

2. 理想的な装入装置の開発

コークス層の崩れのない装入，径方向，円周方向の粒度偏析のない装入

3. 炉内現象と最適分布制御

(1) 炉内降下過程における装入物の粉化とその物理化学的挙動

(2) 炉体プロフィール変化の影響の扱い

4. 3次元的総合化とその制御

炉内現象と装入物分布制御の3次元的総合化による最適分布制御と最適操業

(計算技術の発達と計算機の高速度の有効な活用)

以上，討論の要点と今後の課題を概括した．最後に貴重なコメントをいただきました東北大学大森教授，新日本製鉄橋本製鉄部長ならびに討論に参加いただきました各位に厚くお礼申し上げます．

II. 電縫管の製造技術の最近の動向

座長 東京工業大学精密工学研究所

神馬 敬

副座長 日本鋼管(株)中央研究所

三原 豊

我が国鉄鋼メーカーによる電縫管・溶接管製造技術に関する研究開発は目覚ましいものがあり，大型化，厚肉化，薄肉化，高級化，高速化とその成果をあげつつある．新技術の内容は溶接技術に関するものと溶接の前加工あるいは後加工としての冷間ロール成形技術とにわけられよう．そこで，本討論会においては，話題提供の講演を総論，溶接制御，冷間ロール成形関係の順に並べ，更にトピックスとして溶接チタン管の製造をお話しいただいて締めくくりにした．以下に各講演と討論の内容を簡単に紹介する．

(討 13) 電縫管製造技術の現状と将来

(大阪大学工学部 加藤健三)

電縫管溶接技術に関する研究については 1980～1984年に鉄鋼協会では発表された講演題目をあげ，内容紹介は以下の講演にゆづつた．冷間ロール成形技術の研究の動向としては大径管のケーシング・フォーミング，厚肉管及び薄肉管成形法についての各種の提案，ロールの CAD・CAM の現状，400×400×12mm 程度のステンレス鋼角管成形のためのエクスト・ロールフォーミングの開発を紹介し，従来は継目無鋼管の分野であつた範囲にも電縫管が採用されるようになった状況を述べた．ついで今後の課題として，材質の高張力化，合金化，直径 28 インチを目指す大型化，厚肉化と薄肉化，クラッド管の製造が問題となつていることを述べ，成形機としては FMS への適応，高速化，自動化，無人化，二次塑性加工との直結，ルーパの改良，新溶接法との組合せを検討する必要があるとした．

(討 14) 自動入熱制御装置と電縫溶接条件の最適化

(新日本製鉄(株)第二技術研究所 芳賀博也，他)

溶融温度を表す入熱当量をフィードフォワード制御する方式と溶接電流の周期をフィードバック制御する方式を基本とする自動入熱制御装置において，欠陥占有面積率を 0.1% 以下とするためには，限界速度以上の高速溶接，5度以上の高V収束角度，適正アップセット量の設定が必要であることを述べた．これに対して川崎製鉄(株)知多製造所の渡辺修三氏及び明電舎の片之坂隆氏よりV収束角度の変動が大きい中径管では制御上問題はないか，突き合わせ面における高周波電流分布及びコーナ一部分の過溶融の問題，V収束角度を大きくすることによる成形への影響について質疑があつた．

(討 15) 電縫鋼管の溶接制御

(住友金属工業(株)矢村 隆，他)

温度パターン計を主体とするセンサーを用いた入熱制御システムについて述べた．温度パターン計により溶接部の温度パターン及び画像をモニターし，同時に視野内を 64 区分 (1 区分 1.4 mm) にわけて，それぞれの区分の温度を測定し，フィードバック制御した．更にアップセット量の連続監視を行い，肉厚と速度の変動をフィードフォワード制御して，溶接温度一定制御の精度を高めた．そして，温度制御のための測温は溶接条件に応じて溶接点前方の適当位置を選ぶべきこと，温度パターンとしては溶接点近傍で凸部を有するタイプがよいことを確かめた．これに対して新日鉄芳賀博也氏，明電舎片之坂隆氏より，制御パラメーターは温度パターンと局部温度のいずれが主か，適正温度 (パターン) の求め方，冷却水と蒸気の雰囲気下での測温に対する注意事項について質疑があつた．

(討 16) 電縫溶接のビード形状監視と温度分布制御法

(日本鋼管(株)三原 豊，他)

ビード形状の変化は溶接入熱と圧接品質の重要情報であるにもかかわらず，溶接作業者の目視判定に頼っており，適当な計測方法がなく，未検討であつたことから，レーザー光線を用いた光切断法による電縫溶接の総合監視システムを開発した．更に，ビード加熱幅は数 mm と細く，通常の放射温度計で安定した情報を得るのが困難であること，溶接加熱部の温度が高入熱側では融点に近づき飽和する傾向を示すので入熱の高低を判断するのが困難であることから，ソニア・アレイ温度分布計測システムを開発して，溶接部板幅方向温度分布計測に適用した．そして温度分布曲線の面積値が入熱とほぼ等価なパラメーターであり，加熱幅は簡易的だがやはり良好な相関関係をもつことを見出し，温度分布制御を可能にした．

これについて明電舎片之坂隆氏よりスクイズロール近傍での急激な温度下降勾配，同ロールによる計測スペースの限定，溶融部への加圧エアページの悪影響などにつ

いて質疑があつた。

(討 17) Wベンドロールによる成形の特徴

(新日本製鉄(株)阿高松男, 他)

