

## 国際会議報告

## 第 3 回鉄鋼圧延国際会議報告

第 3 回鉄鋼圧延国際会議実行委員会

## 1. はじめに

第 3 回鉄鋼圧延国際会議は、1985 年 9 月 2 日より 5 日までの 4 日間、経団連会館で開催された。第 1 回鉄鋼圧延国際会議は、1980 年に東京で鋼板製造技術を主題で開催され、第 2 回は、1984 年にデュッセルドルフで条鋼の熱間圧延を中心に行われた。それに対して今回は、「鋼管の製造技術とその利用について」を主題とし、論文発表と討議をすることが目的であった。このような鋼管に関する総合的技術討議を行う場は世界でもめずらしく、開催前より各国鋼管製造技術者は関心を寄せ、米国石油協会 (API) は、1985 年 6 月に開催した鋼管規格委員会で、本会議の内容を事前に紹介するよう要請してきた。

会議は日本鉄鋼協会が主催したが、国内からは日本機械学会、日本塑性加工学会の 2 団体が協賛し、国外からはアメリカの ASM と The Iron and Steel Society of AIME、西ドイツの VDEh、イギリスの The Institute of Metals、フランスの ATS、イタリアの CSM、その他ベルギー、チリ、スウェーデン、フィリピン、中国など 12 団体が協賛した。また、日本鉄鋼協会内に実行委員会を下記のように組織した。

実行委員長 田中孝秀 (住金)  
副委員長 加藤健三 (阪大)、 河野拓夫 (新日鉄)  
白浜正俊 (鋼管)  
専務理事 木下 亨 (協会)  
委員 榎並禎一 (川鉄)、 小川俊武 (住金)  
木内 学 (東大)、 久保邦彦 (鋼管)  
近藤 功 (川鉄)、 直井 久 (新日鉄)  
中山正時 (新日鉄)、 奈良好啓 (住金)  
浜田汎史 (神鋼)、 林 千博 (住金)  
三原 豊 (鋼管)

また事務局は吉武、佐藤、竹内、山崎 (協会) が担当した。

発表テーマは次の 5 分野に分けられた。

- (1) 継目無鋼管の製造技術
- (2) 溶接鋼管の製造技術
- (3) 鋼管の冷間圧延と抽伸技術
- (4) 鋼管の精整、検査と加工技術
- (5) 鋼管の新製品とその用途

鋼管製造技術の研究開発の発表ばかりでなく、新設された鋼管工場や、新用途に応じた製品の紹介など、各国の鋼管製造技術者の啓蒙と交流に有益な論文の募集が行われた。その結果、日本からはもちろん、西ドイツ、フランス、イタリア、アメリカ、さらに中国、ソ連、ポーランドなど合計 15 カ国より論文発表があり、その数は開

会講演 3 件を含め合計 90 件であった。

参加者数は、海外より 137 人、国内より 191 人、合計 328 人で、26 カ国の研究者、技術者が一堂に会し、鋼管に関する熱心な討議が行われた。会場では、国際会議にありがちなお祭気分は影をひそめ、ためになる情報を少しでも多く得ようとする緊張した空気が満ちていた。会議はすべて英語で行い、同時通訳なしとしたが、Co-chairmen 制の採用と Scientific Secretary (討論補助者) の設置により、円滑に運営された。また、Co-chairmen が発表者と事前打合せを行うことにより、発表中のトラブルを少なくすることができたと思う。

第 1 日目は午前 9 時より参加者登録を開始し、10 時半より開会式に入った。河野副委員長の司会のもと、田中委員長、石原鉄鋼協会会長の挨拶があり、引き続き次の開会講演が行われた。

- (1) Technical Development of Pipe Manufacturing in Japan 田中孝秀実行委員長
- (2) History of the Manufacture of Seamless Tubes and the Role of the Inventions of the Brothers Mannesmann  
Gerd PFEIFFER Mannesmannröhren-Werke
- (3) New Trends in Application of Steel and Corrosion Resistant Alloys in Oil and Gas Production

Robert N. TUTTLE Shell Oil Company  
一般講演は午後より 2 会場に分れて行われた。

(奈良)

