

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

電縫管の近年における進歩はまことに目ざましいものがあり、大型化、厚肉化、高級化、また高速化とその成果をあげつつある。ここでは、現在までの発展と将来のことも考えながら、電縫管技術を概観してみたいと思う。

まず、最近の電縫管に関する研究で特色のあるものを見わたしてみると、鉄鋼各メーカーにおいて電縫管溶接技術の研究が精力的に進められたことをあげたい。従来より、電縫管成形技術については、いくつかの特色ある研究の発表を見ることはできたが、1980年以降より溶接技術また入力制御技術に関する研究が溶接機をつくる立場からではなく、溶接機を使用する立場から種々検討が加えられ、新しい制御技術などの開発を促すにつけられたのは、まことに喜ばしい傾向であった。これらの現状をふりかえり、最近の研究の動向について考えてみたい。

1. 電縫管溶接技術に関する研究の動向

1980年～1984年までに鉄鋼協会講演大会で発表されたものを見わたると、きわめて興味深いものがある。UOプラス方式を除外して、いわゆる、ロール成形によるものだけとして、

- 小径電縫鋼管の入力自動化 (川崎製鉄)
- 電縫管ビード形状測定—光切断法によるビード形状計 (日本鋼管)
- 高周波電縫溶接の厚肉溶接特性 (日本鋼管)
- 電縫鋼管溶接接合部の性状—白色層の生成機構 (日本鋼管)
- 電縫部靱性に及ぼすポストアニーラ条件の影響 (日本鋼管)
- 電縫管シーム部の誘導加熱技術の確立 (日本鋼管)
- 電縫鋼管溶接時における副皮数の影響 (川崎製鉄)
- 電縫鋼管の自動入熱制御 (新日鐵)
- 電縫鋼管入熱制御システムの開発 (住友金属)
- 高周波電縫溶接における加熱溶融現象 (川崎製鉄)
- 電縫管製造用高性能インポータの開発 (新日鐵)
- 中径ERW極厚鋼管の溶接及び品質特性 (川崎製鉄)
- 造管における薄板片面高速溶接に関する研究 (東京工大) ← 1983年 塑性加工連合講演
- 電縫管シーム位置決め装置 (日本鋼管)
- 電縫鋼管オンライン自動渦流探傷装置 (新日鐵)
- 電縫溶接中における電振、負荷回路の電流、電圧、電力の関係 (川崎製鉄)
- 高速・大V₄束角条件における高周波電縫溶接現象と溶接欠陥発生率 (新日鐵)
- 中周波電縫溶接の基本的特徴 (新日鐵)

なお、鉄と鋼 70 (1984) No.9には「電縫鋼管溶接部の温度パターン計測と溶接入熱制御」(住友金属)、No.10には「電縫鋼管溶接部の白色層の生成機構」(日本鋼管)が発表されており注目される。以上のように、2、3～4年の間に行われた電縫管溶接の研究は集中的であり、溶接部、健全性に対して果した効果はきわめて大であると云わなければならないであろう。

2. 電縫管成形技術に関する研究の動向

成形技術については、鉄鋼協会その他、主として塑性加工講演会、塑性加工学会ロールフォーミング分科会等において発表されて来たが、その動向を見おろしてみると、特色あるものは次のようになる。

2.1 大径電縫鋼管のケージフォーミングに関する研究

川崎製鉄、山梨大鉄、石橋の研究であり、26インチの大径電縫管の成形過程について詳細な検討を加えており、通常の成形ロールに比べてケージロール成形ではケージゾーン内の相対ひずみ変化はそれぞれ小さく、また滑らかな変化を示しており、長手方向相対膜ひずみはエッジ部で圧縮ひずみが漸増し、センター部で引張ひずみが漸増し、中央延伸効果が認められることが報告されている。なお、 $24\frac{1}{2} \times 19.05$ mmの極厚鋼管の成形についても検討を加え、フィンパス前に角張りやオウで、フィンパス成形時に過大なエッジ増肉を生じ、成形荷重も大きくなる。これを防止するため、フィンパス前の成形フラワーをナチュラルベントフラワーに近づけるための考察を行っている。