厚肉または薄肉電縫管の製造に関してWベンドロールの使用の是非を述べた。薄肉管成形については、①板幅中央の過大な逆曲げはひずみ変動が激しく好ましくない。②適正なWベンドを行うと板縁のひずみが圧縮となり累積していくこともなく座屈防止に効果がある。③ダウンヒルを採用すると効果は更に大きくなる。④板縁から1/4幅の近傍の曲げが不足気味となるのでロール孔型形状に工夫が必要である。⑤Wベンド前後のロールスタンド間距離を長くして板幅中央の座屈を防ぐが、その際の板縁の座屈防止策としてガイドロールの導入が必要である。

厚肉管成形については、①エッジ成形は減肉なしに行うことは困難である。簡単な理論によると板縁から $\sqrt{2}$ 幅以内は必ず減肉する。②Wベンドは板縁近傍の成形に有効だが厚肉に対してはプリベンドなどの配慮が必要である。③蛇行に対する自己修正効果が高い。

これに対して石川島播磨重工業(株)の中村雅行氏より、薄肉成形に対しては、#1~#2スタンド間隔の最適値を決定する要因、ダウンヒルの取り方、板幅方向の1/4付近の成形が不足となることへの対策、厚肉成形については、板縁部の減肉のメカニズムについて質疑があつた。また、東京工業大学の小奈弘氏よりはWベンド方式が成形機のスタンド数の増加につながらないかという意見があつた。

(討 18) 電縫管のフルケージロールフォーミングの成形特性 (川崎製鉄(株)豊岡高明, 他)

26インチと4インチミルを用いて次の結果を得た。

①通常の孔形ロール成形ではロール進入前後に急激な引張-圧縮変形を生じ、エッジストレッチが増大するのに対してケージロール成形ではひずみ変化はわずかで滑らかである。②最終ケージロールから第1フィンロール(F1)にかけての成形域で板縁に急激な圧縮変形が認められた。これをさけるためにはエッジガイドロールの設置が有効であつた。③最適ダウンヒル量は $0.6 \sim 1.0 \times OD$ であつた。④フィンパスでの全リダクションは $0.8 \sim 1.1\%$ とし、F1で強圧下することが望ましい。フィンパス成形中の板縁の増肉はF1で起こつた。⑤素管先端部のスタンド間での口開きは次ロールへの進入の際の抵抗となり、エッジウェーブの原因となる。

これに対して日本鋼管(株)菅昌徹朗氏よりF1での強圧下の限界について質疑があつた。

(討 19) 薄肉溶接チタン管の製造

((株)神戸製鋼所 西村 孝)

チタンの大きなスプリングバックに起因して発生する溶接ビード中央部のマイクロ欠陥を除去し、造管速度を向上させるために行つた温間成形法について述べた。これ

により造管速度は従来の $3 \sim 3.5 \text{ m/min}$ から 5 m/min まで向上し、フィンパスロールでの圧下を軽減できることから銅合金ロールの摩耗軽減にも貢献した。これに対して東京工業大学春日幸生氏より、マイクロ欠陥の発生が管内面に起こることをバックシールドガスにより防止できないが、スクイズロールに連続してもう一段スプリングバック防止用ロールを設置してはどうか、という意見があつた。

最後に、東京大学木内学氏より、Wベンド成形法はまだ確定していない技術でいつその研究が望まれる、フルケージロール成形法についてはケージロールからフィンロールへの推移域での変形のジャンプに問題があるなどのコメントがあつた。

塑性加工と溶接との複合加工である電縫管の製造技術について鉄鋼協会講演大会において集中した講演と討論が行われたのは本討論会が初めてである。熱心に討論された皆様に厚く御礼申し上げます。

III. 薄板・表面処理鋼板の表面解析とその応用

座 長 金属材料技術研究所

新 居 和 嘉

副座長 日本鋼管(株)中央研究所

中 岡 一 秀

薄鋼板や表面処理鋼板は自動車、家電製品または容器用材料として広く用いられており、久松先生がこの討論会の冒頭の挨拶で述べられたように、今や鉄鋼の生産量は重量(トン数)で量られるより表面積(平方メートル)で量られるべき時代になつてきていると言つてもよいであろう。そしてこのような時代には、鋼板表面の性状が鋼材の性能を決めますますます大きな要因となつている。このようなことから本協会では、昭和57年度より特定基礎研究会「鋼材の表面物性に関する基礎研究部会」(部会長 久松敬弘)を設置し、鋼材の表面物性とその評価技術についての研究を行つてきた。今回、この部会を中心として本討論会をもつことになつた訳であるが、ここでは、薄板、ステンレス鋼板、及び各種表面処理鋼板について、種々の表面解析手法による表面キャラクターゼーション、それから得られた情報による素材や製造プロセスの解析、さらに鋼板の表面処理性や耐食性との相関などについて、現在の技術レベルとその問題点の確認、今後の研究の方向について討論を行うことを目的とした。本討論会のこのような趣旨は、基礎研究部会の趣旨でもあるので、10編の討論講演が直ちに寄せられ、多くの事前質問も寄せられた。また当日も会場で非常に多くの質疑応答、活発な討論がなされ、ゆつたりと時間を組んだつもりでいたのが、不足気味に感じられるほどであつた。以下、本討論会の進行の概況を示す。