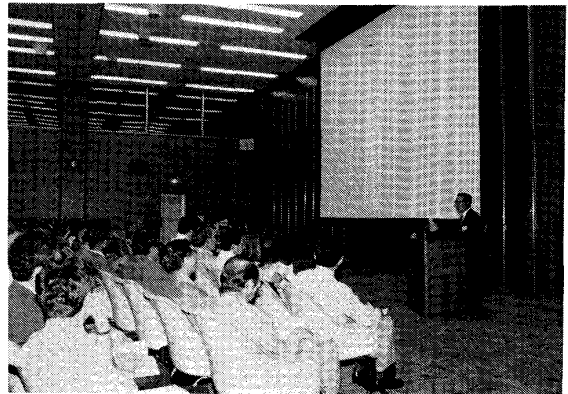


写真 1 開会式



写真 2 参加者登録

## 2. 会議の概略

### Session 1 Seamless Pipe Manufacturing

#### Process (1)

1983年に操業を開始した最新鋭の熱間継目無鋼管工場の製造工程について3件の発表があつた。最初の2件はU. S. SteelのFairfield Worksに関するもので、この設備はプレス・ピアシングミル—エロンゲーター—マルチスタンド・パイプミル—ストレッチ・レデュースングミルを配し、外径範囲は3 $\frac{1}{2}$ インチ～9 $\frac{5}{8}$ インチ、年産55万tの能力を有している。まずアメリカから、設備能力、レイアウト、計算機システムを中心とした工場概要説明があり、歩留り、マンドレル本数とライフタイムに関する質疑があつた。次に、イタリアから、設備に重点を置いた紹介があり、これに対して材料温度変動と2ロール・エロンゲーターの得失について質問があつた。

もう1件は鋼管京浜の新中径ミルについての概要であり、このラインは2ロール・ピアサー—3ロール・エロンゲーター—リストレインド・マンドレルミル—サイザーを配し、能力110t/hにもかかわらず、完全自動化により35名で操業している。質問は、ダイレクト・クエンチの温度とその変動幅、オンライン熱処理後の管の真直度、サイクルタイム、そしてエロンゲーターでの偏肉矯正効果についての4件であつた。

### Session 2 Seamless Pipe Manufacturing

#### Process (2)

熱間継目無鋼管製造工程や特別の設備につき、4件の発表があつた。

まず、新日鉄八幡のプレスロール・ピアサー—エロンゲーター—ホローシェル・レデュース—セミフローティング・マンドレルミル—ストレッチ・レデュース—の各ミルの特性についての報告があつた。質問は3件あり、プレスロール・ピアサー入側ロールの駆動状況、改削によるロール径縮小化がモーター電流に及ぼす影響とマンドレルのライフタイムについて討議された。

次にDalmineから、同社の製造ラインにつき、主としてコンピューターシステムに関する概要の紹介があつた。トラッキングゾーン数とシステムの完成度、および摩擦条件が異なる時の制御モデルの対処法につき質問があつた。

続いてアメリカからAccuロールに関する発表があり、Accuロールとディッシャーミルの本質的相違、圧延後の管の表面性状、圧延時内面のブレーキングの問題、ロール材質についての質問が行われた。

最後にインドから油井管につき、特に材質に焦点をあてた報告があつた。

(林)

### Session 3 UOE Process

このセッションの会場は120人分の席が用意されてい

たが、聴講者が予想以上に多く急きよ椅子を運び入れるなど嬉しい悲鳴を挙げた。

本セッションは、当初海外からの申込みもあつたが、結局国内からの論文2件のみが発表された。千葉大より、Oプレスの成形荷重をできるだけ小さくして、心円度の優れた鋼管を製造するために、C、U、O全成形工程を解析し、最適条件を見出した旨報告があつた。高強度厚肉管の需要が多くなるにつれ、既設Oプレスでの成形範囲の拡大は参加者に関心のあるところであり、解析方法を実際に操業ミルに適用する場合についての質問が多く出された。

川鉄からは、ラインパイプの信頼性向上のために採られている品質保証及び管理のシステムについて報告があつた。システムそのものについての質問よりも、コンピューターで判定するための基準をどうやって定めたかに議論が集中した。

### Session 4 Welding Process

セッション3に続いて、溶接を対象とするこのセッションが開かれた。

明電社から、現在日本の鉄鋼各社に設置されている同社の高周波電気抵抗溶接関連の設備について紹介があり、その技術的特徴の説明があつた。

西ドイツより、高周波電気抵抗溶接によつて接合されたパイプが、通常の溶接によるパイプより、強度のみならず靱性も優れていることが報告された。この方法では溶接温度のコントロールが品質保証の重要な役割りを果たしているの、測温点と溶接点との温度差をどのように処理しているかについて、質問と意見が会場から多く出された。

(戸澤)

### Session 5 Piercing (1)

### Session 6 Piercing (2)

セッション5、6では穿孔技術関連の論文が6件発表された。

阪大よりマンネスマン効果についての論文が発表された。これは、鋼およびプラスチックを使用した回転圧延実験とその解析である。特に、試片中心部のみならず周辺部への影響の確認と、硬度分布や歪率分布の調査を行い、スリップライン理論による力学的解析が加えられた研究である。熱間と冷間の関係、2ロールと3ロールの差などについて質疑が交された。

ポーランドより、回転ディスク付きのマンネスマン穿孔機であるディッシャーミルで、特に合金鋼を対象とした最適穿孔条件設定についての実験報告があつた。術語の使用の差による質疑が目立つたが、内容には目新しいものは少なかった。

西ドイツより、ディッシャーミルを主圧延機とした軽便な新シームレス製管プロセスの紹介があつた。たまたまセッション2のアメリカの論文と内容が類似している点、興味を引いた。将来採用されるシームレス・プロ

セスの一つの方向と考えられる。

中国より、連鋳角鋼片が PPM で穿孔される時、鋳造欠陥が消去される過程についての実験報告があつた。実験条件などの説明が不足していたため、その確認の質疑があつた。

