前にして（左端より、ポリソフ、ビシュカレーフ、サハロフ、クリコフ、クーリン、ヤボイスキー、アゲエフ、ポボロツキーの諸氏）
（ホテル・スプートニク、荒木団員による）

を改めて知らされた。謹んで哀悼の意を表したい。なお、シンポジウム開始前当研究所々長、科学アカデミー

準会員サビツキー氏(E. M. SAVITSKY) に挨拶し感謝の意を表した。

夜は、ホテル・スプートニクで 19°00' から約2時間半、アゲエフ氏より夕食会への招待を受けた。ソ連側出席者は下記のとおりで、記念撮影は写真3に示す（撮影者の坂尾教授ははいっていない）。本席には、アゲエフ、ヤボイスキー両氏が日本鉄鋼協会名誉会員章をつけてこられ、大変楽しい会合であつた。

AGEEV 科学アカデミー会員、YAVOISKY 教授、KASHIN 副所長、POPEL' 教授 (Sverdlovsk 工科大学)、KULIKOV 教授(パイコフ記念冶金研究所)、POVOLOTSKY 教授 (Chelyabinsk 工科大学)、KURIN 教授、VISHKAREV 博士(鉄鋼合金大学)、BORISOV 博士、DUB 博士、SAHAROV 博士、FEDOTOV 修士 (パイコフ記念冶金研究所)

5月21日(水) 10°00'~13°00' 最終セッション

当初の予定では、本日午後パイコフ記念冶金研究所見学も組入れられていたが、前日の返礼もあつて使節団一同はアゲエフ組織委員会委員長以下関係者 30 名をレストラン・アラグミ(グルジア料理)の昼食会に招待し、なごやかに歓談して無事2日半のシンポジウムを終えた。

明日よりキエフ市での見学にそなえ、19°40' ブヌコボ空港発SU機でキエフへ向かうところ、時ならぬ激しい雷雨に見舞われ一時はどうなることかといささか心配したが、ともかく 23° ごろには出発できて 22 日からの日程には支障なかつた。なお、この見学旅行には最終日程までフェドトフ氏が同道してくれた。

ドニエプロホテル 4泊

5月22日(木) パトン電気溶接研究所 見学

夜はスモルガチェバ他によるバレエ「白鳥の湖」観賞

5月23日(金) 鑄造問題研究所 見学

本日朝、前述のように荒木所長は一足先に帰国の途にいった。夕刻から一同ウクライナのフォークソングを楽しんだ。

5月24日(土) 休日のためウラジミール丘、永遠の栄光公園、ソフィア中央寺院など市内外の観光。夜はレストラン「鮎の家」でフェドトフ氏、ユーリ氏を交え楽しく歓談した。

5月25日(日) 移動日であるが、午前中は余暇を利用して修道僧のミイラで知られているペチェルスカヤ大修道院を見学した。夕刻 16°40' キエフ空港発ヤコバエフ 40機でザポロジエへ向つた。

ホテル・インツォーリスト 2泊

5月26日(月) ザポロジエ製鉄所およびドニエプロ特殊鋼工場見学

当初、アゲエフ氏の提案ではこの2工場を 26, 27 両日で見学することになっていたが、次の見学地トビリシへの移動から無理なので、2工場を1日に収める強行日程になってしまいささか残念であつた。

5月27日(火) 10°39' ザポロジェ発 (SU 1566)

19°43' トビリシ着 (モスクウ時間)

当地はモスクウ東南約 1650km で1時間の時差がある。直行便がないのでいつたんブヌコボ空港(モスクウ)まで戻り、さらにドモデボ空港(モスクウ)までの移動に1時間半を要し、改めて SU 931 便でトビリシに向った。

ホテル・イベリア 2泊

5月28日(水) ゲルシア共和国科学アカデミー、冶金研究所 見学

所長のゲルシア共和国科学アカデミー会員タバゼ氏(F. TAVADZE)はすでに3回来日しているとかで、われわれ一同辟易するほど大歓迎を受けた。見学に先立つては熱心な独演会で、実際の実地見学はほとんど圧縮されてしまった。その後はご当地の紹介ということで、対外友好文化協会まで連れてゆかれ、スベトラナ女史を交えて所員有志から観光も含め長時間にわたって歓待された。

5月29日(木) 8°15' トビリシ発 (SU 936)

(モスクウ時間)

10°40' ドモデボ空港(モスクウ)着

いよいよ公式の最終日程で、モスクウに帰着後ホテル・ナショナルに荷物を置き直ちにバイコフ記念冶金研究所に向った。

14°30'~18°15' バイコフ記念冶金研究所見学

サヴィツキー所長の総括説明の後、カシン副所長およびサヴィツキー所長所管の研究室を順次見学し、さらに科学アカデミー会員リカーリン教授(N. N. RYKALIN)のプラズマ研究室も同教授の案内で見学した。終つて、アゲエフ組織委員会委員長に今回のシンポジウムおよび研究所、工場の見学が無事成功裡に終了したことを感謝し、あわせて次回 1977 年 5 月~6 月の第 6 回日ソ製鋼物理化学合同シンポジウムに是非来日されるよう要請して快諾を受けた。なお、その主題についても日本側から骨子を提案し今後書簡によつて意見をかわすこととした。また、当初は翌 30 日に鉄鋼研究所の見学が予定されていたが、出国当日でもあり、これまでの強行日程も考慮してソ連側から中止の提案があつたので、以上で全日程をとどこおりなく完了した。

5月30日(金) 数グループに別れ帰国またはつぎの目的地に向った。

なお、午前中は入手資料その他の発送を終えてから余暇を利用して、国民経済成果博覧会の宇宙館、鉄鋼館などを見学した。

3. シンポジウムの概要

前述のように、シンポジウムは5月19日~21日の2日半にわたってバイコフ記念冶金研究所講堂において行なわれた。日本側論文はすべて露文に翻訳されて独立の1

冊として製本され、同時にソ連側論文も別冊として製本されていた。出席者はウラル地域も含めソ連各地から参集しており、数十名から100名前後が聴講ないし討論に参加した。参考までに、本シンポジウムの組織委員会構成を前記論文集から引用するとつぎのとおりである。

N. V. AGEEV——議長、科学アカデミー会員

V. I. YAVOISKY——副議長、工博、モスクウ鉄鋼合金大学

V. P. FEDOTOV——学術秘書、工修、バイコフ記念冶金研究所

N. A. VATOLIN——科学アカデミー準会員

I. R. KRJANIN——工博、機械製造技術中央科学研究所

V. I. KASHIN——工修、バイコフ記念冶金研究所

B. V. LINCHEVSKY——工博、夜間冶金大学

A. K. PETROV——工修、ウクライナ特殊鋼科学研究所

S. I. POPEL'——工博、ウラル工科大学

A. G. SVJAZHIN——工修、モスクウ鉄鋼合金大学

A. G. SHALIMOV——工博、鉄鋼省中央鉄鋼科学研究所

なお、双方の討論内容を細部にわたり英語を媒介として確認するには、エルマコバ、バラジャおよびグルビスカヤの3女史が活躍してくれた。

シンポジウムの実施日程は以下のごとくで、各論文の内容および討論の状況については別項で述べる。

5月19日(月) 午前の部

開会の辞 ヤボイスキー教授

挨拶 松下団長

使節団の紹介 カシン副所長

論文の発表および討論 座長：ヤボイスキー、カシン、クリャーニン、松下、田畑、坂尾

以下、発表者は*印で示し、日本側論文の露語による代読者は括弧内に示す。

(1) V. I. YAVOISKY*, A. F. VISHKAREV, V. P. GRIGOR'EV および V. S. KRASIL'NIKOV：合金元素と脱酸元素との間で化合物が形成される条件下での合金鋼の脱酸および複合脱酸剤の適用

(2) 細田、佐野および松下*(吉田進)：溶鉄中脱酸生成物の成長過程における変化

(3) S. I. POPEL'*, V. P. NEMCHENKO：炉外処理による非金属介在物の除去

(4) 荒木*, 山本(ポベガイロ)：鋼中の快削性介在物の組成と性質

午前は論文(1)に対する討論のみで終えた。

午後の部

論文の発表および討論 座長：ヤボイスキー、ポベリ、荒木

午前の残り論文(2)~(4)に対する討論について、

(5) V. A. GRIGORYAN, Yu. A. MINAYEV および Yu. I. UTOCHKIN*：非金属介在物の成長と移動

(6) 塗, 大橋および浅野*(ジェラドノフ): 過冷却した鋼の核生成挙動におよぼす酸化物の影響

(7) V. T. BORISOV*: 鋼塊凝固中の固液共存層における非金属介在物の生成理論

(8) A. A. ROMANOV*, V. P. ERMAKOVA, A. P. SERBIN および A. V. MIKUL'CHIK: 擬平衡2相理論と鋼塊の非金属介在物解析への応用

(9) 鈴木*, 谷口および竹之内(ポベガイロ): 凝固過程中的酸化物介在物の組成とサイズの変化

本日は上記5論文の発表のみで終えた。

5月20日(火) 午前の部

すでに述べたように, 冒頭アゲエフ科学アカデミー会員への日本鉄鋼協会名誉会員章の贈呈式があつた。

論文の発表および討論 座長: アゲエフ, サビツキー, 浅野

昨日発表の論文(5)~(9)の討論について,

(10) N. A. VATOLIN, V. Y. SOKOLOV* および V. F. UKHOV: 鋼と FeS, MnS 間の相互作用の性質に関する研究

(11) 江島*, 江見, 鈴木, 垣生および三本木(スコブリコフ): 高張力鋼板用大形鋼塊の凝固時に希土類硫化物を均一に析出させる基準

(12) V. V. AVERIN*, S. M. POLONSKAJA および V. F. CHISTJAKOV: 希土類およびアルカリ土類元素の微量添加による硫化物介在物の変化

(13) V. A. EFIMOV: 非金属介在物の生成と分布におよぼす凝固条件の影響

本論文は, 講演者が欠席したので提出のみに終つた。

(14) 山内, 一瀬*および盛(ブルツェフ): クヌーゼンセル-質量分析法による鉄-アルミニウム合金の活量測定
午前は上記4論文の発表のみで終えた。

午後の部

論文の発表および討論 座長: ボリソフ, 梶山

午前の4論文に対する討論について,

(15) D. Ya. POVOLOTSKY*, V. E. ROSHIN: 鋼中の脱酸生成物の変態と遺伝的性質

(16) 石黒*, 伊藤(グリゴレンコ): 高品質鋼塊の諸性質におよぼす希土類元素の影響

(17) V. A. BOYARSHINOV, A. E. VOLKOV*: 真空再溶解による非金属介在物の除去

(18) 荒木(泰), 小田*および石村(ピメノフ): 固体アルミナの溶解におよぼすスラグ組成の影響

以上発表後, 午前の部も含めて再度討論があつた。

5月21日(水) 午前の部

論文の発表および討論 座長: イオドコフスキー, 一瀬

(19) B. I. MEDOVAR, Y. G. YEMELYANENKO* および V. A. TIKHOV: 大断面電極の ESR 再溶解における非金属介在物の変化とその除去の機構

(20) 藤沢, 坂尾*(イストーミン): Fe-O-Mn-Si-Al 系の液相線温度において生成する酸化物系介在物

(21) V. S. DUB*, V. V. LEVANDO, A. D. BASHMAKOV, A. A. REBRIK および Yu. V. KATEEV: 大形鍛造鋼塊中の硫化物系介在物の分布

(22) 梶山*, 高橋および伊藤(カツェーフ): カルシウム快削鋼の酸化物系介在物の化学組成

(23) A. G. GABISIANI*, F. N. TAVADZE, V. A. EFIMOV, N. Y. ISHCHUK, I. B. SHENGELAYA および D. L. MAGLAKELIDZE: 低炭素鋼管用鋼の鋼質ならびに非金属介在物の形状と分布におよぼすマイクロチル, 複合添加剤, 発熱性添加剤の効果

上記の発表と討論により本シンポジウムはすべて終了した。

閉会の辞 ヤボイスキー教授

挨拶 松下団長

4. 提出論文の内容

上記日程による全論文の詳細および討議ないしコメントの紹介は特別報告書にゆずるとして, その要約は以下のとおりである。論文の番号は日程による発表順とし, 著者および題目は重複をさけて発表者と論文番号のみにとどめている。なお, 日本側論文10篇については団員各自に要約したものであり, ソ連側論文13篇についてはすでに述べたごとく分担しているが, ○印は主担当者であることを示している。

YAVOISKY, 他による論文(1):

金属間化合物を生成するような元素間では溶鉄中といえども特別な配列および bond energy が作用しているであろうという考えを複合脱酸剤による脱酸および合金鋼の脱酸に適用した。従来の複合脱酸剤は安定な化合物を作らない元素の合金であつたが, 化合物を作るような合金も脱酸剤として使用されるようになっていく。この場合, 次の各過程の自由エネルギー変化の間に, 「溶鋼中での脱酸元素同志の化合物生成」>「弱脱酸元素による脱酸」+「脱酸生成物間の化合物あるいは溶体生成」なる関係があれば, 効果的な複合脱酸剤となることを示した。とくに Si が多くの金属間化合物を作るところから, この元素の存在下での脱酸問題に言及している。

