

報 告

第 4 回 ICVM 国際シンポジウム会議報告*

第 4 回 ICVM 国際会議実行委員会

Report of 4th International Conference on Vacuum

Executive Committee of the 4th ICVM Symposium

第 4 回真空冶金国際会議 (4th ICVM) は日本鉄鋼協会, 日本金属学会, 日本真空協会の共催により, 1973年 6 月 4 日(月)~8 日(金)の 5 日間にわたり, 東京, 経団連会館で開催された。参加者は海外より約 85 名, 国内約 200 名であり, 発表論文数は 4 篇の特別講演, 7 篇の招待講演を含め, 全部で 74 篇であり, これを 8 section に分類し, 1 会場で順次発表された。会議全体の模様は鉄鋼協会記事 (鉄と鋼, 59(1973), No 9) に記載されているので, ここでは主として講演について section 別に略述することにする。

特別講演

本国際会議の実行委員長である斎藤教授, ソ連の Morozov 教授, 西独の Wahlster 博士, 米国の Bunshah 教授により, それぞれ特別講演が行なわれた。

斎藤教授は, 溶融鉄合金のガス吸収およびガス放出に関して講演し, ガスの溶解度に対する統計力学的考察およびガス吸収, 放出速度に対する律速段階について, 主としてわが国の研究結果に基づき解説された。

Morozov 教授は真空マーク再溶解 (VAR) による合金の構造, 性質に及ぼす影響について講演した。ソ連では高級構造用鋼の製造のため VA 炉はますます大型化される傾向にある。酸化物系介在物は電極作製時の脱酸方法に依存すること, 偏析が電極下の磁場によつて影響されることを指摘した。また実例をもつて高張力構造用鋼の製造に VAR が適していることを示し, さらに問題点として VAR によるメタルの蒸発ロスについて言及した。

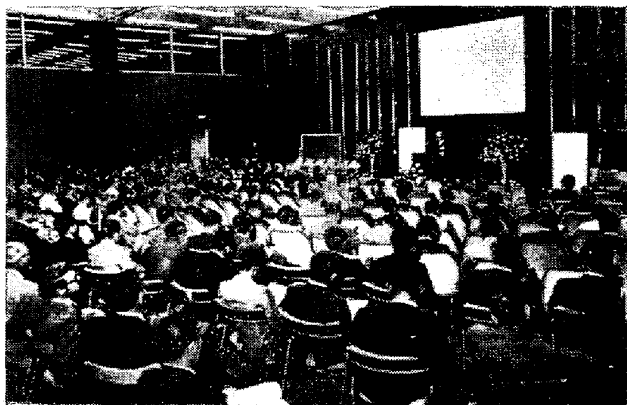
Wahlster 博士は製鋼における真空処理と再溶解法の得失について論じた。溶鋼の真空処理は脱ガス, 均質化などに有効であるが, ある限度がある。他方, 再溶解法は凝固時の精製効果を期待でき, とくに電子ビーム溶解 (EBR), AVR, ESR は注目に値する。真空を利用する EBR, AVR では, ガス成分, Mnなどが飛びやすく, スラゲ-メタル反応がある ESR では O, S が抜ける。これらの再溶解法を用いると鋼塊の偏析は少くなり, 良好な鋼塊が得られる。再溶解法は今後ますます採用されるであろうが, 各方法の特徴と限界を十分明らかにしてお

