

# 電縫管の成形に関する研究(第1報)

## —フィンパス成形の検討(1)—

Studies on Roll Forming Process of Electric Welded Pipes • 1st Report

— Investigation into Deformation of Sheet in Fin Pass Roll (1) —

木内 学\*・新谷 賢\*・江藤 文夫\*

Manabu KIUCHI, Ken SHINTANI and Fumio ETO

### 1. ま え が き

電縫管の成形においては、縁部ならびに突合わせ面の形状の良否が溶接性、ひいては製品の特性に大きな影響を与えることが知られている<sup>1)~4)</sup>。筆者らはすでに、電縫管の成形過程のうち、ブレイクダウン成形について一連の研究結果を報告<sup>5)~11)</sup>してあるが、本研究ではサイドロール・フィンパスロールによる成形過程に重点をおき、各種成形条件(フィンパスロールの形状・寸法など)が製品形状、特に、縁部ならびに突合わせ面の形状に与える影響について検討を進めているので、その結果を報告する<sup>12)</sup>。

### 2. 実験方法・実験条件

使用した試験機はスタンド幅300mm、3スタンドタンデム成形機であり、実験方法の概要を図1に示す。素板(平板)は入口ガイド(ボックス形)を通り、ブレイクダウンロールのBR1、BR2、BR3を経てまず半円形に成形される。このBR成形の段階では真直で縁破のない半製品を成形する。次に、半円形に成形された

ブレイクダウンロール成形

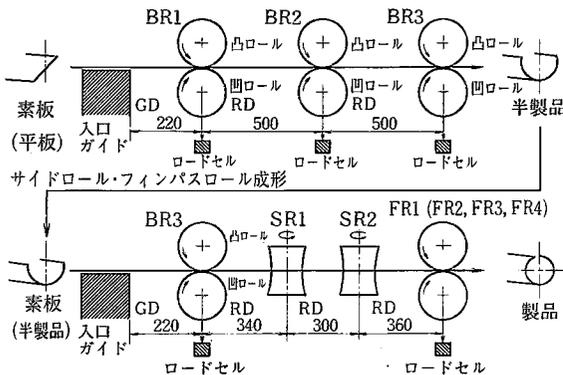


図1 タンデム成形実験概略図

素板は、BR3、サイドロールのSR1、SR2、フィンパスロールのFR1(FR2、FR3、FR4)を経て

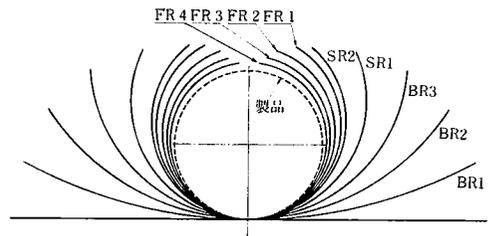


図2 ロールフラワー(76.3φ×4.5t)

表1 実験条件

素材材質	SS41相当熱延板
素材板厚(t)	3.0mm
素材板幅(2b)	229.5mm
素材長さ	2,000mm
駆動方式	上下軸直結駆動
圧下調整	定クリアランス方式
成形速度	約3m/min
潤滑	なし

表2 パススケジュール

BR成形		スタンド	BR1	BR2	BR3
ロール高さ(RH)mm			+20	±0	±0

BR・FR成形

スタンド		BR3	SR1	SR2	FR1	FR3
ロール高さ(RH)mm		±0	±0	±0	+20.0	
押込み量(mm)	Case 1		±0	-1.4	リダクション γ=2%	
	Case 2		+2.0	+4.0		
ロール高さ(RH)mm		±0	±0	±0		+22.5
押込み量(mm)	Case 3		±0	-1.4	リダクション γ=2%	
	Case 4		+12.6	+18.6		

\* 東京大学生産技術研究所 第2部

研究速報

円形に成形される。ロール孔形は製管寸法  $76.3\phi \times 4.5'$  を基準として設計したものであり、ロールフラワーを図2に示す。その他の実験条件をまとめて表1に、実験のパススケジュールを表2に示す。

3. 実験結果および考察

3.1 周方向曲率分布 ( $1/\rho_y$ )