住金より、クロス穿孔機の小型試片による実験結果の報告があつた。この方法は、従来の穿孔機に比べ、特に高合金鋼の疵発生を低減に大きな効果があるというもので、穿孔条件や 3 ロール穿孔機との対比について質疑が持たれた。

オーストリアより、ドップラー効果を利用した 2 ヘッドのレーザー式のシステムの紹介があつた。この方式は、傾斜穿孔という悪環境でも、精度良く中空素材の前進速度を計測できるように開発された。従つて、測定精度などに関する意見交換があつた。(白浜)

### Session 7 Cross Rolling

### Session 8 Mandrel Rolling (1)

### Session 9 Mandrel Rolling (2)

本セッションは、シームレスの主圧延工程に関するテーマで 9 件の論文発表と質疑応答が行われた。発表内容は、アッセルミル、プラネタリーミルとマンドレルミル及びマンドレルミルの潤滑技術に関するもので、操業紹介、圧延解析及び寸法制御法の報告と多岐の分野にわたつており、特に品質向上をテーマとしたものが多かつた。

ポーランドからは 2 件の論文発表があり、アッセルミルの圧延特性について実験的解析が行われるとともに、アッセルミルの内面工具として、マンドレルの代わりにプラグを使用した場合の圧延特性が紹介された。圧延基本問題を着実に解析研究するポーランドの姿勢が見られた。

西ドイツからは、新しいプラネタリーミル (PSW) が紹介された。本法は棒線ミルとしてスタートしたが、今回シームレスミルへの適用実施例が報告された。

スイスからは、マンドレルミルの潤滑剤として用いられる黒鉛の所要特性とその供給法が紹介された。

日本からはマンドレルミルの寸法制御法に関する報告が 5 件あり、セッションを盛り上げた。内容は圧延理論、制御法、操業と幅広く、かつ高度な技術であり、日本の技術が世界を完全にリードしていると感じさせた。特に、マンドレルミルの圧延時に、シェルのトップ及びボトム近傍に生じる肉厚変動を回避する方法として、ロール速度制御のみならず、油圧下制御の研究が発表された事は特筆すべきことである。(直井)

### Session 10 Recent Trend of ERW Facilities

### Session 11 New Welded Pipe Mills

本セッションの座長は当初予定されていた人が都合により来日できなくなつたため、急に NITKIEWICZ (アメリカ) に変わつた。また、セッション 10 には取り止め

になつた論文があり、GROHS (西ドイツ) の講演のみとなつた。一方セッション 11 は新日鉄、鋼管、川鉄及び住金からの 4 講演と変則になつたので、論文一つをセッション 10 に繰り上げて運営した。

午前 9 時からのセッション開始に先立つて行われた座長と講演者の打合せにおいて、簡単な自己紹介と講演繰り上げの注意のあと、GROHS には、時間の余裕があるのでゆつくり講演してもらうことをお願いし、他の講演者には座を盛り上げるために質問を用意していただくこととした。GROHS は真顔で「私は 20 分で講演が終わるように練習してきたから簡単には延ばせない。」と言つていたが、いざ始まると、さすがベテランで 16 mm の映画も入れて朗々と講演し、座長が心配するほど時間を消費してくれた。新日鉄より、明年操業開始の中径 ERW ミルの設計の基礎となつた W ベンドロールとケージロールの組合せ方式の研究結果の講演があつた。鋼管より、1983 年に完成したばかりの厚肉 ERW ミルのレイアウトの概要が述べられた。川鉄より、ケージロールとフィンパスロールの問題点について述べられた。住金より、CW ミルの省エネルギー及び品質向上対策として、帯板を 850°C に予熱し、高周波電気抵抗溶接をする SW 法について講演があつた。

全般に活発な討論が行われ、座長は「Any question?」と言うだけで済み、討論を助ける目的でお願いした Scientific Secretary も手持ち無沙汰であつたのは何よりであつた。

この会議全体を通じての感想としては、鋼管圧延技術というテーマのためか、大学関係者の参加が少なく、特に海外の大学からの参加者が皆無に近かつたことが物足りなかつた。(神馬)

### Session 12 New Approach of Welding Technology

### Session 13 Forming Roll Design

セッション 12 では、新溶接技術、省エネルギー技術の論文が 3 件発表された。

新日鉄より、溶接管の最近の技術開発と将来の動向について発表があり、電気抵抗溶接、電気誘導溶接にレーザー技術を付加する新しい技術動向について紹介があつた。座長からも、「従来、肉厚の薄い場合の発表をよく聞くが、肉厚が厚くなつた場合はどうか。」との質問があり、それに対して、レーザーが補助的にエッジの加熱に役立つことが強調された。

鋼管からの論文は、鍛接鋼管製造用加熱炉の省エネルギーに関するものであり、予熱の排ガスを有効に利用することにより、全体の省エネルギーに効果を上げたという発表である。