2.2 厚肉電縫管および薄肉電縫管成形に関する研究

電縫管の肉厚については厚肉化と薄肉化の傾向が見られるが、とくに厚肉化に対しての実験的検討が進められ、上述のケージフォーミングにおいても同様であるが、中、小径電縫管において、とくにその傾向が強い。これに対処するため、オウではしめ、ブルーダウニング成形でW字型に塑性曲げを行うWベント方式が採用されるようになり、実用化されている。しかし、エッジ成形時に極端よりごく近傍で肉減りが生じやオウことから、極端部近傍は曲げずに成形し、溶接後は円形に成形することによってエッジベントを行うとす橋田成形法に関する研究が新日鐵から報告されている。なお、Wベント方式はむしろ薄肉電縫管の成形に適しているとも報告されており、エッジ部の伸びが小さく、エッジの座屈防止に効果があり、また、ダウニングととることで、さらに効果があるといわれている。

2.3 電縫管成形に関するCAD・CAMの研究

最近、電縫管成形用ロールの設計および製造に対して新しくCAD、CAM方式を利用できないかという気運が生じており、東大、東工大における基本的な研究のほか、日立金属、石橋などのメーカーによる開発研究も進められている。しかしながら成形ロールについてはCADの研究は開始された段階であり、主としてCAMの実用化の研究が進められていると云っても過言ではないように思う。各種の電縫管成形ロールについてはデータロッキングもそれぞれ積極的に進められ、電縫管のサイズ、材質、成形方式などが決まれば、直ちに設計図面が製作され、機械加工に直結されるようになってきている。また、石橋の発表によればケージフォーミングに関して成形ロールの自動設計システムが出来ているとのことであり、注目される。

2.4 角管成形に関する研究

建設用の角管需要の増大により、電縫管成形後に4ロール式のサイジングロールで角型に成形する方式や厚板プレス方式で曲げて成形する方式などがあるが、最近、円形の電縫管を母管として、押抜き方式で成形ロールにより各種角管を製造するエクス・ロールフォーミングが開発され、多種少量生産に適した方式としてステンレス鋼の $400 \times 400 \times 12$ mm程度までの角管成形が可能とされている。

以上、最近の研究のなかで特に注目される傾向について触れてみたが、電縫管の全体的な動向を見ると、順次に高級化が進み、従来は継目無鋼管の分野であった範囲にも、かなり広く採用されるようになったことを忘れるわけはない。以下、思いっくままに、電縫管の現在および将来についてその全体的な動向について記述してみたい。一部、偏った見方をすることもあればあるが、ご了承ください。

3. 電縫管製造技術の今後の課題

3.1 電縫管の製品としての立場より

(1) 電縫管の高級化：電縫管の高張力化、合金化は進みつつあり、ラインパイプでは API-5LX-X42, X56, X60 さらに X70 以上へと高級化しつつある。また、ボイラ・熱交換器用合金鋼鋼管として、すでに $1Cr-0.5Mo$ 鋼までの電縫管は実用化され、 $2.25Cr-1Mo$ ($0.11C-0.45Mn-2.27Cr-0.92Mo$, $TS \geq 42 \text{ kgf/mm}^2$, $HRB \leq 85$) が使用可能になったことが報告されており、この方面の高級化も順次、進むものと考えられる。

(2) 電縫管の大型化：大型ケージフォージング設備の出現により 26 インチ以下では製造されているが、さらに 28 インチも製造可能となりつつあり、電縫管設備の大型化は今後ともフルケージフォージング技術ともありつつ進展するものと思われる。

(3) 電縫管の厚肉化：特殊厚肉管に対する社会的要求、とくにエネルギー開発に対する要求などにより、肉厚の増加の傾向は著しく、これら厚肉管の成形におけるエッジ成形の困難さの克服、また、シートパイル、角パイプなどの厚肉化が進み、電縫管成形機の剛性などに問題が生じており、今後とも高剛性の成形ラインの必要が大きくなるであろう。