く必要があり, また選択基準として経済性について考慮する必要があることを述べた。

Bunshah 教授は金属, 合金, 化合物の高速蒸着について講演した。高速蒸着はシート, パイプのような self-supported (そのもの自身で形状を保ち, 下地によつて支える必要がない) なもの, および表面の被覆に工業的に用いられるようになり, 蒸着物の高純度, 微細な結晶粒, 下地との密着性, 表面仕上りの良さという特長をもっている。ここで高速 (high rate) というのは工業的な意味だけでなく, 残留ガスの混入を避けるうえでも効果がある。蒸着速度を増すためには蒸着物の蒸発速度を大きくする必要があり, このため蒸発面積を広くし, 蒸発温度を高くすることが要求される。蒸発過程では成分の蒸留効果を伴うため, 不純物の分離に利点を示すが, 合金の蒸着においては組成の変動を伴うこととなる。多重蒸発源をもつ装置がこのために開発されているが, 単一蒸発源でも 5000 倍程度の蒸気圧の差違は実用的に克服できる。セラミックの蒸着の場合, 雰囲気と反応させながら蒸着させる方法が良い。蒸着膜の性質は基板温度によつて大きく左右されることが判明し, 基板温度の適切な制御により, 優れた性質をもつ蒸着物を得ることができると。このように蒸着による新材料の開発は今後の重要な課題であることが力説され, 蒸着法によつて作つた各種のシートを実例として提示された。

Section 1 Physical Chemistry of Vacuum Metallurgy

Section 1 では招待講演と一般講演 8 篇が発表された。招待講演をされた IRSID の Olette 博士は鉄鋼の真空溶解に関し, 蒸留, suboxide のような揮発性化合物, 炭素による脱酸について, 従来の諸家の研究結果を整理して講演された。一般の講演では質量分析計による蒸気圧, 活量, 蒸発分子種などに関する報告 (2 篇), 真空下での溶鉄と酸化物間の界面現象に関する報告, 減圧下でのガス気泡の生長に関する理論と脱ガスへの適用, 不活性ガス吹込みによる溶鋼の脱ガス現象, 脱炭反応の解析, 水素, 窒素の減圧下での溶解速度, 減圧下でのステンレス鋼の脱炭反応などについて講演が行なわれた。結局, こ



シンポジウム会場 (経団連会館国際会議場)



ダイカッション風景

の section は真空冶金の基礎というより、むしろ section 2 で取扱う鉄鋼関係の物理化学という色彩が強かった。

Section 2 Vacuum Melting and Refining Processes

この section で鉄鋼製錬関係の論文がほとんど消化された。論文数がかかなり多く、論文内容に従って以下の 3 sub-section に分類して発表された。

Section 2-1 Vacuum Treatment of Stainless Steel (5 篇)

Section 2-2 Degassing of Steel (4 篇)

Section 2-3 Special Melting and Refining (10 篇)

招待講演は Moscow Steel and Alloys Institute の Javoisky 教授が行ない、真空溶解時の脱ガスと蒸発過程について講演された。脱ガスと蒸発の速度は溶湯の攪拌状況、残留ガス圧、表面活性成分の有無によつて左右される。多孔質プラグを通して溶湯へガスを吹込む効果は、吹込むガスの種類によつて異なり、Ar-プロパン混合ガスで脱窒の好結果が得られた。蒸発速度は残留ガス圧およびガスの種類によつて異なり、また短時間処理では蒸発速度が、長時間処理では溶湯中の拡散が影響し、さらに表面活性成分が存在すると拡散律速になることなどを述べた。

Section 2-1 ではステンレス鋼の脱窒および減圧下の

酸素吹きによる脱窒に関する報告(3 篇)、真空脱硫に関する報告、溶鋼の真空処理による高級鋼の性質向上についての報告などが発表された。

Section 2-2 では DH 脱ガスによる水素除去の解析、RH 処理による非金属介在物の低減、真空アーク脱ガスの半連続化による熱効率の改善、真空取鍋処理における攪拌が脱酸速度に及ぼす影響などについて研究発表がなされた。

Section 2-3 では misch metal を用い Ar 溶解によつて脱硫を行なうという報告、VAR の鑄塊の偏析についてメタルプールの攪拌条件を変えて偏析の原因を調べた報告、高 Cr 鋼の EB 溶解による精製効果の報告、プラズマアーク溶解における鋼の脱酸、脱硫の動力学的解析、プラズマ誘導炉による Ni 基合金の脱水素、脱酸、脱硫に関する報告、プラズマトーチによるスクラップ溶解に対するシミュレーションと高合金鋼の溶解結果の報告、ドイツ民主共和国の製鋼において特殊溶解の占める位置についての報告などがなされた。