東工大より、TIG 溶接による薄肉 304 ステンレス鋼管製造テストの研究発表があり、送角やサイドロールの調整によつてエッジ・ウェーブを防止する必要がある

ことが述べられた。

セッション 13 では、溶接管の成形について2件の論文が発表された。

東大から、電縫管成形ロールの最適形状を決める自動設計法の基本概念と、実際の CAD による計算結果の発表があり、成形ロール設計の将来の方向が示された。

中国から、電縫管ロール設計での新しい Duplex Circles Function の考え方が発表され、成形ロール設計に関する中国の研究動向の一端が示された。(加藤)

#### Session 14 Cold Rolling and Drawing Mechanism

本セッションでは、二つの論文が発表された。

住金より、コールド・ピルガー圧延時のロールとマンドレルに発生する応力解析に関して発表があつた。まず、応力解析を行いそれを検証するモデル実験をして、ロール及びマンドレル内の応力分布や、その最大値などを明らかにした。さらに、ロール寿命に与える影響因子について検討を加え、ロール設計に際して、これらの影響因子の最適化を図つた。その結果、ロール寿命を2倍に引き伸ばすことに成功した旨報告があつた。これに対し、解析方法、実験手法に関する質問がなされた。また、同様な問題について検討を進めている他の研究者から、「この研究結果は、自分達が行つた研究とほぼ対応しており、正しい結論を導いているものと思われる。」とのコメントがなされた。

中国より、コールド・ピルガーミルの、動的バランシング機構の解析と、新しいバランシング機構の提案について発表があつた。多少不明な点もあつたが、ミルメーカーの関心を集め、新しく提案された機構について、確認のための質問が幾つかなされた。また、中国においては実用化されているか否かの質問があり、発表者の所属する研究所内で試験的な応用がなされているとの回答があつた。(木内)

#### Session 15 Stretch Reducing

#### Session 16 Pilger and Push Bench

セッション 15, 16 では、ストレッチ・レデューサーについて4件、熱間ピルガー圧延1件、プッシュベンチ・プロセス1件、計6件の論文が発表された。会議3日目ともなると、参加者にも少し疲労の色が感じられたが、早朝から熱心な出席者が100名もあり、活発な討論がなされた。

住金、京都工業繊維大のそれぞれより三次元剛塑性有限要素法を利用した絞り圧延、マンドレル圧延解析の手法と解析結果の報告があつた。絞り圧延解析の結果、張力の肉厚変化分布に対する影響など、これまで得られている情報と定性的に一致しており、その有効性が説明された。興味深い点は、2ロール、3ロール絞り圧延で増肉傾向が異なること、特に3ロールでは、これまで鉄鋼便覧等であられてきた結果と異なり、フランジ側で増

肉、カリバー底で減肉することである。これは、後述のポーランドからの実験結果とも一致しており、大変に参考となる発表であつた。しかし、三次元有限要素法は、多大の労力と計算コストが必要であり、肉厚方向の分割が二層で十分であるか否かの検討や、応力の釣合いの確認など、圧延解析への利用にはまだまだ足かせとなる点も多い。この方法は、管圧延に適用され始めたばかりで種々問題もあるが、今後の活用に大いに期待したい。

ポーランドより、アルミニウムをモデル材料にして、3ロール絞り圧延時の管の変形を詳細に調査し、内面角ばりの発生機構について主に論じた発表があつた。

これは、内面角ばりが、中立軸の位置と大きな関係を持つばかりでなく、ロール径に影響されるなど、大変有益な結果を示した。

西ドイツから、絞り圧延設備として、鋼管の前後端にできるクロップ・ロスの低減のため、圧延開始及び終了時のストレッチ立ち上がり急速に行う機械的なVGD<sup>†</sup>が有効であることが報告され、特殊な駆動系が紹介された。

その他、ハンガリーからピルガー圧延における新しいフィーダー・システムの紹介、インドからは、小ロットの鋼管製造設備として、プッシュベンチ工場の紹介があつた。(三原)

#### Session 17 Hot Extrusion Process

セッション 17 は、押出製管に関するテーマで3件の研究発表が行われた。

中国より、炭素鋼、アルミニウム押出管のメタルフロー・パターンをビジョ・プラスチック法で解析し、材質、ダイス角度などの影響を基礎的に究明した注目すべき発表があつた。この方法は、各種金属の管・棒押し出しに適用が可能であり、現在非鉄金属の押し出しに利用されている。

新日鉄より、鋳造のまま内・外面を削つた $\gamma$ 系ステンレス鋼の丸連鑄片に、冷間ロールで歪みを加えるという新プロセスの報告があつた。このプロセスで、ステンレス鋼の外面に再結晶がおこり、金属組織の微細化がはかられる。これは、素材費低減という重要テーマへの挑戦であり、各社で類似テーマ指向中の研究者にとつて、非常に興味ある発表であつた。冷間ローリングの詳細は、ノウハウであるとして説明が略されたのは残念である。

神鋼からの報告は、インダクション加熱工程におけるビレット径一周波数一焼入れ浸透深さ一効率の関係を明らかにし、実用ビレット径に対する最適周波数を決定したものである。各社とも押出直前加熱はインダクション法を採用しているので、この発表は加熱費低減のための有効手段として評価される。