図3、図4に製品外表面の周方向曲率分布を示す。曲率の正負は製品の内側からみて、外に凸の場合を正、逆の場合を負とする。ただし、本実験ではSR成形において、板中央(管底部)にあたるボトムロールは用いていないことに注意されたい。

図5にはSR1のロールギャップ内の素板の変形状態を模式的に示す。SR1では、素板はロール拘束域(管側部)でロールになじみやすいが、ロール開放域(管底部)では、オーバーベンドの傾向を示し、底部中央で曲率の最大値を示す。左右からのSR1の押込み量が大きいほど、このオーバーベンド量が増す傾向にある。縁部はロールにより押し込まれ、わずかにロール曲率より大となり、オーバーベンド気味となる。

SR2ではロール拘束域(管側部)の中央がオーバーベンドの状態となってくる(図6参照)。また、ロール開放域(管底部)のオーバーベンドは、SR1通過後よりさらに大きくなり、SR2の押込み量が大きいほど、大となる。ロール拘束域とロール開放域との境界のロール肩部においては、成形がほとんど進行しないことがわかる。縁部ではSR1より成形がわずかに進行するが、その成形曲率はSR2のロール曲率と等しいか、それ以下となり、成形は不十分である。

図7にはFRのロールギャップ内における素板の変形状態を模式的に示す。管底部は下ロールの底部にあたり、急激な曲げ戻し変形を受け、ロール曲率と等しいか、それ以下の曲率となり、結果的に成形が不十分の状態となる。底部および縁部を除くロール拘束域においては、成形曲率はロール曲率より全体的に大きめとなり、側部中央(フランジ部)で最大となる。縁部はFR1(フィン角度  $30^\circ$ ) でロール曲率と等しく、ロールになじみ易くなり、FR3(フィン角度  $10^\circ$ ) でロール曲率と等しいか、それ以上の曲率となり、オーバーベンド

気味となる。これらの結果は図8に示すように、フィンロールから縁部に加わる力(円周方向成分  $F_\theta$ 、半径方向成分  $F_r$ )の大小に対応しており、フィン角度  $30^\circ$  の場合には  $F_\theta$  が曲げ成形を行う  $F_r$  より大きくなり、フィン角度  $10^\circ$  の場合には  $F_\theta$  より  $F_r$  の方が大きくなるためと考えられる。一般に、SR2の押込み量が大きいと、FRへの進入前の断面は縦長となり、これをFRが押しつぶして成形するため、周方向曲率分布は一定とならず、多角形の状態に近づく。

3.2 長手方向そり曲率 ( $1/\rho_x$ )

本実験ではBR3, SR1, SR2のロール高さを(RH) =  $\pm 0$  とし、FR1, FR3のロール高さはとりあえず (RH)<sub>FR1,3</sub> =  $+20.0$  または、 $+22.5$  mm に設定したが、長手方向に正(鞍形)のそりが発生(そりの量はわずかに)している(図9参照)。SR1, SR2の押