これに対して, 活量係数におよぼす相互作用の観点からも考える必要があるのではないかとの意見が出された。(○一瀬, 坂尾)

松下, 他による論文(2):

溶鉄を Si および Mn で脱酸する場合, その脱酸生成物組成が均一核生成時点から最終組成までどのような経路で変化するかを拡散対法によつて調べている。内径5mmのアルミナ細管中に, 下部に Fe-O 合金, 上部に Fe-Si または Fe-Si-Mn 合金を溶融し, 1600°C に一定時間保持後冷却する。ついで, 元素の拡散方向に沿い

それらの濃度分布を XMA で定量するとともに、各位置における脱酸生成物の平均大いさ、組成 (XMA による)、顕微鏡組織および母相の Si, Mn 量を定量する。この結果から、Si 単独脱酸および Mn/Si 比 1~2 の共同脱酸では、初期に FeO が極めて高い介在物が生成しても直ちに還元されて SiO_2 に変化する。さらに、Mn/Si 比が 25 に近い例では、同じく初期に FeO と MnO の高い介在物が生成してもやがて還元が進むとともに、母相の Si, Mn に平衡する FeO-MnO- SiO_2 系スラグ組成に近付くことを結論している。

これに対し、ボリソフおよびビシュカレーフ両博士から介在物の粒度分布、介在物組成における FeO または MnO 濃度の急激な変化と均一核生成の相関などについて質疑があり、著者は介在物粒度の正確な分布パターンは測っていないこと、母相の酸素量分布が分からないので厳密な計算ができないことなどを答えた。

POPEL, 他による論文 (3) :

鋼中の非金属介在物は、鋼の脱酸時、二次酸化および鋼の凝固の過程で生成され、鋼の性質を左右するものである。しかし、凝固時の介在物を分離することは、ほとんど不可能であり、凝固以前に、介在物と同時に、酸素、硫黄、窒素などの溶解不純物も完全に除去することが望ましい。

ここでは、不活性ガスの吹込み法とスラグ中での drop refining による介在物と不純物の除去に関する物理化学的な理論検討と、工業的規模の実験結果について述べた。

不活性ガス吹込み法の理論計算は、気泡による介在物の吸着除去、バブリングによる加速凝集および種々の大きさの介在物の浮上分離による清浄程度に関するものであり、drop refining では、静かに落下する溶滴のスラグ・メタル界面への介在物と不純物の輸送、および電気毛管現象を利用した清浄促進法を取扱った。

これに対し、プロセスの実態、および介在物と不純物の分離の考え方について討論が行なわれた。ソ連の取鍋ガス・バブリングは、鍋底のウインド・ボックスから気泡を均一分散させて吹込むのが特徴で、上記分離機構が大きな効果を発揮すること、ESR では、電気毛管現象の利用が詳細検討され、7 t 鋼塊の規模まで実験が進んでいる点などが明らかになった。(○石黒, 浅野)

荒木, 他による論文 (4) :

まず鋼の被削性に及ぼす冶金的要因について述べ、硫黄および同族元素のセレン、テルル添加による各種生成介在物の金属組織的性状およびミクロ構造、物性が鋼の被削性といかに係るかについて物理冶金的見地と切削の力学の両面から解析している。さらに切削工具の摩耗要因とその機構を考察し、脱酸調整による特定の組成、性質をもったシリケート系介在物が切削条件によつて工具面にフィルム状に堆積して工具摩耗を抑制する快削機構について述べ、実用快削鋼の介在物の組成と構造を論じ

た。つづいて、チタンを含む超硬工具で可塑性のチタン酸化物系介在物を含む鋼を切削した際、保護フィルム層を形成しやすい実験事実を説明し、有効な Mn-Ti 系介在物の性状、組成について述べるとともに、鋼を切削する工具のフランク (flank) 摩耗が脱酸剤の種類によつて大きく異なることを示している。

ソ連側の質疑とコメントを総括して、ヤボイスキー教授は主として快削性元素の役割について質し、著者がそれらを解説した。

UTOCHKIN, 他による論文 (5) :

この論文は鋼中の非金属介在物の成長、移動に対して新しいメカニズムを提案したものである。溶鋼中に表面活性物質の濃度勾配があると、そこにある介在物に吸着する物質の量も、表面の場所によつて不均一となり、その結果、溶鋼-介在物間の界面張力に差異を生じ、介在物を移動させるというメカニズムである。著者らはまず、有機溶媒による直接観察ならびに脱酸生成物の移動速度の計算から、提案したメカニズムの妥当性を確認した後、静止浴におけるルツボ実験を行なった。溶鋼に表面活性物質の濃度勾配をつくるため溶鋼表面に Si, Mn あるいは FeO を添加し、急冷試料中の介在物量を調べたところ、添加試料では、無添加の比較試料よりも明らかに介在物の減少が認められたというのである。

この論文に対して、坂尾および一瀬からいくつかの質問があつた。これらを要約すると、本研究で行なわれたルツボ実験は、提案されたメカニズムの直接の証明になるかどうかという疑問であり、この点をめぐって活発な討論があつた。(○坂尾, 一瀬)

浅野, 他による論文 (6) :

本論文は鋼の凝固時の核生成に関するもので、とくに柱状晶から等軸晶への転移機構の可否を論ずる場合の基礎的データとして、種々の触媒核の核生成能について言及したものである。実用鋼には Al_2O_3 , SiO_2 などの酸化物が含まれており、これが凝固時に触媒核になり得ることは容易に推定されるが、本研究ではこれらの酸化物の外に希土類元素の影響についても調査しこれらの酸化物が存在する場合の核生成挙動を測定することを主目的とするとともにその触媒核としての作用を理論的に解析し実用鋼への応用結果も述べている。これに対してソ連側から 4 名の参加者によつて質問が行なわれた。主な質問内容は理論解析を行なうにあたって必要となる常数値のとり方、また希土類系酸化物の確認の方法、さらに実験室的な規模での実験結果をそのまま実用鋼へ適用することの可否についてであつた。いずれの問題も発表者からそれぞれ回答が行なわれた。

BORISOV による論文 (7) :

鋼塊凝固中の固液共存層における非金属介在物の生成は、介在物粒子への物質拡散移動ならびに界面反応速度に限られるものとして理論を展開した。熱力学的には凝

固に伴う不純物の濃縮はすべて介在物の生成に費やされるものとして、その生成過程を数式化し、コンピュータで定量解析した。その結果、これらの生成機構は介在物の分布と大きさに及ぼす凝固速度の影響に関する実験式とよく一致することを確認しているが、平衡状態では、デンドライト近傍の介在物分布ならびに量は凝固条件に依存しないとしている。これに対して、2次脱酸生成物が新たにできる量を無視することの妥当性ならびに実際の凝固条件との一致の程度、介在物の成長に対する支配的要因、凝固条件の設定の問題などについて質問があり、凝固末期には新たな介在物の生成はないこと、ならびに本理論は定性的な一致を目的としたものであり、介在物の成長に対して、凝集は拡散よりも役割が小さいなどの討論が行なわれた。(○鈴木, 小田)

ROMANOV, 他による論文 (8):

本研究は、介在物の大半は凝固時に生成するとの観点から凝固プロセスと非金属介在物の関係について論じたものである。前提条件として固液共存層中での物質移動に関しては V. T. BORISOV らの提唱している擬平衡二相理論(前出論文(7)参照)を適用し、温度分布に関しては BIOT-FOURIER の式に従って凝固解析を行なっている。このような手法による凝固プロセスの解析により温度分布、固相率、共存層範囲、溶質の濃化挙動が明らかとなった。結果の1例としては、0.305% 炭素鋼のインゴットの凝固について計算機で解き、液相線 1515°C、固相線 1472°C に対し計算結果では固相率 95% の凝固温度は 1350°C と非常に低いことがわかった。

なお、本研究の凝固過程での介在物の生成については反応速度論的な考慮はなされていない。(○小田, 梶山)

鈴木, 他による論文 (9):

大型鋼塊の凝固過程における酸化物介在物の挙動を調べるため、実験室的に固液共存状態を再現させ、 SiO_2 や Al_2O_3 などの脱酸生成物の成長速度を求めた。さらに、スラグ系介在物が凝固過程にその組成とサイズを変化させる機構を同様の手法を用いて実験し、実用鋼塊の外生的介在物 CaO , Al_2O_3 , MnO , SiO_2 量が発現位置によつて変化するのは、スラグ系介在物がその周辺に存在する脱酸生成物を吸収して希釈されると考え、そのモデルを数式化して実験結果を整理した。その結果は実際の 220 t 鋼塊における介在物の組成変化ならびにサイズ分布ともよく一致し、このモデル式の妥当性が確認された。

SOKOLOV, 他による論文 (10):

Al_2O_3 の基板上に溶滴を落下させる方法により、 FeS , MnS 量を変化させた Fe-FeS , Mn-MnS 系融液の表面張力を種々の温度で測定した。その結果、1550°C では純鉄ならびに FeS の表面張力はそれぞれ 1800, 200 dyn/cm であるので、 FeS が添加されると Fe-FeS 系の表面張力は減少する。 Fe-FeS の擬二元系では FeS の添加

によるモル容積の恒温直線に対して 5~7% の負の偏倚を示すが、これはメタルと S の相互作用によるものである。 Cr-Mo-V 鋼基板上の硫化物溶滴の濡れの高速度カメラで記録し、表面張力、接触角から鋼と FeS , MnS 間の界面張力 (1250 dyn/cm, 1240 dyn/cm) と凝集力 (460, 400 dyn/cm) を計算し、これより鋼の凝固中の硫化物の析出形態現象を説明できると述べた。これに対して、表面張力に及ぼす酸素の影響や硫化物の I, II, III 型を左右する要因について質問があり、酸素は硫化物に比較して無視できる程影響が小さく、硫化物の形態は多くの要因で決まるので一概にはいえないなどの討議があつた。(○鈴木, 江島)

江島, 他による論文 (11):

酸素の影響を極力排除した条件下で溶鉄中の Ce-S 平衡定数 K_{ces} と相互作用助係数 e_s^{Ce} を温度の関数として求めた。また、この系の 1600°C の見掛けの平衡濃度積として 1.0×10^{-3} から 1.0×10^{-5} に及ぶ値が報告されている原因は、おもに K_{ces} の濃度依存性にあることを明らかにした。次に、低 S 濃度でも硫化物形態制御のための最適 $[\% \text{RE}]/[\% \text{S}]$ 比が約 3 であることを実験室規模で確めた後に、 $[\% \text{RE}] \cdot [\% \text{S}]$ を $0.5 \times 10^{-4} \sim 4.9 \times 10^{-4}$, $[\% \text{RE}]/[\% \text{S}]$ を 2.6~8.0 に変化させた一連の転炉製 23 t 鋼塊について硫化物の組成、形態、分布を調査した。 $[\% \text{RE}] \times [\% \text{S}]$ が大きい鋼塊の底部沈澱品帯に生成する RE-sulphide, および oxysulphide のクラスターの層状集積と S プリントにおける逆 V 偏析部の白抜けの機構を明らかにするとともに、硫化物形態制御を十分に行ない、しかも鋼塊中に硫化物を均一に分布させるために必要な $[\% \text{S}]$, $[\% \text{RE}]/[\% \text{S}]$, $[\% \text{RE}] \times [\% \text{S}]$ の範囲を求め、これらの条件を実現させるために製鋼過程でとるべき措置の基準を示した。

クリコフ教授は、相互作用助係数 e_s^{Ce} とその温度依存性が大きすぎるのではないかと質し、著者はその妥当性を説明した。また、ボリソフ教授は、希土類硫化物の析出位置について所見を述べ、著者から回答があつた。

AVERIN, 他による論文 (12):

熱力学的検討に基づき希土類 (RE) とアルカリ土類元素を硫化物形態改善元素として選んだ。これらの元素を含む合金 (おもにシリサイド) を螢石、珪砂などの造滓材と混合、成型して約 15 kg のブリケットとし、6 t 鋳型内にあらかじめ設置しておいて、低炭素 Si-Al キルド鋼を下注して約 5 min 間の注入時間中溶鋼と接触、反応させた。 CaSi 添加の場合、介在物中の CaS 濃度の最高値が 15% に及ぶことを EMX で確認した。希土類元素の歩留りは、 LaSi 添加の場合は 25%、塊状 Fe-Ce 添加の場合は 90% に達した。これらの鋼塊を圧延して得られた鋼板についてシャルピー試験を行なった結果、20°C における衝撃値の異方係数は通常の 2.5~4.0 から 1.9~2.2 に、脆性破面率は通常の 20~40% から 15~

20% に、それぞれ減少した。これは、熱間加工により変形しやすく、“hair like”となる MnS が、変形しにくく“lens like”となる CaS や RE 硫化物などに変るためである。

江島は、試験鋼塊の化学成分とサイズ、ブリケットの物理的、化学的性質と造塊における使用法を質した。さらに、江島および石黒は、介在物の形態制御に希土類元素とアルカリ土類元素のいずれがすぐれているかを質問したが、著者はそれぞれ優劣があるので、適用に際しての総合判断によると答えた。(○江島, 石黒)