<sup>†</sup> 駆動モーター以外に補助モーターを使った Variable Group Drive のこと。

なお押出製管法自体の論文発表がなかつたのは残念である。今後の研究成果に期待したい。

### Session 18 Application of Powder Metallurgy

セッション 18 は、粉末合金の押出管への応用に関するテーマで 2 件の研究発表が行われた。

スウェーデン、フランスのそれぞれより、粉末合金をカプセルにつめ、冷間静水圧プレスで高密度化したビレットを、熱間押出するという新プロセスの報告があつた。これらは、コスト低減を狙つたもので、粉末製造費、カプセル費が重要な要素である。品質はカプセルの形状と脱気程度がポイントであるが、詳細は公表できないとして議論できず残念であつた。理論上は大径管や、高合金管に有利であり、各社の設備技術条件が整えば実用性はある。

### Session 19 New Casting Technology

セッション 19 は、新しい鑄造技術に関するテーマでソ連の Paton 研究所から 2 件の研究発表が行われた。

一つは、エレクトロスラグ溶解技術の応用に関する論文である。これはエレクトロスラグ鑄造法を用いた遠心鑄型、静置鑄型による、大型リング材やビレットの製造を紹介した。もう一つは、大型鑄造スラブインゴットに、インナーモールドを適用したことを報告した。これは、プレートを多数モールド内に立てて、同じ鋼種の溶鋼を下注することにより、微細粒でキャビティーのない健全なインゴットが得られるというものである。

いずれも非常に興味深い発表であつたが、ソ連通商代表部職員による代理発表であつたため質疑応答ができず理解不十分となつた。質問は個別に直接 Paton 研究所に行うことにした。

(浜田)

### Session 20 New Technology of Cold Rolling and Drawing (1)

本セッションでは、3 件の論文が発表された。

ポーランドより、DM プラネタリー・ローリングミルで管材を冷間圧延する時の、エネルギー法による圧延荷重の計算方法について発表があつた。同時に行つた実験と比較して、この計算方式が十分に実用に耐え得るものであるとの報告がなされた。これに対して解析モデルの考え方、その妥当性に関する質問がなされた。また、この圧延方式で可能な圧下限界や、この計算方式の生産への応用状況などについて質問がなされた。

さらにポーランドより、ロータリー・ダイスを用いた管材の引抜加工の実験的研究に関して発表があつた。引抜力、ダイスの回転トルク、加工エネルギー消費率が示され、製品品質などの実測値と、それらの検討結果が報告された。続いて、この引抜方式の特長や、導入した時のメリット、デメリットについて質問がなされた。これに対して、この方式は、固定ダイス方式と比較して、全エネルギー消費率が若干高くはなるが、高引抜速度域で

はその差は次第に減少すること、ダイスを回転させることにより、管材の偏肉の矯正効果を高めることができること、ダイスを回転させても管材の表面性状はほとんど影響を受けないこと、などが説明された。また、生産への応用範囲などについても質問がなされた。

住金より、油潤滑法と加圧油潤滑法を採用した管材の新しい引抜加工法の開発について発表があつた。炭素鋼やステンレス鋼の引抜加工に油潤滑法を応用した実績や、合金鋼の引抜加工をする抽伸機に加圧油潤滑法を応用する研究などについて報告があつた。これに対し、油潤滑法による加工限界や引抜加工の品質に関する質問があつた。そのほかに、発表者らが加圧油潤滑法の採用のために新たに開発したコンテナとダイス間の自己シーリング機構に関心が集まり、質問と説明が繰り返された。

### Session 21 New Technology of Cold Rolling and Drawing (2)

本セッションでは、3 件の論文が発表された。

西ドイツより、SKW コールド・ピルガミルの最近の進展と応用に関する発表があつた。特に、インライン・コイルングを可能とする新鋭ミルの機構、ラインのレイアウトの特徴とその設備能力、更に、特別に設計されたロールキャリバーなどが紹介された。また、このミルの導入によるメリットとして、在来型のミルに比較して、設置面積の削減、製品の長尺化による生産性の向上、後加工工程への接続の容易化、偏肉の矯正効果への期待、などが指摘された。これに対して、このプロセスの生産実績や、鋼管製造への応用の可能性などに関する質問がなされ、現状では非鉄管材の製造への適用に留まっている旨の回答がなされた。

中国より、管材が移動マンドレルで引抜加工される時に生じる変形挙動を、FEM 法で解析した結果の発表があつた。ダイス内における素管の塑性変形域の発生状況、およびそこに発生するひずみ・応力の分布状況、あるいは製品内部に残留する応力分布について詳細な解析結果が紹介された。これに対し、このような解析結果をどのように工場生産へ反映することができるか、これらの結果を利用してダイスの寿命改善を図る方策を見出し得ないか、などの質問がなされたが、現時点では基礎研究の段階であり、そこまで明確な情報を得るに至っていないとの説明があつた。