以上のように section 2 では鉄鋼製錬に対する真空の適用について、その現状の解析ならびに特殊溶解などによる新しい精錬技術の試みが発表され、活潑な討論とともに将来の発展に対し寄与をなしたものと考えられる。

Section 3 Process Metallurgy in Vacuum

Section 3 では非鉄金属の真空製錬がとり挙げられた。この section では西独、Lurgi Chemie und Hüttentechnik GmbH の Krüger 博士の招待講演のほか 7 篇の報告が寄せられた。Krüger 博士は非鉄製錬における真空適用の代表例として、粗鉛の脱亜鉛ならびに高融点金属の還元、精製をとり挙げて解説された。一般講演は DC プラズマアークを用いた Nb_2O_5 , Al_2O_3 の炭素還元ならびに鉄鉱石の Ar- H_2 還元に関する報告、真空タンマン炉を用いた Nb-Nb₂C-NbO 系の平衡 CO 分圧の測定および Nb_2O_5 -WO₃ 固溶体から Nb-W 合金を作る実験の報告、ハロゲン化物の金属による真空中での還元についての報告、Mg および Mg 合金中の水素の溶解度に関する報告、Al および Al 合金の連続真空精製に関する研究室的規模実験の報告、複雑硫化鉄の真空中での分解に関する熱力学、動力学および工業的連続精製装置の操業成果の紹介、ISP 法で生じる Zn の連続蒸留の操業に関する報告などがなされた。

非鉄製錬は対象が広いだけ、真空技術の適用の形も多様であり、一概に論ずることは困難である。この section の発表論文をみても、相互の関連や学問的水準に不十分なところはあるにしても、新しいプロセスに真空を応用する試みに大きな関心が寄せられていることが感じられる。基本的原理や技術には、鉄と非鉄の区別はない訳で本 ICVM において鉄、非鉄双方の研究者、技術者が意見を交換しえたことは有意義なことであつた。

Section 7 Vacuum Equipment for Metallurgical Processes

Section 7 では Liechtenstein, Balzers の Winkler 博士の招待講演と 2 篇の報告が発表された。Winkler 博士は真空冶金の領域で用いられる排気装置を、使用目的に従って分類し、それぞれの装置の特色を明らかにするとともに、経済性の観点からも真空装置の選択基準を示した。続いて Top of the Mold 型の VA 炉による Ta, Ti および Ti 合金の溶解に関する報告、大口徑の可撓配管の設計とその top-degasing への応用についての報告があつた。

Section 8 Welding, Casting and Mechanical Working under Vacuum

この section ではソ連論文の cancell があり、welding 関係は阪大、荒田教授の招待講演のみとなり、ほかに Casting 関係 5 篇、Mechanical Working 関係 1 篇が発表された。荒田教授は高エネルギー密度の電子ビーム溶接について、その特性、冶金上の問題—spiking, porosity, cracking など—につき教授の仕事を中心にして詳述された。一般講演は zircaloy の真空下での double arc 溶解による均質な ingot の製造についての報告、EB 炉による Ti cast parts の連続製造に関する報告、Ti の鑄造性におよぼす 7 種類の添加元素の影響を調べた報告、6 本のプラズマ EB を用い Ti のスラブ状鑄塊を製造する報告、米国における Ti 鑄造の現状と問題点についての報告、真空または不活性雰囲気中での加工について、その特色と将来性を論じた報告などがなされた。

Section 6 Vacuum Sintering

この section では ZrB_2 と Ta, Mo, W などの粉末混合物の hot-press に関する報告と Ti の真空焼結に関する報告が発表された。予定されていた分散強化 Ni 基合金の真空焼結についての講演は講演者の病気のため欠講となつたのは残念であつた。