EFIMOV による論文 (13)

鋼の品質は非金属介在物の量のみならず、その形態、変形能、鋼中での分布により決定される。鋼塊の凝固に際して凝固相と液相との間に固液共存相が存在し結晶の生成、成長が起きており、この固液共存相の温度勾配により、生成、成長量が異なる。固液界面は樹枝状晶のために樹枝間隙では毛細管現象が生じ、液相が凝固壁に沿って内部に浸入し濃化溶鋼が中央部から排出する filtration mass transfer が生ずる。

一般に鋼塊内で対流、拡散、filtration mass transfer に影響を与えることによつて介在物の分布を改善できる。その方法として

- (1) 鋼塊内の温度勾配を減少させる。
- (2) 溶鋼の流動を防止するために電磁攪拌を行なう。
- (3) 温度勾配を減少させ、溶鋼の流動を破壊するために金属粉末の冷却材を投入する。
- (4) 鋼の凝固速度を増加させる方法を用いる。
- (5) 活性元素 (Ce, Ca, Ba), あるいは複合金の添加により介在物の表面張力を増加させる。
- (6) 注入時にスラグを通過させスラグへ介在物を吸着させる。

などがある。(○浅野, 梶山)

一瀬, 他による論文 (14):

クヌーゼンセル-質量分析計により 0~75%Al の Fe-Al 合金の活量を 1400~1600°C の温度範囲で測定した。その結果、温度および組成の関数として Al の活量係数は次式で表わされる。すなわち、 $N_{Al} \leq 0.33$ の固合金に対して、

$$\ln \gamma_{Al} = -(2880/T + 1.95)(1 - N_{Al})^2 - 5770/T + 3.51$$

$N_{Al} \leq 0.17$ の液体合金に対して

$$\ln \gamma_{Al} = -(5060/T + 0.50)(1 - N_{Al})^2 - 3490/T + 2.05$$

これより 1600°C における γ_{Al}^0 および $\epsilon_{Al}^{(1)}$ はそれぞれ 0.049 および +6.4 となつた。また Al の無限希薄溶液における混合熱は -17.0 kcal となつた。

これに対して使用坩堝が Al_2O_3 であるため、Al との反応あるいは坩堝それ自身の解離反応による Al 蒸気の

発生が問題になるとの意見が出されたが、これらの反応により、 Al_2O_3 あるいは AlO の発生のみが考えられ、その場合には活量の測定に影響しないとの考えが示された。

Povolotsky, 他による論文 (15):

VAR や ESR 鋼塊の非金属介在物の挙動に関連して一次脱酸生成物 (アルミナとシリケート) の組成、組織と分布形態の再溶解および凝固、冷却条件による変化を検討した研究である。まず、溶融-凝固の条件によつて先在する脱酸生成物が残留しそれに成分、構造の変化が加わることにについて観察している。ついで、工業 VAR, ESR 炉や実験室炉での純鉄溶解-凝固鋼塊について、脱酸生成介在物の分布と凝固条件の変化、デンドライトの形態との関係を実験的にしらべ、シリケート介在物はデンドライト軸部面積が増えるにつれて増加するが、コランダム介在物数は凝固時間やデンドライト形態に関係なく一定であることなどを示した。この関係は、それぞれの介在物のイオン結晶構造と鉄の δ または γ 凝固相の構造との間の格子整合性の見地から検討され、コランダム-Fe 間にはトラップが起こりにくく、 β -クリストバライト-Fe 間には広範囲の整合性がみられて、シリカ系介在物がデンドライト中にトラップされやすいことを論じている。

これに対し、荒木より介在物のトラップと凝固中の核生成、成長に界面の整合性(接着性)の役割は重要との意見があり、さらに細部についての質疑応答があつた。また、坂尾は溶鋼中の酸素量と脱酸生成物の純度について討論した。(○荒木, 坂尾)

石黒, 他による論文 (16):

高級ラインパイプ用高張力鋼を製造するため、低硫域 (0.007% S) における REM の鋳型添加を実施し、製造した 30 t 下広鋼塊 (REM 添加量 0.032% と 0.052%) の内質と厚板の性状について調査し、更に、REM 処理鋼塊の特質と REM の反応性について検討し、以下の知見を得た。

(1) REM 処理により MnS は、熱間圧延では変形し難い REM 系介在物に変化し、REM による Sulfide shape control が完全に実施され、かつ鋼塊の清浄性も改善される。この結果、鋼板の靱性異方性が大幅に向上する。

(2) REM は Al より大きな脱酸力を有する。

(3) REM 介在物は、クラスター状で、鋼塊沈澱晶部に集積しやすいが、本方法で製造した鋼塊の健全部では、工業的に達成しうる極めて良好な程度まで、分離が進行している。

(4) REM 処理鋼塊の逆 V 偏析は、C, Mn, P は REM を含まない鋼塊同様正偏析するが、S は負偏析し S プリントは周囲より白くぬける。S が負偏析する理由は、S は REM 処理により溶鋼中に REM 介在物とし

て析出し、凝固進行中に凝固遷移層内で、網目状のデンドライト樹枝にトラップされ、逆V偏析となる未凝固残渣鋼中には、ほとんど存在しなくなるためである。

Volkov, 他による論文 (17):

真空アークおよび電子ビーム再溶解時の介在物の挙動を検討した。TiN や Al_2O_3 は再溶解時に分解消失しやすい。Ca アルミネートは安定で、電極からの液滴に含まれたまま金属浴を通過して鋳塊へ移行する。介在物の移行機構を調べるため電極先端、落下中の液滴、鋳塊の試料採取を行なった。MnS は迅速に分解して液滴中には認められず、凝固時に析出する。大径 Al_2O_3 は機械的に除去され、一部は凝固時に固相に捕捉される。小さいものは分解し、 O は C と反応するが凝固時に残留 O と Al とで再析出する。二次介在物析出機構を検討し、TiN と小径の Al_2O_3 は凝固時に樹枝状晶間の過飽和溶液と固相との界面に核生成し、小径の MnS は界面核生成、大きなものは残留液相内での体積核生成であることが判った。介在物の寸法を小さくするには、成分濃度を減小させるよりは樹枝状晶を微細化することが、そのためには鋳塊の〔断面積〕/〔周囲長〕の比を小さくすることが有効であることが判った。

これに対して分解せず鋳塊へ移行する介在物の除去にエレクトロキャピラリー現象が応用できないかとの意見が出され、現在検討中とのことであつた。(〇一瀬、石黒)

小田, 他による論文 (18):

42%SiO₂-38%CaO-20%Al₂O₃ をベースとするスラグに Li, Na, Ca, Mg の弗化物および酸化物を添加溶解したスラグ中での固体のアルミナ溶解速度を求めた。実験方法は、厚さ 1 mm, 直径 20 mm の円板を溶解スラグ中で回転させ、その減量を測定する方法である。

アルミナの溶解能は酸化物に比較し弗化物の方が著しく大きく、弗化物間では、LiF, NaF, CaF₂, MgF₂ の順である。またこの結果を等量の弗素量について整理すると、NaF, LiF, CaF₂, MgF₂ の順になっている。これは対応する金属元素の Ionic potential の順と一致している。本研究は連結铸造用被覆剤の性能改善の一環として進めたものであるが、アルミナ系介在物の吸収に関しては、弗化物を添加することが有効であることが明らかとなつた。

Yemelyanenko, 他による論文 (19):

炭素鋼, Ni-Mo 鋼, Cr-Mo-V 鋼, Ni-Cr-Mo-V 鋼の大型 ESR (鋼塊 12~60 t) に用いた大断面電極 (直径 800~1200 mm) の残材をミクロ的に調べた。その様な大断面電極は溶解速度 (mm/min) が小さいために溶解前に高温にさらされる時間が長い。したがってその間に電極中で硫化物系介在物の分解が起こり、[S] は拡散とそれを促進する Electrotransport とによつて電極先端の溶融フィルム部へ移行し、そこからスラグ-メタル間の S の分配に従つてスラグ浴中に脱硫されることが判明

した。電極近傍のスラグ温度が高く、また気化脱硫によつてスラグ浴の上部の (S) 濃度が低くなっている場合には、上述の脱硫プロセスが優先し溶鋼プールの脱硫の寄与は小さい。酸化物系介在物も電極先端の溶融フィルム中で既に大部分除去されており、それまでに酸化物系介在物の解離が進行したものと思われる。

梶山, 江島の質問に対して、消耗電極の Al 含有量は 0.01~0.04% であり、その酸化物系介在物の化学組成は 60~80% Al_2O_3 であるとの回答があつた。江島は、電極中における S の移動が拡散だけによつては説明されぬことに同意し、発表者のいう electrotransport のメカニズムを質問したが、詳細な回答は得られなかつた。(〇梶山, 江島)

坂尾, 他による論文 (20):

この研究は、複合脱酸された鋼が凝固後に、どのような組成の脱酸生成物を含むかという研究の一環として行なわれたもので、二つの部分からなっている。その一つは、Mn, Si, Al からなる複合脱酸の平衡関係を熱力学的に計算したものである。他の一つは、Mn, Si, (Al) を含む鋼を縦型炉に入れたアルミナ管中で溶融し、上部を固相のまま保持して、固液共存状態において脱酸平衡に到達させ、界面に捕捉される介在物の組成を EPMA により調べようとした実験である。

両者の結果は、計算による仮定および実験における測定誤差を考慮すれば、よい一致を示すという論文である。

これに対してポボロツキー教授から、実験の保持時間はどのようにして決定されたか、介在物についての平衡が考慮されたものかという質問があり、著者は、そのとおりで、予備実験により決定された時間は 2~3 hr であるが、安全を見て 4 hr としたと答えた。

Dub, 他による論文 (21):

鍛造用の 27.6 t と 13.3 t の大型鋼塊 (Ni-Cr-Mo 平炉鋼) の高さの中央部における硫化物介在物の存在特性 (介在物の全面積, 含有量, 平均径と平均面積, 介在物間距離) を QTM (Quantitative metallography) によつて定量した。

硫化物介在物の存在特性は、鋼塊の鑄造組織によつて分けられる三つの領域 (外周域, 柱状晶域, 中心域) に対応して変化し、かつ硫化物の存在特性は、凝固速度に大きく依存し、殊に固液共存相の挙動に著しい影響を受ける。

討論は、硫化物の形態と脱酸程度との関係、鋼塊沈澱晶部およびV偏析部における硫化物の特性とその取扱い方、逆V偏析の低減法に関する具体策などについて行なわれた。(〇石黒, 鈴木)

梶山他による論文 (22):

C 0.15~0.45%, Si 0.20~0.35%, Mn 0.6%~1.4% を含有する構造用炭素鋼及び Cr-Mo 構造用鋼のアー

ク炉溶解において、出鋼時に Si, Ca 及び Al による同時脱酸 (Al の添加量を制限した) を行ない、鋼塊中に比較的 SiO₂ 及び MnO 含有量の高い MnO-SiO₂-Al₂O₃-CaO 系介在物を生ぜしめた。その介在物の組成 (ピレット試料の臭素法残渣分析により求めた) に関し次の知見を得た。i) ピレット中では O, Ca 及び Al の大部分は酸化物系介在物中に存在する。ii) 介在物中の (Al₂O₃+CaO) 含有量が 20% から 50% に増大するにつれて MnO 含有量は 30% から 10% に低下する。0.2~1.0 の範囲内での CaO/Al₂O₃ の変動はその関係に影響を及ぼさない。この場合 SiO₂ 含有量は比較的狭い範囲 (50~40%) の中にある。これら介在物は生成時に 1 相から成る。この組成の範囲内で種々の点を選べば、1150°C ~ 1450°C の範囲内の種々の溶融点を有する酸化物系介在物を得ることができ、快削鋼として使用する場合に好都合である。iii) 前項で述べた範囲内の酸化物系介在物の組成は、ピレットの (Σ Al + Σ Ca) / Σ O 及び Σ Ca / Σ Al によつてきまる。

ソ連側から、出鋼時に取鍋内で Ca-Si 脱酸することの意義について質問があり、著者は Ca の歩留や Σ Ca, Σ Al, Σ O 含有量のコントロールとの関係を説明した。また、酸化物系介在物の分析方法やその結晶構造に関する質問もあつた。

GABISIANI, 他による論文 (23):

本研究は GRADE 20 (C: 0.17, Mn: 0.6, Si: 0.3, S: 0.04, P: 0.013) の 7 t 鋼塊に対しミクロチル、複合添加剤、発熱添加剤を使用した時の効果を検討したものである。なお、鋼の溶製は 200 t の塩基性平炉で行なつたものである。結果は次のとおりである。

1. 複合添加剤 (Ca: 20, Mg: 3~4, Ce: 15, B: 2.0, 残 Si, 添加量 1.5 kg/t-steel) を使用した鋼塊では圧延製品のみならずミクロおよびマクロ組織が改善され、酸化物系および硫化物系介在物の形状が改善されその分布が均一となつた。その結果 c 方向 (圧延に直角な方向) の衝撃特性が大幅に改善された。