(4) 電縫管の薄肉化：厚肉化とは反対に、あまり強度を必要とせず、また普通鋼よりも寿命をのびたり耐食性をあわせたいために、薄肉のステンレスパイプの要求が増加しており、これら薄肉管の成形でエッジウエーブなどのひずみを防止しながら成形する方法の研究も必要であり、W ベント方式も効果があると云われている。

(5) 電縫管の複合化：普通鋼の電縫管の内面または外面に薄いステンレス鋼板や非鉄板をの地を成形中に巻きつけて溶接する方式のクラッドパイプや接着剤で接着させる複合化技術も一部、出現しているが、実用的立場より、また、人々の趣向とも関連して今後とも進む方向であろう。

3.2 電縫管の設備としての立場より

(1) ロール・フィック・チエンジ方式の南巻：同一設備により多種生産を行なうためのロール・フィック・チエンジ方式の研究は重要テーマであり、プロセス加工における型のフィック・チエンジも進歩しており、類似の現象である。現在、ブロー式、幅寄せ式、多列成形式、横抜きインスタント交換式その他が出現しているが、さらに能率的な設備の南巻が必要であろう。

(2) 電縫管ラインの高速化、自動化、無人化：中型設備また小型設備については高速化が進みつつあり、とくに小型では 200 m/min を超える

設備も出現している。自動化、無人化を進めるためには各種センサーの研究開発が必要であり、制御の研究も他の在産設備に比べておくれており、研究の必要性が大きい。とくに、成形後の製品のオンラインの検査に実用各種設備も超音波の利用その他、進歩しつつあるが、さらには今後とも重要なテーマであろう。また、小型設備では多ストランド電線管ミルも考えられよう。

(3) サイドロール・アイトラール方式の採用：大型ケージフォーミングではすでにサイドロール、アイトラールが多数利用され、あまりロール交換を行わないように、広範囲のサイズを成形可能にしているが、さらに各種の電線管設備において駆動用ロール以外のロール、また、スプリットロール、フィンパスロール、タックスヘッドロールなどにおいて、サイドロール、アイトラールの考え方を採用する必要があるのではないかと考えられる。事実、すでにフレックダウンパスでも上ロールをアイトラールにしている例がある。

(4) 電線管ラインから冷間引抜き、また、二次塑性加工への連続化：光ファイバー用パイプにおいてロール成形、溶接後、直ちに連続的引抜き加工を行って成功した例があるが、中型、小型の電線管ラインで成形、溶接後、二次塑性加工として冷間引抜き、冷間鍛造その他の加工を連続化、複合化するにも必要ではないか。フローティング・プラグを利用する引抜き、また、単なる引抜き（空引き）、さらに冷間レデュースロールなども考えられよう。

(5) 電線管ラインの付帯設備：現在、すでにフルーフ式フリールーフ、センビシ式フリールーフ、スパイラル式フリールーフなどが開発され、実用化が進んでいる。これは主として海外からの技術導入によるものが多いが、電線管のメインラインのみでなく、ラインの前後の付帯設備についても研究開発の必要があると思うが、いかがであろう。

(6) 新溶接法との組み合わせ：低周波抵抗溶接→高周波抵抗溶接→高周波誘導溶接と進歩したわけであるが、溶接の入熱制御などとともに、電線管溶接に対するスクエアウェーブ、TIG、MIG、中周波、プラズマ、電子ビームなどの有効性、また、組み合わせなどの検討も必要ではないかと思われる。中周波については異なる意見も出ている。なお、将来には新しい接着や圧着、その他の接合方法も検討の必要が出てくるものと思われる。

参考文献

- 1) 加藤：冷間ロール成形，日刊工業新聞(1975)。
- 2) 日本鉄鋼協会：昭和55年，56年，57年，58年，59年春期及び秋期講演大会講演概要。
- 3) 日本鉄鋼協会：第23・25回西山記念技術講座，第50・51回西山記念技術講座。
- 4) 日本塑性加工学会：塑性と加工，20(1979)，冷間ロール成形小特集号。
- 5) 日本塑性加工学会：塑性と加工，23(1982)，ロールフォーミング特集号。
- 6) 日本塑性加工学会：技術懇談会「ロールフォーミング加工におけるCADの現状と課題」(1994)