ポーランドより、フィン付管や多層管製造のために引抜加工の開発を行つたという発表があつた。種々の形状や組合せ断面構造を持つた管の製造方法が紹介された。これに対し、所要の断面形状寸法を得るために必要となる、素管の寸法・リダクション・表面性状、加えて潤滑条件の選び方などに関する質問が行われた。また、工場生産への応用状況について質問があり、現在研究室に設置された加工機で、一部の製品を生産し、供給している

旨の回答があつた。更に、出席者の1人から、「このような異形材の引抜加工については、現在、計算機で加工時の変形のシミュレーションや、最適ダイス寸法の設計が可能である。」とコメントがあつた。(木内)

#### Session 22 Line Pipe (1)

#### Session 23 Line Pipe (2)

#### Session 24 Line Pipe (3)

これらのセッションは、最近、進歩の著しいラインパイプ製品に関連する技術をテーマとして取り上げ、内外より9件の論文が発表された。

内容は、各社開発を進めている TMCP (Thermo-mechanical Control Process) 技術に関連するものが多かつた。これは、ホットコイルや厚鋼板など鋼管素材の製造法で、現在ラインパイプの分野で最も関心が高い技術である。各社は、この技術を適用して製造した X70, X80 グレードのラインパイプの機械的性質を色々な角度から評価し紹介している。西ドイツより、TMCP によるホットコイル製造技術が、X80 グレードのスパイラルと ERW ラインパイプの製造を可能にした旨発表があり、その品質の紹介があつた。ベルギーより、昨年稼動した新冷却設備が紹介され、広範囲に適用可能な制御冷却法について報告があつた。川鉄(知多)より、ERW ラインパイプの母材と溶接部の品質を改善するために採用された設備・技術の紹介があつた。新日鉄より、制御圧延後の加速冷却の効果を冶金的に解析した発表があつた。最適冷却条件のもとで製造されたラインパイプが、強度、靱性、溶接性能のみならず、耐 HIC、耐 SSC に対しても優れた特性を有することが報告され、注目された。川鉄(千葉)より、実管バーストテストにより、X-80 ラインパイプに使われる TMCP 材と圧延制御材の靱性強度について比較し、評価した結果が報告された。

一方、ラインパイプの延性破壊伝播停止の評価方法として、イタリアより CTOA (Crack Tip Opening Angle) が破壊伝播の停止要素と考えられることが報告された。延性破壊に対する高靱性ラインパイプの評価については熱心な討議が行われた。

Paton 研究所から、ラインパイプのクラック・アレスター用に開発された多層管 (Multi-laminated Shell) の製造法について論文が提出されたが、Session 19 と同じく代理発表であった。

鋼管より、誘導加熱方式による ベンド管の製造に、TMCP 材を採用し、テンパー・フリーで低温靱性に優れた X65 相当のベンド管を製作できることが報告された。質疑では、ベンド加工時に加わる引張りの影響が討議された。

フランスより、ラインパイプの外表面コーティングについて、各塗料の塗膜性能を比較評価した結果が報告された。

本セッションは、会議3日目の午後2時から始まり、

6時まで続いたが、会場はほぼ満席の状態、最後まで熱心な討議が行われた。しかし、ユーザーにとつて、きわめて有益な論文が数多く報告されたにもかかわらず、ユーザーの参加者が少なかつたことが残念に思われる。(近藤)

#### Session 25 Corrosion Resistant Alloys

石油・天然ガスの開発環境の悪化にともない、油井管の高級化が最近の話題であり、本セッションでは、高合金油井管について4件の論文が発表、討議された。

イタリアからは、二相ステンレス 22Cr と 25Cr の比較を行い、25Cr が、8 psi H<sub>2</sub>S、140°C の YS 100% の状態でも SSCC の発生がないことが発表された。他の論文も、環境条件の違いによる耐食性能の変化を示す内容が多かつた。このため、実際の環境条件と、耐食テストに使用する腐食溶液との関連性について質問があつた。たまたま議長 of TUTTLE (アメリカ) がこの分野の専門家であることにより、彼からユーザーの立場としての意見を聞くことができ、各出席者に参考となつた。

また、神鋼より、次期油井管としてアロイ 825 など高合金を採用したクラッド管の論文発表があり、クラッド管はソリッド管に比べ、経済性があることが強調された。質疑では、ねじ継手の加工問題などでクラッド管はなおいつそうの研究が必要との発言があつた。

#### Session 26 Low Alloy Steels for Corrosive Environment

本セッションでは、3件の論文発表があり、H<sub>2</sub>S 環境における低合金鋼の耐食性が論じられた。イタリアより、4130 鋼の SSCC と、パイプライン材料の SSCC についてそれぞれ発表があつた。また、フランスより、ERW の熱影響部の SSCC につき発表があつた。いずれも、NACE 条件、BP 条件といった、普及している腐食試験法で評価しているが、パイプライン材料の SSCC についてのイタリアからの論文では、改良 NACE 溶液による評価法も紹介された。これは、他の試験条件が厳しすぎるための処置であると聞いた。(奈良)