2. ミクロチル (0.1~0.3 mm 鋼粉, 添加量 20 kg/t-steel) ならびに発熱パウダー (MnO 鉱: 18, CaF₂: 30, SiO₂: 32, 添加量 3.5 kg/t-steel) では実質的改善は認められなかつた。なお複合添加剤の効果は過冷度を減少する点にあるとしている。

これに対し、小田および江島から複合添加剤やミクロチルで処理した鋼塊の偏析が減少する機構、Al 含有量、鋳込温度、鋳込速度などを質問した。その回答は、複合添加剤を使用すると凝固速度が大きくなり、不純物の溶離が減少して偏析が小さくなる。また、ミクロチルを使用すると溶鋼の過熱が早期に失われて等軸晶が生成し、底部に堆積して不純物は鋼塊頭部に集中するので本体部の偏析は小さくなる。なお、鋳込条件は次のとおりである。

Al: 0.02%, 鋳込温度 1580°C, 鋳込速度 2.5t/min (○小田, 江島)

5. 訪問した研究所および工場の概況

今回の訪問先は、科学アカデミー所属の 4 研究所およびザポロジエの 2 工場であり、前者の 4 研究所については第 1 回と第 3 回の学術使節団報告¹⁹⁾に記載されているので、できるだけ重複は避けその間の発展状況なり最新の現況なりを記録するよう努めた。これらも事前に記録担当者をきめておいたので、それにもとづいて以下見学順に報告する。ザポロジエの 2 工場は、互いに隣接しているとはいえ、一方が一貫製鉄所、他方が特殊鋼工場で当初予定では 2 日間にわたつて見学できるよう手配されていたが、以降の日程と物理的に合わず 1 日に圧縮せざるを得なかつたのは誠に心残りである。現場担当者ももう 1 日あれば Vacuum Slag Refining を実演できたのにと残念がつていた。また、日本の鉄鋼技術について質疑応答が数多くあり、その要点も記載することとした。さらに、今回は各所でかなりの資料類を入手しているので、それらは一瀬英爾団員および吉田進氏を煩わし次項に一括して参考供する。

パトン電気溶接研究所

(E. O. Paton Institute of Electric Welding)

所在地: Kiev 市 Ulitsa Gorkogo 69

訪問日時: 5 月 22 日 (木) 10°00' ~ 13°30'

応待者: 当日は科学アカデミー会議でパトン所長不在のため、準アカデミシアン・モブチャン教授 (Prof. Dr. B. A. MOVCHAN) が概要説明および質疑応答にあたり、リスコフ教授、コルジョフ氏、アルタモフ氏、グリガレンコ氏らも案内および説明に参加した。

沿革: 当研究所は 1929 年アカデミシアン E. O. PATON によりウクライナ共和国科学アカデミーの下に創設された溶接研究所が発展したもので、Institute となつてから (1934 年) すでに 41 年を経過している。設立の主目的は「溶接」の機械化、自動化の問題に役立つ研究を行なうことにあり、溶接の方法および設備の開発面に多くの優れた業績をあげている。電気溶接を主体とした専門の研究所として現陣容 5000 人の世界一の規模のものである。

機構: 当所全体としては研究-生産公団の形にまで発展しており、大きく別けてつぎの 3 つの部門となつている。すなわち、1) 研究部門、2) 開発設計部門、3) 試験工場である。研究部門は基礎と応用を含んでおり、研究と開発-製品化の間は全サイクルのプロジェクトによつて設計-工場部門と結ばれている。全人員約 5000 人の内わけは、研究部門 1600 人、設計部門 1350 人、工場約 2000 人ということである。

予算: 年間予算 3000 万ルーブル (約 125 億円、人件費を含む) は国家予算として科学アカデミーより半額が

出され、残り半額は所外からの委託（研究、開発）契約金による収入によつてまかなわれる。部門別に分けるとおおよそ研究部門1000~1200万ルーブル（46億円位）、設計部門、1000万ルーブル（41億円位）、工場700~900万ルーブル（35億円位）とのことである。

研究対象：研究開発の目標は、1) 溶接のプロセス、2) 溶接機械、3) 溶接用材料のそれぞれに向けられている。さらに特殊電気冶金的研究として、金属の品質向上に役立つ研究を行なつており、ESR、電子ビーム、プラズマアークなどによる精錬、鋳造および蒸着の利用に関する研究などが盛んである。材料学的研究としては、溶接性の評価と向上の研究および溶接性のよい金属の精錬法とその性質の研究に分けて考えることができる。

研究設備と研究内容

1) 現場用レール接触溶接機の開発：最新のK355型は、65 kg/mのレールの上を車を走らせながら溶接してバリ取りまでを終わり走行して進むことができる。10000 mm²の断面のものまでを接触通電時間180秒で暫時溶融し熱処理をも含めて工程を終る（電気容量150 kVA）。さらに振動法を附加したパルス溶解法では2分間で終るものも開発中である。

2) プラズマアーク再溶解：高級合金例えば25Cr-16Ni-7Mn-0.6N鋼、80Ni-Cr-Si合金などの再溶解および鋳造を4000 kWまでの規模で研究している。トーチ（プラズマトロン）は6~8本円型に配置し、各種のガスを用いる。さらにスラグも効果的に利用して溶解造塊する。Nを含む高級特殊鋼や合金にはN₂を用いると経済的であり、0.6%Nのものは容易に得られるとのことである。銅水冷ジャケット床で溶解し、鋳型に鋳込む方式が多い（約1トン塊まで）。Niの高いパーマロイ（80Niまで）でも（Ar+H₂）により低酸素（<10 ppm）の純粋なものが得られる。Hは1cc/100 g以下となる。Alを予備脱酸に用いることもできる。チタンおよびその合金の溶解造塊には本法が適している。100 mm×400 mm位の板型（1/2トン）インゴットの美しい肌をしたものがみられた。精密鋳造も研究されている。さらにPt合金など貴金属のAr中溶解はロスが少ない長所が生かされる。1年後には5トン炉が動く予定であるという。

3) ESR：エレクトロスラグによる溶解、精錬、造塊としては鍛造鋼塊60トンのもの（5000 kVA）までが開発されており、他に板型インゴットも作られている。新日鉄八幡へ納めたものは40トン板型（5630 kVA）溶融スラグ法で4電極を使用するものである。

4) ES鋳造法：船用ディーゼルのクランクシャフトのようなものをセクションごとに鋳造して順次つぎ足してクランクの形に仕上げてゆく方法などは実用的にも興味深いものである。原子力用圧力容器部分やバルブ類など10トンの溶解量のものを鋳造し接着させることを可

能にしている。ESR炉を鋳造用にも改造することは容易の由である。

5) エレクトロンビーム溶接：0.2~100kWまでの規模で研究している。鋼板厚で0.05~200 mmの範囲ということになる。とくにオーステナイト鋼、高品質鋼に適している。母材は溶接部の欠陥発生の点からVARやプラズマアーク炉で製造した純度の高い金属材料が望ましい。鋼70 mm厚、Ti40 mm厚のものについて一回溶接を実験しており、鋼200 mm厚、Al350 mm厚、Ti250 mm厚までの溶接を研究している。目下60 kVで60kW電力のものであるが、さらに出力100kW（100kV）のものも開発中とのことである。

6) エレクトロンビーム溶解および蒸着法：溶解造塊法としては通常の引下げ式の直接造塊法のもの、2段階コンビネーション式のものがある。後者は上部床で溶解したものを下部にある鋳型に順次流し込むもので、上部床ではスラグや粉、粒状金属のマイクロアロイ化を計ることもできる長所がある。バイメタルや異種多層板の鋳込み接着インゴットも容易にできるなど工業技術面での応用が多い。2段式は約1.5トンのものを研究していたが、最大5トンまでは可能の由である。

蒸着法の利用は、電子ビーム独特の同時多種蒸発による複合組織金属膜が得られることが特長である。例えばNiベース合金と酸化物（ZrO₂など）をそれぞれビームによつて同時に別の火床で溶解し、蒸発してくるフェームが上部の冷却板に真空蒸着して酸化物を分散させた複合金膜をつくることのできる。1μないし2 mm厚の蒸着膜まで各種の用途のものが考えられている。工具鋼の表面には、（TiC+Ni, +Co）の同時蒸着によつて超硬合金皮覆にすることができ、ジェットタービン翼には酸化物分散型のNi, Co合金耐熱皮膜によつて性能を上げるなどの工夫の実用化が研究されている。

総括：本研究所は金属の溶接技術の向上という極めて具体的な対象と目的を持つた研究所であるが、溶接のみならず関連冶金技術の新しい手法や機械設備の開発にも目ざましい業績をあげて40年の歴史の上に今日の隆盛をきずき上げており、第1回日ソ製鋼物理化学合同シンポジウム当時（1967年）の3000人の規模に比べてすでに67%増の成長を遂げている。モブチャン教授との討論から、基礎研究による応用科学的レベルの向上とともに独創的な着想や研究成果を技術開発面に結びつけて実際に役立たせるために、研究→設計試作→工業化のプロジェクト研究によつて縦のつながりをつけることに運営上の努力がなされていることがうかがわれた。目下、16階建の立派な主庁舎の建物が建築中で完成間近かに見られ、ますます成長しつつある巨大な研究企業公団のたくましい息吹きが感じられた次第である。（荒木 透）。

鑄造問題研究所

(Institute of Casting Problems)

所在地: Vernadsky Street 34/1, Kiev-142

訪問日時: 5月23日(金) 10°30'~14°00'

応待者: マルコフスキー副所長 (E. A. MARKOVSKY), イシュク (N. Y. ISHUK 鋼の鑄造研究課), ポリシュク (V. P. POLISHUK, 電磁流体力学研究課), ヤコレフ (YAKOREV, 電子ビーム溶解研究室), フスマトニャク (FUSMUTNYAK, 合金の結晶研究室), シュリアク (SHULIAK, 鑄型材料課, 副所長) の諸氏。

なお, Efimov 所長はウクライナ共和国科学アカデミー会議のため不在であつた。

1. 概 要

1965年に創立された研究所で, 品質の高い鑄物を製造するため, 1) 新しい鑄造工程, 2) 設備研究, 3) 自動化, などの研究を行なっているが, このうち 20% はインゴットの品質向上などの鉄鋼業に関係したものである。

所長のエヒモフ教授 (Prof. V. A. EFIMOV) 以下 550名の所員を擁し, 下記の 11 の課とガス分析, 化学分析, 材料試験, 金属組織など 5つの補助研究室から成り, 数百万ルーブルの国家予算と特定工場からの依頼研究 (150~170 件) による収入などで賄われている。

- (1) 鋼の鑄造課: 鋼塊の品質
- (2) Modification 課: 強靱鑄物
- (3) 合金課: 経済性にかなった合金鋼の研究
- (4) 技術プロセス課: 新しい鑄物の製造過程
- (5) 鑄物技術のプロセス課: 精密鑄造
- (6) Hydrodynamics 課: Magneto-Dynamics の理論
- (7) 鑄型材料課: 鑄型材料と造型
- (8) 酸化物を使つた材料課: 鉍物性バザルカ (石膏) などの鉍物の研究
- (9) 結晶課: 炭素鋼の凝固
- (10) 自動課: 鑄物プロセスの自動化と機械化
- (11) 放射線課: 鑄造過程へのアイソトープの利用

2. 見学研究室

2.1 鋼の鑄造課

この課はエヒモフ所長の直接指導の下に主として鍛造用鋼塊の品質向上に関する研究を行なっており, 主な研究内容について各研究者から丁寧な説明がなされた。

(1) 合成スラグを通しての鑄造による鋼塊品質の向上

大量生産における鋼塊の品質向上を目的に熱力学を基礎にして鑄込や凝固をコントロールする新しいプロセスの開発を行なっている。介在物の分布, 組成, 形態は脱酸にもよるが, 大部分は凝固に左右されるという考えの下に, 鋼塊表層部の介在物を低減させるため特殊な合成スラグ (組成は know-how) による衣造塊を工業化し,

すでに 20 000 000 t の鋼が生産されている。

この合成スラグは滓化の過程で有害ガスや塵埃の発生がなく, 鋼塊の表面性状を改良し, 介在物も低減できる自溶性の混合物である。

(2) 鋼の Modification

介在物の絶対値よりも形態, 組成, 分布の modificationの方が重要な意味を有しているという考えに基づいて, 合金鋼の品質向上のために総合 modifier (いわば鼻薬的効能の添加剤) を開発した。

この modifier は歩留り 85~90% で鑄型内溶鋼に添加するもので, これにより結晶粒の微細化, FATT V ノッチ・シャルピー衝撃試験における破面遷移温度の向上が期待できる。この modifier によりデンドリティックな棒状酸化物は球状に, 共晶状硫化物も球状にその形態を変化させることができるので, 介在物量は 1/1.2~1/2 に低下し, 全酸素量は電炉鋼で 30%, 平炉鋼で 60%程低下した。この modifier は介在物の組成のコントロールに 50%, 形態のコントロールに 50% の作用をなすもので, 中心が酸化物, 周辺に硫化物の多相介在物を形成するものである。