大会 4 日目に発表された section 7, 8, 6 は門外漢である筆者にとって、真空冶金の一面を知る良い機会となつた。真空ポンプの多様化は単に到達真空度だけでなく真空の質の面において選択の自由度を増し、仕事の目的、性質に沿つた真空ポンプの使用を可能としつつあるように思われる。また溶接、鑄造においては EB, プラズマアークの利用により、種々の耐火金属の加工が可能となるであろうと思われる。このような技術は高温技術の進歩を通して種々な分野の進歩に寄与するであろう。

Section 4 Behaviour of Materials in a Vacuum Environment

Section 4 では米国, Celesco Industries の Chuan 博士の招待講演と 6 篇の研究報告が発表され、宇宙工学の問題から金属表面の性質まで、非常に幅広い分野が取り上げられた。

Chuan 博士は人工衛星のような宇宙飛行体の直面し

ている冶金的な問題—低温溶接、脱ガス、自己汚染—を取り挙げて、その解決の方向について論じられた。続いて宇宙空間のシミュレーション装置とその利用についての報告、蒸着過程の化学工学的解析の報告、真空中で使用される潤滑材についての報告、真空開閉器用材料に関する報告、蒸着膜 (Si-Au, SiO_2 -Al 系) の厚さ、組成を Auger 電子分光 (AES) した結果の報告、MgO 上にエピタキシャル生長した鉄の被膜を LEED, AES で観察した報告などが講演された。

Section 5 Vacuum Deposition of Coatings and Self-Supported Structures

この Section では米国, Battelle-Columbus Laboratories の Carmichael 博士の招待講演と 7 篇の研究報告が発表された。

Carmichael 博士は Implating について、原理、特長、蒸着膜の性質に及ぼす操作条件 (圧力、バイアス電圧、蒸発速度など) の影響について述べられた。研究報告は蒸着時の雰囲気ガスの影響に関する報告、高速蒸着 (high rate physical vapor deposition) で作った Ni シートと圧延シートの特性を比較した報告、EB 蒸発により鋼板上に Cu, Al など、およびプラスチック上に金属を積層蒸着させた報告、EB 蒸発した金属、耐火材 (酸化物、炭化物、硼化物) の蒸着物 (mm 厚み) の性状について、基板温度を変えて実験した報告、RF スパッタリングを用い Pt-W-Rh 三元合金を蒸着し、その電気的特性を調べた報告、Microwave の Strip line 用ベリリアのメタライズに関する報告などがなされた。

この Section で取り上げられた蒸着関係の分野は真空技術なしでは成立しえない領域であり、真空冶金という分野では最もプロパーなものではあると思われる。Bunshah 教授の特別講演、Carmichael 博士の招待講演にもあるように、高速度での蒸着技術が発達すると、工業的にも種々な新材料の開発や表面処理の方法が可能になるものと期待される。今回の国際会議において、この Section へ国内の論文が発表されなかつたが、このことが蒸着の分野でのわが国の立遅れを意味するのでなければ幸であると考えられる。

以上において会議の内容をほぼ発表順に概括したが、最後に本国際会議の成果について私見を記してみる。第一は特殊鋼製錬において真空再溶解法の評価が明確になつてきたことおよびプラズマアーク溶解法についての展望が開けてきたことである。これらに関する研究発表は鉄鋼協会によつて並行して主催された第 4 回 ESR 国際シンポジウムの成果と相まって、非常に有意義であつた。第二は蒸着関係の進歩であり、新材料の開発に対して一つのアプローチを期待しうる段階になつてきたことである。付加価値の高い技術集約型の生産を指向しようとする場合、蒸着法による新材料の開発、表面処理の開発は、わが国においても着目さるべきものであると思わ

れる。

真空冶金という概念は漠として捉え難い。それだけに国際会議という形で、広い領域の話聞くことは、日頃狭い専門領域に閉じこもっている研究者、技術者にとつ

て非常に有意義であり、今後、真空冶金国際会議に対しわが国からの寄与を引き続き行なつてゆくことが重要である。（白石 裕）