#### Session 27 New Tubular Products

本セッションでは、それぞれ異なつた極限状態で用いられる鋼管の開発成果について論文発表と討議が行われた。これらの論文は、現在の鋼管製造技術レベルの先端を示すものであり、興味ある内容であつた。出席者は約60名と少なく、最後は50名程度になつたのは、最終日午後のセッションであつたためと思われるが、その講演内容を考えると残念であつた。

新日鉄より、極寒地油井で用いる 60 Ksi 級 ERW ケーシングの製造技術と品質に関する発表があつた。この製品はアラスカやソ連に出荷された実績を持つている。低炭素清浄鋼の採用、圧延工程中の制御冷却の適用、電縫溶接部靱性向上のための製管法の改善などにより、-45°C といった低温での使用を可能にした。会場から

は、サイジング量を低減した時のねじ切削に及ぼす影響などの質問があつた。

三菱重工より、高張力で溶接性の秀れた 9Cr-2Mo 厚肉管に関する発表があつた。これは、超々臨界圧ボイラーのヘッダー、蒸気管やリヒーター配管用として開発されたもので、すでに多くの使用実績を持つている。特に、低炭素鋼の採用、合金成分・組織の調整、靱性改善、クリープ強度、疲労強度や溶接性について述べるとともに、ヘッダー・曲管など厚肉管の溶接、加工技術について、豊富なデータを用いた説明が行われ、印象深いものであつた。

フランスからは、北海で使われるジャッキアップ・リグ用の約 800 mm 径×60 mm 厚、Mn-Mo 鋼管を遠心鋳造法を用いて製造したという報告があつた。この鋼管は、強度 105 Ksi 以上で -40°C 以下の靱性を満たしているが、これは制御圧延鋼板の利用限界を超えたものである。高 Mn, Mo, Ni 等を含有した低炭素鋼を鋳造後に急速冷却して製造するが、その後の熱処理方法がポイントである。会場からの質問は、遠心鋳造メーカー、他の鋼管への適用例や製造サイズ範囲などであつた。

(中山)

### Session 28 Heat Treatment

本セッションでは、いずれもシームレス鋼管の焼入れを対象に、真直度、真円度におよぼす要因を実験室的に検討し、その結果をもとに生産設備を設置、操業した結果が 3 件報告された。

新日鉄より、熱処理中の管の多点拘束、特に管端拘束が曲がり防止に役立つこと、鋼管の回転が曲がり防止ばかりでなく、真円度の確保にも効果的であることについて報告された。また、外面の均一冷却のためには加熱雰囲気中の O<sub>2</sub> 濃度制御が重要であることが示された。

鋼管より、内面ジェット流と、外面ラミネーション流を用いた直接焼入れ法が紹介されるとともに、直接焼入れする素管の圧延技術や温度制御技術が紹介された。

また、鋼管の曲がりにおよぼす冷却法と回転の相互作用、さらにアプセット部を含めて均一に加熱する設備が川鉄より報告された。

これらの報告に対し、焼入れによる水温の上昇値、管軸方向の機械的性質の分布、設備の冷却能力、冷却途中停止の効果などについて質疑が行われた。

### Session 29 Finishing Line

本セッションでは、真空焼入れ設備および鋼管の矯正に関する論文が各 1 件報告された。

中国より、管状あるいは棒状の被処理材を、半連続的に真空中で通電加熱後、垂直落下させて水冷する設備が紹介され、能率の向上、原単位の低減が認められたことが報告された。

鋼管の矯正に関するただ一つの論文として、住金より、傾斜ロールによる鋼管の矯正過程を理論的に解析した結

果が報告された。この論文で、応力とひずみ履歴、及び残留応力分布と矯正力が計算できるモデルが示された。さらにこの結果に基づいて矯正機の自動設定システムを開発、実用化し、十分な精度と能率向上が得られたことが述べられた。6, 7 ロール方式との優劣、得られる真直度、残留応力分布について質疑があつたが、理論値と計算値とのよい一致、すぐれた真直度と高能率が参加者の強い関心をひいた。

(榎並)

### Session 30 Non-destructive Inspection

本セッションは、非破壊検査に関するテーマで 4 件の論文発表と質疑応答が行われた。

西ドイツより、複数の NDI 手法を組合せて、欠陥弁別と検査作業中の検出能をコンピューターで行える設備の紹介があつた。

フランスからは、特に需要家の要求のきびしいベアリング用鋼管の NDI 検査ラインを最近設置し、欠陥検出の他に外径、肉厚の連続測定と合否判定ができるようにした旨報告があつた。

イギリスより、探傷子回転型の超音波設備の改善により、平均の稼働率が寸法替えを加えて 88% になった旨報告があつた。改善した内容は、トランスデューサー自体の性能や、カップラント回転部の水に対するシール機構などである。また、コンピューターを駆使して、検査機能の完全なモニタリングを行つたことや、鋼管ミルから遠隔地にある技術センターへデータ電送がリアルタイムに行われ、システムの不具合が最小限に抑えられるようにしたことにもよる。

住金より、冷間仕上げ高級鋼管の NDI 設備の更新を行い、小ロット多品種化に対応できるシステムを開発したという発表があつた。コンピューターを利用することにより、寸法・材質の変更に応じてキャリブレーションとセッティングを約 3 分間で行えるとの報告であり、注目された。