(3) 凝固組織のコントロール

凝固速度をコントロールするための特殊な装置が開発されており, これによると凝固速度は 1.5 倍程度までコントロール可能とのことであるが, 詳細は不明である。

また, 鉄粉 4% を凝固過程中的鋼塊に吹込む方法を 40 t の鍛造用菊型鋼塊で試験し, マクロ組織の改良に成功したとのことで, 比較鋼塊とともに 3 本の鋼塊縦断面のサルファープリントが展示されていた。この方法によりクラスター状の酸化物は丸型に, 共晶状の硫化物も球状に変化したとのことであるが, V 偏析が多少軽減されているようであつた。

2.2 遠心鑄造課

ここでも遠心鑄造に使用するフラックスの開発に成功した説明がなされた。一般に遠心鑄造では割れ (鋼の場合) や剝離 (ブロンズの場合) が問題とされるが, これら欠陥を低減させるためフラックスの使用を研究した。フラックスの使用により 2 次酸化が防止され, 型内で製錬が行なわれるため介在物やガスに対しても効果的でシリンドーを例にとると 1 個当たり 168 個の砂疵のあつたものが皆無となり, 廃却率は 12% から 2.9% に減少した。また, 外径 1 290 mm, 厚さ 120~150 mm のアルミ-ブロンズ, 耐熱鋼-普通鋼のような大型クラッドパイプの製造も可能になつたとのことである。

2.3 ハイドロ, ダイナミクス課

Al 溶湯の電磁ポンプを実際に実験してみせてくれたが, 詳細は丸山らによつて紹介されたものである。(丸山, 久保: 鑄鍛造, (1973) No. 12 参照)。

現在, 非鉄金属だけでなく, 鑄鉄溶湯にも適用され, 最大 1.5 t 程度まで稼動しているとのことである。

溶湯の運搬流速は電圧のコントロールにより 0~5m/sec である。

2.4 鋳型材料課

鋳型材料の改善に関する研究が行なわれており、インゴットケースなどの大型鋳物における F. S. 法の概要と冷却速度が早く、割れなどの欠陥のない健全な鋳物を製造するためのマグネットモールド（フルモールド）の研究成果の説明がなされた。いずれもポリスチロールの型を使用し、流動性の液状混合物や 0.3~0.5 mm のメタル粒子と珪砂の混合物からそれぞれ成型されるものであるが、すでにわが国においても工業化されており、特に目新しいものではない。

2.5 結晶課

球状黒鉛鋳鉄における黒鉛の結晶構造、組成を解析するとともに S 量を 0.001~0.08%, 冷却速度を 0.5~12.4°C/sec に変えて真空中で再溶解凝固させた場合の黒鉛形態の変化を説明してくれた。球状黒鉛が得られる冷却速度は真空中では 5°C/sec, 大気溶解凝固の場合 100°C/sec であり、黒鉛は酸素を吸収して表面に強度の増加した CO の膜を形成し、これが黒鉛組織を変化させるものである。

また球状黒鉛の中心をよく観察すると、黒鉛の分離して行く状況が認められ、小さな球状黒鉛の中心部から板状の小枝が周方向に成長して行く速度と径方向に小枝が成長して行く速度とのバランスで黒鉛形態が決定されることである。

3. その他

エヒモフ所長は残念ながら不在であつたが、各研究者は非常な熱意で研究成果を説明してくれた態度が印象的であり、この研究所全体が基礎研究と実際の現場技術との結びつきに重点を置いているように感じられた。

(鈴木是明)

ザポロジェ製鉄所

(Sergo Ordzhonikidze Works, Zaporozhstal)

所在地：ザポロジェ市

訪問日時：5月26日（月）11°00'~14°00'

応待者：

工場長	エル・マブコ (L. YUPKO)
技術部長(圧延)	ビクトル・ボロフスキー
計画部次長	ニナ・ドケリスカヤ女史
中央研究所々長	ポト・グラジュツキー
技術管理部長	ヴィクトル・ヴィラノフスキー
主任技師(圧延)	レオンチ・ソコロ
副技師長	ベンキン
副工場長(Economist)	ポノメレンコ
Associate Prof.	ヴァレンチン・ドヴィナ
(Zapolozhye Mechanical Institute)	

1. 工場概要

本工場はドニエプル川の左岸にあつて、1932年ドニエ

プロ発電所が落成し余剰電力が生じたのを機会にクリボイログの鉄鉱石、ドネツクの石炭を使い 1933 年製鉄所を建設した。熱延鋼板、深絞り用冷鋼板(自動車用)を対象に 95 万 t/年(鋼板 65 万 t/年)の生産を開始した。

1941年第2次大戦により工場の一部をウラルに移動したが、主要設備は完全に破壊された。1943年解放により再建にとりかかり 1947 年より生産を再開した。

(1) 従業員

全従業員 16 800 技術者 1 800
行政関係者 550 研究者 150 (内女子 50)

(2) 生産量

銑鉄(含鋳物銑) 420 万 t/年
粗鋼 490 万 t/年
鋼板(薄板) 350 万 t/年
スラブ 70 万 t/年
型鋼 150 万 t/年
ブリキ 11~15 万 t/年
インゴットケース(直鋳) 40 万 t/年
ステンレス磨板 若干

2. 設備

焼結機 2 基
高炉 5 基(1 500~1 600m³)
混鉄炉 2 基(1 300 t)
平炉 11 基 240 t × 3 490 t × 7
250 t (double-tank) × 1
圧延機 1 700 mm 熱間薄板圧延機
1 700 mm 厚板圧延機
2 800 mm, 1 700 mm 冷間薄板圧延機
表面処理ライン 溶融スズメッキライン × 5
電気スズメッキライン
Sendzimir 電気亜鉛メッキライン

3. 技術内容

工場見学は高炉、平炉ならびに造塊場の一部に限られたが、見学ならびに質疑で知り得た技術内容をまとめると次のとおりである。

(1) 高炉

- ・全自溶性焼結鉱操業
 - ・高温ガス吹込み (O₂+天然ガス, 1 170°C)
 - ・高圧操業 (炉頂圧 1.6~1.8 kg/cm²)
 - ・原料装入 (3 ベル方式)
 - ・コークス比 495 kg+天然ガス 95~100Nm³
(コークス換算 90 kg)
 - ・鉄鉱石品位 61.5% Fe
 - ・銑鉄成分(%)
- | | C | Si | Mn | P | S |
|--|-----|-----|-----|------|-------|
| | 4.2 | 0.6 | 0.6 | 0.06 | 0.033 |
| | 4.3 | | | | 0.035 |
- ・巻き替所要日数 55日~65日

- ・スラグの利用 高炉スラグ：全量建材に使用
平炉スラグ：半量高炉原料，残廃棄

(2) 平 炉

- ・天井ランスにより酸素，天然ガス吹込
(酸素使用量 $70\text{Nm}^3/\text{t-steel}$)
- ・1972年に 2-bath 炉(タンデム型平炉)に改造，
15 万 t/年 を 100 万 t/年とした
- ・平炉の原料配合 スクラップ 37%，鉄鉄 64%
- ・燃料使用量 1-bath 炉 85 kg/t-steel
2-bath 炉 19 kg/t-steel (14回/日)
- ・鋼中不純物 $\begin{cases} \text{O}_2 & 30\text{ppm} \\ \text{N}_2 & 45\text{ppm} \\ \text{H}_2 & 5\text{ppm} \end{cases}$
- ・スクラップ 使用量 $\begin{cases} \text{工場送り} & 1/3 \\ \text{他所材} & 2/3(35\text{ルーブル/t}) \end{cases}$

(3) 造 塊

- ・下注ぎ台車鑄込 (12 t ~ 20 t 鋼塊)
- ・鋼種 リムド鋼 15%，キルド鋼 20%，
ケミカルキャップド鋼(Al 0.4~1.1 kg)65%

ケミカルキャップド鋼の鑄込にはアルミ線とショットアルミを併用しており，アルミ線は注入前に鑄型上部にセットしてあり，ショットアルミは注入末期に注入管より投入し1部を鑄型中に投入する方式である．鋼中酸素は O_2 -determinator (酸素濃淡電池法)で測定できるが，通常は技術者の経験で判断している．測温は熱電対で行なっているとのことであるが，見学中には見られなかった。

4. 原料価格

コークス	40ルーブル/t (16000円)
鉄 鉱 石	8ルーブル/t (3200円)
天然ガス	1.8カペイカ/ Nm^3 (7.2円)
電 力	0.5カペイカ/kWh (2.0円)
購入スクラップ	35ルーブル/t (14000円)

5. 質疑応答

日本側質問

- (1) 脱ガス設備，LD転炉，連続鑄造についてどう考えるか。

(回答) いずれの設備も現在ないが，LD転炉，連続鑄造については重要技術と考える．現在の平炉を転炉にリプレースした場合，土地に余裕があるので連続鑄造設備を設置する考えである．時期は未定。

ソ連側質問

- (1) 日本における自動車鋼板用鋼塊の造塊法はどのような方法であるか。

(回答) 製造条件は一様ではないがほぼ次のようである．リムド鋼は大半上注ぎ，キルド鋼は連鑄50%下注ぎ 50% ぐらいである。

- (2) スライディング・ノルズの使用状況と耐用度は

?

(回答) スライディング・ノルズを多数使用しており，スライド式とNKロータリー式がある．ロータリー式の耐用回数は4回で他のものより寿命は長い。

- (3) 日本には高炉の出銑極材に非常によいものが開発されていると聞いているが，どんなものか。

(回答) 話は聞いているが内容はよくわからない。

- (4) 日本における底吹転炉の実情はどうか。

(回答) 日本では川崎製鉄が最初に設備し，1977年春にスタートする予定である。

- (5) プラネタリー・ミルの使用と用途は？

(回答) 詳しくはわからない。

- (6) Cr-Al およびプラスチックコーティングの生産現状は？

(回答) 詳しくはわからない。

以上，熱心な質疑がわかされたが，今回の使節団員の職責，専攻からいつて責任ある回答のできなかつた面がある。(石黒守幸，小田光雄)

ドニエプロ特殊鋼工場

(Dneprospetsstal Electric Steel Works)

所在地：ザポロジエ市

訪問日時：5月26日(月) 14°30'~17°00'

応待者：ステツェンコ (N. V. STETSENKO, 技術長兼工場長代理)，クルガノフ (ESR 工場長)，ポポフ (中央研究所室長)，シャミリー (溶解担当副技師長)，ヨッフエ (技術部長)，ハウフターミュ (圧延技師長)，ラコムスキー (V. LAKOMSKY, 特殊鋼科学研究所副所長)，ムリー (同上，試験室長)，プリホーチカ (情報センター) の諸氏。

1. 沿 革

ドニエプル川の水力発電所からの安価な電力の利用を目的として 1932 年に建設された電気炉製鋼工場であつて，最初主に工具鋼の生産を行なつていた．第2次世界大戦の際にほとんど完全に破壊されたが，1948年に再び操業を開始して今日に至つている．スクラップ及び合金鉄を原料とする電気炉製鋼，及びその鋼塊の圧延鍛造，更にその熱処理や二次加工を主体とするソ連の代表的な特殊鋼メーカーである。

2. 工場概要

粗鋼生産量	150万 t/年
従 業 員	12500 人 (研究所 400人)
製 造 鋼 種	構造用合金鋼，ステンレス鋼，軸受鋼，工具鋼，ばね鋼，耐酸鋼，変圧器用鋼，快削鋼などの特殊鋼およびその他の合金，約 450 種類
製 品	熱間圧延鋼材 (サイズは約 600 種類；8~220 mm 丸棒鋼，8~250 mm 角棒鋼，平鋼，特殊型鋼)

冷間引抜鋼材

鍛鋼（高合金構造用鋼，ステンレス鋼，工具鋼及び合金；40～180 mm 丸あるいは角棒鋼，平鋼，ワッシャー，立方体など）

高合金鋳物

ステンレス刃物および食器（相当量が輸出されている）

溶解炉 アーク炉，ESR炉，VAR炉

普通鋼塊 最大 15 t，3.5 t が最も多い。

ESR鋼塊 0.7～4.5 t，丸あるいは角；ただしスラブの場合は 9～13 t（ステンレス鋼のESRスラブ・インゴットを隣接のザポロジェ製鉄所に供給している）

VAR鋼塊 0.7～6.0 t

分塊圧延機 950 mm

圧延工場においては，ビレットや棒鋼の切断，矯正，疵取り，酸洗などの自動化あるいは機械化が重点的に行なわれている様である。

ザポロジェ市内には電極，耐火物及び合金鉄の製造工場，更に自動車製造工場も存在する。

3. 見学の内容

第3製鋼工場及びESR工場を見学した。

(1) 第3製鋼工場は中程度の難しさの特殊鋼を溶製する工場であつて，主な溶製鋼種は軸受鋼，ばね鋼，構造用合金鋼である。50 t アーク炉（装入60 t）7基を有し，それによる粗鋼生産量は70万t/年である。別に合成スラグ溶解用アーク炉1基を有する。アーク炉は炉体引出し式，電気容量18～25MVA，外殻径5800 mm，電極径500 mm，塩基性内張（天井もマグネシヤ），スターラー付きである。銑鉄配合15%で溶解期時間2時間20分，tap to tapの平均時間は4時間40分であり，還元期は白滓仕上げが多い。取鍋耐火物はシャモットである。第3製鋼工場の真空排気系はメカニカルポンプ（排気速度1500 l/min）であり，それを用いて Vacuum-slag-refining（後述）を行なっている。3.5 t 鋼塊下注（4本立または6本立）が普通である。頭部保温や発熱性銑型内添加剤（前記の鑄造問題研究所の項参照）に対する関心が高い。