### Session 31 New Method of Inspection

本セッションでは新しい検査法が討議された。

油井管の捻子はその製品の用途上、極めて重要で、API 規格でも多くの検査項目が規定されている。西ドイツより、ゲージを使わずに捻子要素を自動的に測定できる設備を開発し、この実用化により油井管捻子の品質向上とコストダウンに寄与したという報告があつた。

山本水圧より、水圧試験機のシール機構に改善を加え、従来の U 字型シールに比べ寿命を延したことと、プロテクター付きの油井管の水圧テストを可能とし、ピンエンド側の捻子損傷率を著しく減少させたことについて報告があつた。

(小川)

## 3. 工場見学

4 日間の論文発表のあと、海外からの出席者のために工場見学が 2 日間、5 グループに分けて実施された。



写真 3 パーティー会場にて

- (1) 新日鉄君津 56 インチ大径管工場
  - (2) 鋼管京浜 9<sup>5</sup>/<sub>8</sub> インチ継目無管工場と 11<sup>3</sup>/<sub>4</sub> インチ電気抵抗溶接管工場
  - (3) 新日鉄八幡 16 インチ, 7<sup>5</sup>/<sub>8</sub> インチ継目無管工場
  - (4) 川鉄知多 16 インチ継目無管工場と 26 インチ電気抵抗溶接管工場
  - (5) 住金和歌山・海南 24 インチ電気抵抗溶接管工場, 42 インチ大径管工場と 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> インチ継目無管工場
- (1), (2) は 9 月 6 日に, (3)~(5) は, 週末の京都, 奈良観光のあと 9 月 9 日に実施され, 多数の参加者があ

つた。いずれのコースも, 日本の最新設備とその操業状況を披露し, 好評であつた。

#### 4. おわりに

本会議には, 世界の有名な鋼管延技術者や設備技術者が出席するとともに, 若手技術者も多数参加し, 活発な質疑応答が交され, 非常に有効な情報交換の場であつた。また, カクテルパーティーとフェアウェルパーティーに多数の人が参加して, 夜が更けるまで懇談がなされ国際交流の花を咲かせた。特筆すべきことは, かなりの参加者が, 今後も鋼管をテーマとする国際会議を継続してほしいと述べていたことである。これらのことより, 本会議は大成功であつたと感じられる。ここに貴重なる研究結果を発表していただいた講演者の方々と, 事務局をはじめとする協力者の人達に対して謝意を表する次第である。なお, 本会議のプロシーディングは鉄鋼協会では有償頒布されている (一冊 3 万円)。

次回について述べるならば, 鋼管の分野は他の鉄鋼製品よりも限られた分野であり, その技術者も少ない。このため, 会議開催頻度は 5~6 年に 1 回が適当であろう。また, 鋼管需要家の興味を引くために, 新製品紹介や, 新用途技術の論文を更に多くする会議にしていく必要がある。(奈良)

#### 国際会議報告

### International Symposium on Microstructure and Mechanical Behaviour of Materials (IMMB XI'AN CHINA, 1985) 出席報告\*

植木正憲\*\*

1985 年 10 月 21 日より 24 日までの 4 日間, 材料の微視的構造と機械的挙動に関する国際シンポジウム (IMMB XI'AN, CHINA) が中国, 西安市にある西安交通大学で開催され出席する機会に恵まれた。同大学の主催によるもので, 他の共催団体として China Mechanical Engineering Society (CMES), 日本機械学会そして American Society of Mechanical Engineers (ASME) が加わり, Professor Zhou HUIJIU が中心となつて組織された。

西安市は, 北京の西南約 1200 km に位置する陝西省の省都であり, かつて唐の都「長安」として栄えた人口

約 250 万の古都である。シルクロードの起点としても知られる西安の周辺には名所旧跡も多く, 後述するツアープログラムは, 中国の歴史と古代文化の繁栄を改めて認識するよい機会を与えてくれた。

さて会議であるが, 出席者名簿によると, 参加国は 7 国で, 全参加者は 161 名であつた。日本からは 39 名が参加したが, 日本以外の外国からの参加者は 10 数名と少々淋しいものであつた。発表論文数は 122 編で, このうち Keynote speech が 9 件, 応募発表論文が 78 件そしてポスター発表が 35 件であつた。以下に Keynote speech の題目と講演者名を記す。

1. Thin-Plate Martensite and Shape Memory Effect in Ferrous Alloys, IMAO TAMURA (Kyoto Univ., Japan)
2. Strength and Fracture of Martensite-Ferrite Dual Phase Steels, TAKESHI KUNIO (Keio Univ., Japan)
3. Fatigue Integrity, T. DUGGAN (Portsmouth Polytechnic, U. K.)
4. Fatigue Damage Characterization by X-ray Diffraction, V. WEISS (Syracuse Univ., U. S. A.)

\* 本国際会議出席にあたっては, 日本鉄鋼協会日方育学術振興交付金が賦与されました。

\*\* 金沢工業大学 工博