雑誌 Steel in USSR などにはしばしば発表されてきた「取鍋内合成スラグ精錬」に関しては引続き研究開発が行なわれており，下記の様な成果を上げてきたようである。

(a) アーク炉還元期の短縮により生産性が10%増大した。

(b) 高度の脱硫が可能になった。

(c) 真空精錬を行なわないで鋼の機械的性質を高めることができた。

(d) 真空中で合成スラグ精錬を行なう方法（Vacu-

um-slag-refining）を開発した。

(e) 合成スラグの組成に関する研究を行ない，経済性の高いものを見出した。

前述した合成スラグ溶解炉は，製鋼用50 t アーク炉を改造したものである。炉のライニングにはクロマグが用いられている。溶解は連続的に行ない，その能力は25 t/hrである。スラグはCaO-Al₂O₃系であつてその組成(%)の一例を次に示す。

CaO 50～57，Al₂O₃ 38～44，SiO₂ ≤3，FeO ≤1，MgO ≤3，TiO₂ ≤1.5

熔融スラグは1670～1730°Cまで加熱される。

この様にして得られた熔融スラグを用いて取鍋精錬が行なわれる。先方の話では，われわれが翌27日に来所すれば Vacuum-slag-refining 操業の見学ができる様に準備しておられたそうであるが，訪問スケジュール変更のため不可能となり残念であつた。この方法の概略を図1に示す。50 t アーク炉で溶解した被処理溶鋼を受鋼取

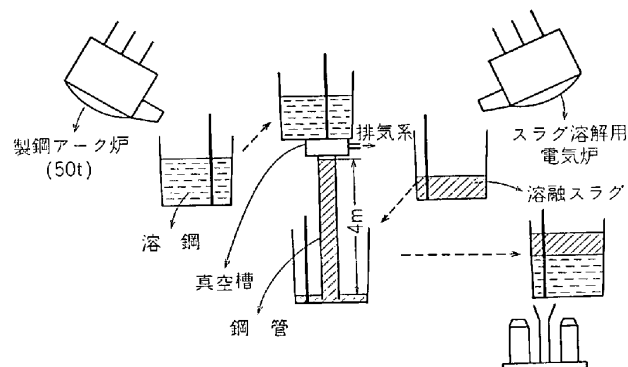


図1 Vacuum-slag-refining 法原理図

鍋に受け，それを小型の真空槽の上に気密ジョイントを用いてセットする。真空槽に接続されている排気系は，前述したメカニカルポンプ（1500 l/min）であり，真空槽内部は耐火物によつて内張りされている。一方，スラグ溶解炉から熔融スラグを第2取鍋に出荷し，台車を用いてそれを真空槽の直下に移動する。続いて油圧によりそれを上昇させ，真空槽の底面から下方に伸びている鋼管（長さ約4000 mm，径約500 mm）の下端を熔融スラグ層に浸漬する。次に真空槽内部及びそれに通ずる鋼管内部を排気する。熔融スラグは吸引されて鋼管内を約4 m上昇するが，その上端が真空槽の底面近くまでくる様にしてある。更に排気を続けながら受鋼取鍋のノズル（径60 mm）を開くと，溶鋼は次々に真空槽内に流入し流動化してある程度脱ガスされ，引続きその熔融鋼滴が鋼管内の長い熔融スラグ柱（鋼管内壁に沿つて比較的薄い凝固スラグ層が生じている）の中を次々に落下してスラグ-メタル反応が充分進行する。この様にして精錬された溶鋼は第2取鍋の中に溜る。次にこれを鑄込んで鋼塊にする。この方法によつて脱硫は0.008%から0.001%まで，脱酸は約10ppmまで進行し，又Hも問題を生

じない含有量まで低下するという。

本工場ではこの Vacuum-slag-refining を現在年間 10 万 t 程度実施しており、その結果、ASEA-SKF プロセスなどを導入する必要はないと思つているとの事であつた。この方法の研究開発はまず 50 kg, 次に 8 t の規模で行なわれ、その後 50 t へのスケールアップが行なわれた。

(2) ESR 工場では約 100m の長さの建屋の中に 2 t 炉 2 基, 4 t 炉 10 基, 13 t 炉 2 基, 計 14 基の交流 (50Hz) ESR 炉が並んでいた。軸受鋼, ステンレス鋼, その他の合金鋼約 50 種類を溶製している。3 t 以上の場合には Hot start を行なう。13 t 炉によるステンレス鋼スラブ・インゴットの溶製の場合には, 2 枚のスラブ電極を用いて Bifilar 操業を行なつていた。Hot start と Bifilar の技術は当工場が開発されたそうである。自動制御には力が払われているという印象を受けた。

操業条件は鋼種やインゴット・サイズによつて異なるが、一般的な傾向は下記のごとくである。

スラグ ANF 6 が多い。

スラグ量 平均 5 %

スラグスキンの厚さ 1~3 mm

Fill ratio 0.6 程度

2 次電圧 47~94V (ただし 94V はスタート時)

2 次電流 2~4 t 炉 1500A_{max.}, 13 t スラブ炉 3000A_{max.}

溶解速度 1400~1800 kg/hr

溶解雰囲気 大気あるいはアルゴン

なお、消耗電極は製鋼工場においてセミ連鑄機によつて製造することが多いとのことであるが、それを見ることはできなかつた。

見学終了後、ザポロジエ製鉄所同様ソ連側から熱心な質疑を受けた。

(質問) 日本における鋼塊肌に関する技術の現状

(回答) 現在最も一般的に用いられるのは、注型時に鑄型内に被覆材を添加する方法である。被覆材の主原料はフライアッシュである。

(質問) 日本における注型時の湯上り速度

(回答) 本工場で使用している様なサイズの鋼塊の場合は、300 mm/min 程度である。

(質問) 日本における特殊鋼鋼塊の押湯の重量

(回答) 鋼塊サイズ、鋼種、押湯保温の方法により異なるが、一般に 5~20% の範囲内にある。

(質問) 種々の炉外真空処理法の中、どれが最も望ましいと思うか。

(回答) 日本では一般に次の様に使い分けている。

すなわち、一貫メーカーは普通鋼の真空精錬用として主に DH あるいは RH を用いており、代表的な適用鋼種は厚板用鋼、深絞り用鋼、珪素鋼などである。又特殊鋼メーカーは、流滴脱ガス法、出鋼脱ガス法などによつて

大型鍛造用鋼塊を製造したり、DH, RH, 取鍋脱ガス法などを用いて軸受鋼やステンレス鋼などを製造している。

4. 所 感

日ソ製鋼物理化学合同シンポジウムとしては初めてのソ連の特殊鋼工場の見学であつた。ステツェンコ技師長をはじめ関係者が熱心かつフランクにわれわれを応待して下さつたことに感謝している。ドニエプロ特殊鋼工場の技術の基礎にはもちろんパトン電気溶接研究所や鑄造問題研究所などにおける研究開発の力が存在するのであろうが、工場における実用化の段階において更にユニークな開発が行なわれているらしい。又、いつたん実用化した技術でもなお引続き研究開発の対象とし、それを改良し発展させて新しい Needs に応えようとする意欲が旺盛であると感じた。広々としたウクライナの原野を悠々と流れるドニエプル川のほとりで、まさにその自然のごとく育つてきた様に思われるドニエプロ特殊鋼のその将来には関心が持たれる。(梶山太郎, 江島彬夫)

グルジア共和国科学アカデミー冶金研究所

(Institute of Metallurgy, Academy of Sciences of Georgian SSR)

所在地: 15 Pavlov st., Tbilisi 380042 Georgian SSR, USSR

訪問日時: 5 月 28 日 (水) 10°10'~12°35'

応待者: タバツェ所長 (アカデミー会員 Dr. F. TAVADZE), グビリシヤニ (Prof. GVILISHIANI, 製鋼物理化学), デゲボワゼ (Dr. DGEBUADZE, 電熱化学研究室, 主として鉄合金の研究), オクレイ (Prof. Dr. OKLEI (副所長, 圧力成型研究室), シグワ (Dr. T. I. SIGUA 元素および鉄合金の研究, 鉄合金の規格化), バラタシビリ (Dr. BARATASHVILI 冶金物理化学, 脱酸, 脱硫, 窒化の研究), ムシュクディヤニ (MUSHKDIYANI 溶融金属とスラグとの相互関係の研究, この研究室はかつて故サマーリン博士の同僚ムチェドリシヴィリ博士が主宰し, 非金属介在物の研究を行なつていたが, すでに故人となられた。)

1. TAVADZE 所長挨拶要旨

所長の熱心な独演が長時間つづいたが(写真 4), その要旨を以下に記す。

ここ外コーカサス地方は金属製錬に関して非常に古い歴史を持つている。すなわち、銅がこの地方に現われたのは 4500 年前、そして 4000 年前にはすでに鉄が現われている。また当時鋼の精錬も行なわれ、他の銅合金のなかにあつて強い金属として有名であつた。このような歴史が示すように、この国には種々な金属資源、Mn, Fe, 希有金属、非鉄金属や石炭などが豊富に産出する。シベリヤにあるものはすべてここにあるといわれている。とくに Mn は世界最大の規模を有する。このような歴史的、物質的基盤の上にわれわれの研究所は設けられ



写真4 概況説明をするタバゼ所長(正面)
(トビリシ冶金研究所, 坂尾団員による)

ている。したがって当研究所はグルジアに産する資源の利用と開発を目的としている。高品位鉱, 低品位鉱を含め, Mn, Fe, 複合鉱石の処理工程の研究ならびに新技術の開発である。その主なものを列挙すると次のようになる。

(a) 高収率, 非汚染的なクローズドシステムによる製鉄炉の研究

(b) 複合脱酸剤の研究。鋼の脱酸をはやめ, 凝固をはやめるモディフィケーターの研究

高強度インゴットケースの開発を行ない全ソで利用されている。

(c) 型鋼, 鋼板の圧延の研究

(d) 鋼および鉄鉄の連続鋳造の研究。すでに特許申請中のものは形状が小さく, 高さが低く, 鋳造速度が非常に速いものである(8~15m/min)。鋳造速度が圧延速度と同程度になるため連続と圧延とを一貫して行なうことができる。あらゆる鋼種, 合金, 鉄鉄に適用可能である。たとえば Fe-Mn に適用される。鉄鉄に適用した場合, 鋳造材の強度が高くなる利点があり, 地下鉄, 鉱山用支柱などに利用されている。

(e) 古代製鉄研究グループ。ここでの成果の一つに C が 3~5% で, (フェライト+セメンタイト) の白鉄で σ_B が 98~100 kg/mm², 伸びが 5% 位のものが 1 世紀頃に作られていることが判った。しかし, その製法は今なお解明されていない。

(f) 各種金属, 合金の開発。この地方に産出する資源の利用が原則で Fe, Mn, Cr が基礎になつている。

99.998% の電解 Mn の製法を開発し, 全ソ的に行なわれている。

14%Cr, 15%Mn, 0.2%N, 1%Si のステンレス鋼を開発し, 主として板, パイプとして食品, 化学工業に使用されている。

13%Cr, 22%Mn に若干の N を含有する耐低温強靱鋼を開発した。遷移温度は -250°C である。厚板および薄板, パイプ用であるが大量生産はされていない。(GO ST 規格 ChS 36)

13%Cr, 22%Mn, 7%Ni 鋼は -260°C まで使用可能である。これは凝固性がよく, 工場生産性がよく, 圧延性(0.05 mmの板になる), 溶解性にすぐれ, 液化ガス輸送用パイプ, タンクに利用されている。(GOST 規格 ChS 37)

18%Cr, 19~20%Ni のオーステナイト・ステンレス鋼は, 105~120°C で耐 H₂SO₄, 耐 NH₄OH 性がよい。これは EE 943 (28%Ni, 26%Cr, 3%Cu, 3%Mo) の代替鋼種で, EP 667 である。耐食性のほかに耐細菌性(バクテリアの発生を抑える)がよく, 低温特性もすぐれているので食品工業用に適している。

2. 研究所の現況

第3回使節団訪問後の変化を質したが, 研究内容, 人員構成などに大きな変化はないようであるが, 研究所人員は約 500 名, ルスタビに工業化試験基地があり, 連続の研究を行なっている。ゼスタホニには合金工場, パトゥミでは海水侵食, バクテリア腐食などの研究が行なわれ, ウタイシには自動車用鋼板工場がある。

これに関連する日本側の質問に対しては, つぎのような回答があつた。高速連続の速度は 2m/min から 8~15 m/min で, その際のサイズ(断面積)はいろいろである。

前回使節団が訪問した際研究中であつた耐火物を使用しない電気炉は, ゼスタホニの合金工場で採用され順調に稼動している。これは, はじめ開放炉で炉壁のみ内張りなしで出発し, 現在は, 炉壁, 天井とも水冷で高合金鋼にも使用されている。

Cr-Mn 系耐低温鋼用溶接棒は, 専用のものをパトン電気溶接研究所で開発した。従来の溶接法で溶接可能である。

モディフィケーターによる凝固性の改善とは, 脱酸を充分行なうことにより凝固時のガス放出量を減少させることである。

3. 研究室の見学

(a) 溶融金属研究室

Fe と Mn が研究の中心となつている。高炉あるいは電気炉による Fe-Mn の製造の研究を行なうかわら, ISO に積極的に参加している。ISO 132 分科会では日本, ソ連, アメリカ3国の標準を中心に鉄合金などの分析の標準化を行なっている。1973年に当地で国際会議を開き, また昨年ザポロジェでも委員会を開いた。日ソ両国の研究結果がよく一致したため, 日ソ両国の標準を基礎に検討を進めている。その他, 高炉および平炉用装入原料の研究, 鉄鉱石のメタライズド・ペレットの研究を行なっている。

(b) 物理化学研究室

カロリメトリーおよび固体電解質を用いる EMF 法による各種無機化合物, 希土類などの熱力学的性質の測定, 直流アークやイオン衝撃法による耐火金属や酸化物の単結晶の作成, Mn 基溶融合金と合成スラグ間の S 分配の

測定などが行なわれている。

なお、研究所は現在改築工事が行なわれている様子であった。

4. 所 感

当日は冶金研究所訪問のあと、グルジア共和国対外文化友好協会 (Georgian Society for Friendship and Cultural Relations with Foreign Countries) による観迎行事 (グルジア紹介の映画観賞、六世紀頃の古跡の見学など) や研究所主催の民族色豊かな晩餐会など盛だくさんな観迎行事がつづいたため、見学は僅か2研究室のみに限られた。

タバツェ所長が再三強調したように当研究所はこの地方の資源に重点をおいており、グルジア地方は山岳地帯であるためまだ広大な未探査地域があるという話とともに、われわれ生産工学にたずさわるものにとつて大変うらやましく感じたものである。(一瀬英爾, 浅野鋼一)

バイコフ記念冶金研究所

(Institute of Metallurgy imeni A. A. BAIKOV)

所在地: Moscow, Leninsky Prospect, 49

訪問日時: 5月29日(木) 14°30'~18°15'

応待者: サビツキー所長 (E. M. SAVITSKY, Member-Correspondent of the Academy of Science of the USSR), カシン副所長 (V. I. KASHIN), アゲエフ氏 (N. V. AGEEV, Academician, 次回会議のテーマの打合せに出席), リカーリン教授 (N. N. RYKALIN, Academician), フェドトフ氏 (V. P. FEDOTOV).

はじめにサビツキー所長より、5月19日以来今日まで、シンポジウムをはじめ各地の見学の日程が順調に進行したことを喜び、日本使節団の苦勞をねぎらう言葉があつた。これに対して松下団長および田畑専務理事よりそれぞれ、これらはひとえにアゲエフ組織委員長をはじめとするソ連側関係者の配慮によるものであると謝意を表明した。

ついでサビツキー所長より、研究所の概略について説明があつた。日本使節団のこの研究所の訪問は1967~1971年について、これで3回目であり、所長はその都度故サマーリン、アゲエフ、そしてサビツキーと交替しているが、研究所の機構、規模、研究内容は、過去2回以降特に大きな変革はないようであつた。

1. 研究内容

(1) 金属製錬, (2) 金属学, (3) 金属加工の3分野にわかれ, (1) では、新しい製錬プロセスの開発の研究を行ない、1976年から始まる第10次5ヶ年計画では鉍石の総合利用、鉄鋼生産への原子力の利用をテーマとしてとりあげる予定とのことである。(2) では、あらゆる金属およびその合金の物理的、化学的性質、構造などの研究を行なっている。また耐熱、超電導、高延伸、良伝熱、良音波伝導などの特性を有する合金の開発、Cu, Mg, Al, Ni, Ti の合金, W, Mo, Nb, V, Rare earth metal

の合金の研究を行なっている。(3) では、鍛造、圧延などいわゆる加工のほかに、プラズマの応用の研究も行なっている。

2. 研究室の見学

研究所側で、見学予定として準備されていたのは、(1) 金属研究室(カシン副所長指導), (2) プラズマ利用研究室(リカーリン博士指導), (3) 希土類元素研究室(サビツキー博士指導), (4) 鉍石総合利用研究室(レズニェチェンコ博士指導), (5) Ti 合金研究室(カルニエラ博士指導), (6) 強度研究室(イワノフ博士指導)であつたが、時間の都合で結局(1), (2), (3)の各研究室の見学にとどまつた。見学の案内はカシン副所長およびフェドトフの両氏があたつた。以下、研究室ごとに内容を紹介する。

研究室1: レビヤキン博士指導(不在)。コジーナ博士担当(不在)。浮揚溶解装置と質量分析装置(日立製)を組合わせて、各種金属 (Mo, Nb, Zr など) へのガスの溶解、鋼の脱炭反応などの研究を行なっている。

研究室2: アペーリン博士指導(不在)。クズネツォフ博士説明。固体電解質の応用としてつぎの研究を行なっている。(1) 起電力補償法による熔融金属中の酸素活量の測定, (2) 真空脱ガスのガス分析, (3) エレクトロ・ケミカル脱酸。(1)は標準極の酸素分圧を H_2-H_2O 混合ガスの組成を自動的に変えて、つねに起電力をゼロにするように補償する方法で、電解質の輸率には制限を受けないところが特徴である。アルミナは強度、価格の点で最適である。装置、方法について米、仏の特許をとり、日本でも申請中とのことである。(2)は真空脱ガスにおけるCOの組成と起電力が対応することから、脱ガス状況の判定に利用することを考え、すでにツーラ工場で工業的規模の装置に使用中とのことである。(3)は現在検討中である。

研究室3: カシン副所長およびフェドトフ氏指導。金属中のO, Nの分析; ストレーラインの装置、性能は50個/7時間、再現性は $\pm 5 \times 10^{-4}\%$ O, $\pm 2 \times 10^{-4}\%$ N。金属中のHの分析; ストレーラインの装置、抽出温度は最高1200°C, 通常800~900°C。これらの装置を女性2名で操作。

研究室4: カシン副所長指導。(1) エレクトロン・ビーム溶解装置; 研究所自製のもので5~7kgの鋼溶解可能, 20kV, 15kW。難溶融性金属の溶解、脱ガスによる精製に作用。(2) 熔融金属におけるC-O反応に及ぼすプラズマの作用; チェルカソフ博士担当。(3) 熔融金属とN₂との反応におよぼすプラズマの作用; スクリニチェンコ技師担当、研究結果の一部は、第3回(1971年)のモスクウにおける日ソ合同シンポジウム³⁾で報告されている。

研究室5: 鋼の減圧脱ガス。ノビック博士, カッツォフ博士担当(いずれも不在)。ルクチン博士説明。研究結

果の一部は第3回シンポジウム³⁾で報告。大量の鋼を0.5 mmHgで10分間脱ガスして20~30ppm $\underline{O}$ になり、製品の深絞り鋼板の歩留りは100%とのことである。連铸材への応用として20~50ppm $\underline{C}$ 、15~20ppm $\underline{O}$ の鋼をチェレポベツ製鉄所で製造している。

研究室6：非金属介在物。チェルカソフ博士説明。製錬過程中的の介在物をコッホの装置により抽出し、ウッド合金にうめこんでEPMAにより介在物の変化を調べている。

研究室7：金属中のガス。ブルツェフ博士説明。(1) 金属中のガスの分析；ソ連製ガスアナライザー(S-911型)、Al~W中の $\underline{O}$ 、 $\underline{H}$ の分析、再現性は $\pm 10\text{ppm}\underline{O}$ 、 $\pm 1\text{ppm}\underline{H}$ 。サービス分析も引受けている。新しい型の分析装置は、質量分析計を組入れ自動化されているとのことである。(2) 放射化分析およびその応用； $\underline{O}_2$ のRIを用いFe、Co、Niについて $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\underline{C} \rightarrow 3\text{CO} + 2\text{Al}$ 反応によるCO放出速度を測定した。(3) バイツァーの装置；Fe-C-O系からCOを除去する方法を研究した。

研究室8：難溶融性金属の単結晶の製造。サビツキー所長指導、説明。低温プラズマを利用した自製の単結晶製造装置が1号から3号機まである。1号機では原料に針金を使っているが、逐次改良を重ねて3号機では粉末からの製造が可能で、合金の単結晶を作るのに便利である。5cm ϕ ×50cm、10kgのW、Mo単結晶の製造が可能であり、いずれも展延性が大きく8 μ 程度の箔、線に加工できる。1号機では溶解の実験があつた。3号機はPD-3型と称し、日本の商社から購入の交渉を受けているということである。

研究室9：純金属および合金の単結晶の物性の研究。サビツキー所長指導。ブーロフ博士担当。現在Mo、W、Nb、Ir、Ru、W-Mo、Mo-Rhなどの真空中の仕事関数の測定を行なっている。

研究室10：希土類金属の製造と応用。サビツキー所長指導、説明。周期表のすべての希土類元素について研究している。原料はコーラ半島より産出するアパルタイトを利用。応用として灰銑にCeを4kg/t添加したものは強度、耐摩耗性が2倍に向上する。ウラジミールのトラクター工場では、この材料でクランクシャフト(実物見本あり)をすでに10万台分製造したが破損例はなかったということである。Ytの真空蒸着についても研究している。

研究室11：超電導材料。サビツキー所長指導、説明。Nb-Ti、Ni-Ge、Nb-Thの合金について研究している。Nb-Tiのコイルで作った磁石(直径10cm、長さ15cmくらいの大きさ)は70K・エルステッドの強さを持つ。(普通材料で、これと同じ強さのものをつくると、この部屋くらいの大きさ——100m²程度か——になるとのこと)。部屋の一隅に、この磁石を用いた磁選機の実験装置があつた。磁性の弱い鉱石の磁選、石炭の脱硫など

研究段階ではあるが大変よい成績を納めているということである。

研究室12：プラズマ・アークの応用。Academician リカーリン指導。エローヒン博士共同研究、リカーリン教授説明。研究結果の一部は第3回³⁾および第4回⁴⁾のシンポジウムで報告。この研究室では冶金プロセスに対するプラズマ・ジェットの実用として、溶接、切断、スプレー、溶解、精錬、粉末冶金などについての研究を行なっている。見学した装置は1972年製のプラズマ・アーク炉で170kW、1本のプラズマ、3本の電極、120mm ϕ の鑄型を有し、金属の不純物除去の研究を行なっているものであつた。この装置はパトン電気溶接研究所の3本のプラズマを有するものにくらべて、金属を小規模に溶解したり、種々の組成の合金をつくるのに適しているということである。

以上で見学を打ち切り、所長室にもどつたが時刻は17°50'であつた。所長はじめ見学応対の関係者は誠に熱心で、時間外の見学は異例ということである。(坂尾 弘)

6. 訪問先、シンポジウム開催期間中に入手した資料

一瀬英爾保管資料

- 1) Ю. А. МИНАЕВ: 「СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АДсорбционных характеристик веществ」
(Заводская лаборатория, 1971, No. 6, p. 699/700)
ユ・ア・ミナエフ(モスクワ鉄鋼合金大学): 「物質の吸着特性の決定方法」
工場実験室: 1971, No. 6, p. 699/700
- 2) Ю. А. МИНАЕВ, Ю. И. УТОЧКИН, В. А. ЗРИГОРЯН: 「ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ НА ПОВЕДЕНИЕ ПРОДУКТОВ РАСКИСЛЕНИЯ СТАЛИ」
Изв. АН СССР, Металлы, 1971, No. 6, p. 15/19
ユ・ア・ミナエフ, ユ・イ・ウトチキン, ヴェ・ア・グリゴリヤン: 「鋼の脱酸生成物の挙動に対する濃度場の影響」
Izv. Akad. Nauk SSSR, Metally 1971, No. 6, p. 15/19
- 3) Ю. А. МИНАЕВ: 「К ЭФФЕКТУ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ЧАСТИЦЫ В КОНЦЕНТРАЦИОННОМ ПОЛЕ」
Ж. ФИЗ. ХИМИИ, 43 (1969), No. 9, p. 2379/2380
ユ・ア・ミナエフ: 「濃度場における粒子の速度変化の効果について」
J. Fyz. Chem., 43 (1969), No. 9, p. 2379/2380

- 4) Ю. А. МИНАЕВ: 「ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИОННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ РАСПЛАВА НА ДВИЖЕНИЕ МАКРОЧАСТИЦ」
АН СССР ИМЕТ "Физико-Химические Основы Производства Стали" Москва, (1971),
p. 240/242
ユ・ア・ミナエフ: 「溶融金属の濃度の不均一性がマクロ粒子の運動に与える影響」
会属学研究所 "鋼生産における物理化学的基礎",
(1971), p. 240/242
- 5) В. Т. БУРЦЕВ, Р. А. КАРАСЕВ, А. М. САМАРИН: 「ДАВЛЕНИЕ ПАРА СЕРЫ НАД РАСПЛАВАМИ ЖЕЛЕЗО-СЕРА」
Изв. АН СССР, ОТН. Металлургия и топливо, 1962, No. 2, p. 42/48
ヴェ・テ・ブルツェフ, エル・ア・カラシヨフ,
ア・エム・サマーリン: 「溶融 Fe-S 合金上の S 蒸気の圧力」 Izv. Akad. Nauk SSSR OTN Metall. and Toplivo 1962, No. 2, p. 42/48
- 6) В. Т. БУРЦЕВ, Р. А. КАРАСЕВ, А. М. САМАРИН: 「МЕХАНИЗМ ИСПАРЕНИЯ И ДАВЛЕНИЕ ПАРА СЕРЫ НАД РАСПЛАВАМИ ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОД-СЕРА」
Изв. АН СССР, ОТН, Металлургия и Топливо, 1962, No. 6, p. 32/36
ヴェ・テ・ブルツェフ, エル・ア・カラシヨフ,
ア・エム・サマーリン: 「溶融 Fe-C-S 合金の S の蒸気圧と蒸発機構」
Izv. Akad. Nauk SSSR, OTN, Metall. and Toplivo, 1962, No. 6, p. 32/36
- 7) В. Т. БУРЦЕВ, Ю. И. КОРЕМАН, А. М. САМАРИН: 「КИНЕТИКА УДАЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ СЕРЫ ПРИ ВАКУУМИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ РАСПЛАВОВ」 Изв. АН СССР, Металлургия и Горное Дело, 1964, No. 3, p. 58/62
ヴェ・テ・ブルツェフ, ユ・イ・コルプマン, ア・エム・サマーリン: 「溶融 Fe-C 合金の真空下における S 化合物の除去の機構」
Izv. Akad. Nauk SSSR, Metall. and Gor. Delo, 1964, No. 3, p. 58/62
- 8) В. Т. БУРЦЕВ, В. И. КАШИН: 「УДАЛЕНИЕ ОКИСИ УГЛЕРОДА ИЗ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ РАСПЛАВОВ В ВАКУУМЕ」
Металлы, 1974, No. 6, p. 16/19
ヴェ・テ・ブルツェフ, ヴェ・イ・カシン: 「真空下における Fe-C 合金からの CO の除去」
金属, 1974, No. 6, p. 16/19
- 9) В. Т. БУРЦЕВ, В. И. КАШИН: 「ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УГЛЕРОДА И КИСЛОРОДА В РАСПЛАВАХ ЖЕЛЕЗА, КОБАЛЬТА И НИКЕЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРЦИАЛЬНЫХ ДАВЛЕНИЯХ ОКИСИ УГЛЕРОДА」
Ж. СТАЛЬ, 1974, No. 7, p. 603/608
ヴェ・テ・ブルツェフ, ヴェ・イ・カシン: 「種々の CO 分圧下における Fe-Co-Ni 合金中の C と O との反応」
スチール誌, 1974, No. 7, p. 603/608
DONETSK SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF FERROUS METALLURGY: 「NEW TECHNIQUE OF STEEL RESEARCH IN THE LADLE WITH THE AID OF SELF-LUXING MIXTURES」
眉山太郎保管資料
А. А. ЕРОХИН: 「ПЛАЗМЕННО-ДУГОВАЯ ПЛАВКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ」
"Физико-Химические Процессы" (1975)
А・А・Ерохин: 「金属および合金のプラズマアーク溶解」
"物理化学プロセス"
(Prof. N. N. Rykalin 寄贈)
- 鈴木是明保管資料
- 1) А. Ю. ПОЛЯКОВ, В. М. ПОБЕГАЙЛО, А. В. ПАНОВ: 「ВЛИЯНИЕ НИКЕЛЯ НА СООТНОШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ХРОМА И УГЛЕРОДА В СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ВАННЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ」
Изв. АН СССР, Металлы, 1973, No. 6, p. 21/24
А・ユ・ポリャコフ, ヴェ・エム・ポベガイロ,
А・ヴェ・パノフ: 「不銹鋼製造時の鋼浴中における Cr と C の濃度関係に及ぼす Ni の影響」
Izv. Akad. Nauk SSSR Metally, 1973, No. 6, p. 21/24
- 2) А. М. САМАРИН, А. Ю. ПОЛЯКОВ, В. М. ПОБЕГАЙЛО: 「РАЗРАБОТКА ОСНОВ ПРОЦЕССА ВЫПЛАВКИ НЕРЖАВЕЮЩИХ И НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ ХРОМИСТЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ В КИСЛОРОДНОМ КОНВЕРТЕТЕ」
Изв. АН СССР. Металлы, 1970, No. 6, p. 21/26
А・エム・サマーリン, А・ユ・ポリャコフ, ヴェ・エム・ポベガイロ: 「酸素コンバーターによる構造用低炭素クロム不銹鋼精錬過程の基礎に関する研究」 Izv. Akad. Nauk SSSR Metally, 1970, No. 6, p. 21/26

松下幸雄保管資料

- 1) В. И. ЯВОЙСКИЙ, Г. А. ДОРОФЕЕВ, И. Л. ПОВХ: «ТЕОРИЯ ПРОДУВКИ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ВАННЫ»
Москва «МЕТАЛЛУРГИЯ» 1974
ヴェ・イ・ヤボイスキー, ゲ・ア・ドロフェエフ, イ・エリ・ポプフ: 「鋼浴吹錬の理論」
モスクワ《メタルギヤ》1974, p. 494
(Prof. V. I. Yavoisky 寄贈)
以下はバイコフ記念冶金研究所関係
- 2) Е. М. САВИЦКИЙ: «ФИЗИКО-ХИМИЯ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ»
Москва «НАУКА» 1972
エ・エム・サヴィツキー: “稀有金属の物理化学”
モスクワ《ナウカ》1972, p. 227
- 3) Е. М. САВИЦКИЙ, Г. С. БУРХАНОВ: «МОНОКРИСТАЛЛЫ ТУГОПЛАВКИХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ»
Москва «НАУКА» 1972
エ・エム・サヴィツキー, ゲ・エス・ブルハノフ: 「難溶稀有金属および合金の単結晶」
モスクワ《ナウカ》1972, p. 259
- 4) ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ им. А. А. БАЙКОВА: «РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ, СПЛАВЫ И СОЕДИНЕНИЯ»
Москва «НАУКА» 1973
バイコフ記念冶金研究所編 “稀土類金属, 合金および化合物” モスクワ《ナウカ》1973, p. 355
- 5) Е. М. САВИЦКИЙ: «УСТАНОВКА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ» (МОНОКРИСТАЛЛ ПД-3)
Москва, 1972
エ・エム・サヴィツキー: “難溶金属の単結晶作成のための装置” モスクワ, 1972, p. 4
- 6) Е. М. САВИЦКИЙ: «ПРОБЛЕМА ПРОГНОЗА НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ»
Вестник АН СССР, 1975, No. 1, p. 33/42
エ・エム・サヴィツキー: 「電子計算機による無機化合物の予測の諸問題」
Vestnik Akad. Nauk SSSR 1975, No. 1, p. 33/42
- 7) Е. М. САВИЦКИЙ: «ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ»
Москва «НАУКА», 1972
エ・エム・サヴィツキー: “金属学発達の展望”
モスクワ《ナウカ》1972, (128 頁)
- 8) ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ им. БАЙКОВА: «ВАКУУМИРОВАНИЕ СТАЛИ УЛУЧШАЕТ

КАЧЕСТВО АВТОМОБИЛЬНОГО ЛИСТА»
ИНФОРМАЦИЯ 1

Москва «НАУКА» 1970

バイコフ記念冶金研究所編: 「鋼の真空処理は自動車用鋼板の品質を改善する」情報 1

Москва《ナウカ》1970, (10 頁)

以下は, 鑄造問題研究所関係

- 9) В. С. ШУЛЯК: «МЕТОД ЛИТЬЯ ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ ИЗ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА» Киев, 1971
ヴェ・エス・シウリャク: 「発泡ポリスチロール製のガス透過性鋳型を用いた鑄造法」キエフ 1971 (66 頁)
- 10) СОСТАИЛИ: В. А. ЕФИМОВ, В. И. ЛЕГЕНЧУК, В. П. ОСИПОВ, Н. Я. ИШУК, Ю. Г. ХОРУНЖИЙ: «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ И ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ ПРИ ЗАТВЕРДЕВАНИИ СТАЛЬНЫХ СЛИТКОВ»
Киев, 1973
ヴェ・ア・エフィモフ, ヴェ・イ・レゲンチュク, ヴェ・ペ・オシポフ, エヌ・ヤ・イシュク, ユ・ゲ・ホルンダイ編: 「鋼インゴット凝固時の温度場および熱流の測定の実験方法」キエフ, 1973 (26 頁)
- 11) ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЛИТЬЯ АН УССР: «МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СПЛАВОВ»
Киев, 1974
鑄造問題研究所 (ウクライナアカデミナウカ) 編: 「金属学と合金の熱間加工」キエフ, 1974 (178 頁)
- 12) В. А. ЕФИМОВ, В. Б. ВИХЛЯЕВ, Н. Я. ИШУК: «ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ И МАССОПЕРЕНОСА В КРИСТАЛЛИЗУЮЩИХСЯ СЛИТКАХ И ОТЛИВКАХ»
Киев, 1974
ヴェ・ア・エフィモフ, ヴェ・ベ・ヴィフリャエフ, エヌ・ヤ・イシュク: 「凝固したインゴットおよび鋳物における組織形成および物質移動過程の研究」キエフ, 1974, (6 頁)
- 13) ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЛИТЬЯ: «ПРОБЛЕМЫ СТАЛЬНОГО СЛИТКА — ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СТАЛЬНЫХ СЛИТКОВ» ТРУДЫ V КОНФЕРЕНЦИИ ПО СЛИТКУ
Москва «МЕТАЛЛУРГИЯ» 1974
鑄造問題研究所編: 「鋳鋼の諸問題—鋳鋼の凝固における物理化学的および熱物理的プロセス」第5回

インゴット会議論文集, モスクワ《メタルギヤ》
1974 (807 頁)

この他, 団員共通保管資料としてザポロジェ 2 工場の「工場案内」, 「パトン電気溶接研究所の紹介」などがある。

7. ま と め

以上で本報告を終えるが, このシンポジウムも出場幸雄, 不破祐, 盛利貞, 田畑新太郎各氏, および多くの関係各位の 8 年をこえる尽力によつて定着した観があり, ソ連側では故サマーリン, 現アゲエフ氏と最高責任者の交替もあつたが, 一貫して両国間学者, 研究者の学術交流に努められた姿勢をたかく評価し, われわれ一同感謝してやまない次第である。1977年に予定される第 6 回シンポジウムは創設 10 周年に当たることでもあり, さらに有意義な企画運営を期待している。

今回の発表論文に付言すると, 主題は「鋼中非金属介在物と鋼質」に要約され, サブテーマを大別 4 領域に限っているので焦点も絞られ, 吉田進氏はじめソ連側庶務担当者のなかだちで友好かつ活発な討論を展開できたことは大変よろこばしい。論文そのものの質においても, 双方相当高度であり, すでに指摘したとおり注目すべき考え方, 方法論, 新技術開発などを理解して頂けるものと思う。

シンポジウム後の見学日程では, 一部止むを得ない理由で圧縮され心残りの面もあつたが, おおむね順調に消化され新しい知見を得ることができた。いずれの訪問先においても, これまたすでに述べたように心からの歓迎

を受けた。あえて付言すれば, 見学地域がさらに拡大され, また訪問先にバラエティーがあると双方の学術交流に一層貢献するものと考ええる。なお, ザポロジェの 2 工場ではわが国の鉄鋼技術に質問が殺到したが, 既発表の欧文文献リストでも持つていれば, なお一層適確な対応ができたものと反省し, 1979年に予定される学術使節団への申送りとしたい。

ここに再び, シンポジウム組織委員長アゲエフ科学アカデミー会員他各委員および関係各位に深甚の謝意を表するとともに, 日本側では準備委員会の顧問各位, 本シンポジウム開催にご協力頂いた関係各社および日本鉄鋼協会事務局関係者各位に厚く感謝する。

文 献

- 1) 日本鉄鋼協会: 日ソ製鋼物理化学シンポジウム論文集(1967), 特別報告書, No. 7
- 2) The Iron and Steel Institute of Japan: The 2nd Japan-USSR Joint Symposium on Physical Chemistry of Metallurgical Processes (1969), Special Report No. 10
- 3) ibid: The 3rd Japan-USSR Joint Symposium on Physical Chemistry of Metallurgical Processes (1971), Special Report No. 16
- 4) ibid: The 4th Japan-USSR Joint Symposium on Physical Chemistry of metallurgical Processes (1973), Special Report No. 19
- 5) 日本鉄鋼協会訪ソ学術使節団: 鉄と鋼, 58(1972) p. 1333
- 6) 日ソ合同シンポジウム準備委員会: 鉄と鋼, 60 (1974) 1, p. 134