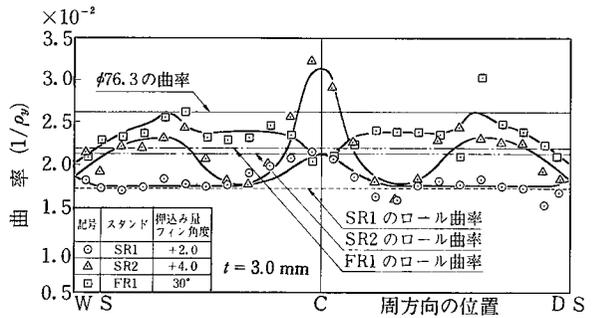


図3 周方向の曲率分布

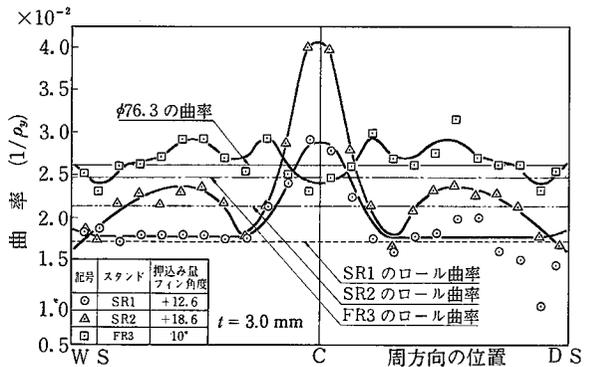


図4 周方向の曲率分布

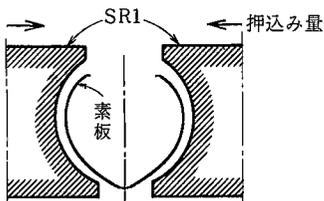


図5 SR1のロールギャップ内の素板の変形状態

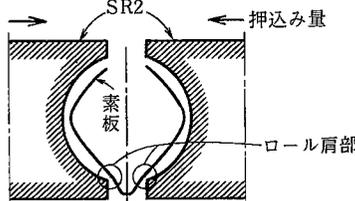


図6 SR2のロールギャップ内の素板の変形状態

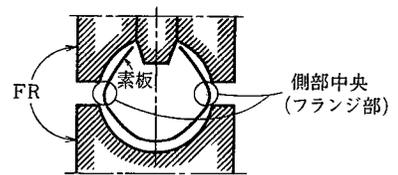


図7 FRのロールギャップ内の素板の変形状態

(a) フィン角度 30° の場合 (b) フィン角度 10° の場合

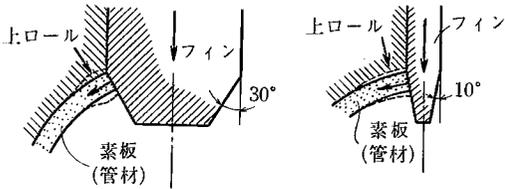


図8 フィンバースロールから縁部に加わる力の成分

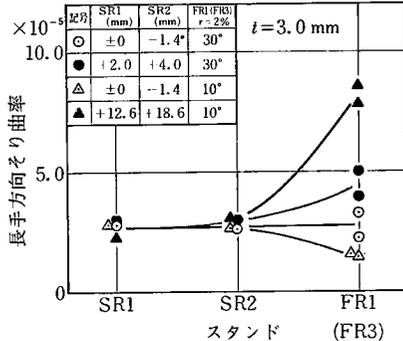


図9 SR・FR通過後の長手方向そり曲率

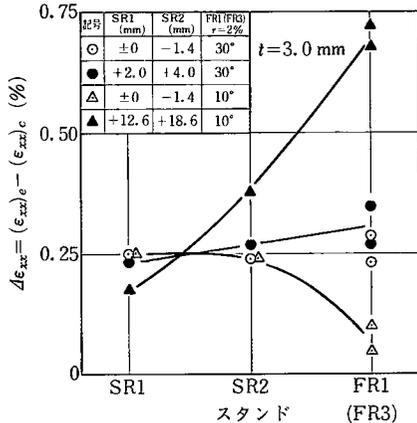


図10 SR・FR通過後の縁部の長手方向伸びひずみ  $(\epsilon_{xx})_e$  と管底部中央の長手方向伸びひずみ  $(\epsilon_{xx})_c$  の差  $\Delta\epsilon_{xx}$  込み量を負(基準値より開く)とすると、FR通過後のそりは小さくなり、押し込み量を正(基準値より閉じる)とすると、FR通過後のそりは大きくなる。これは先に示したように、SRの押し込み量を増すと、FR進入前の成形断面の形状は縦長となり、これをFRで押しつぶしつつ成形するため、ロール直前・直下における縁部の軌跡長が増大して、それ以前における縁部の伸びひずみが修正されにくくなるばかりか、場合によっては助長されるためである。一方、図10に示すように、縁部の長手方向伸びひずみ  $(\epsilon_{xx})_e$  と管底部中央の長手方向伸びひずみ  $(\epsilon_{xx})_c$  の差を  $\Delta\epsilon_{xx}$  とし、SRの押し込み量に対するこの  $\Delta\epsilon_{xx}$  の変化をみると、上述の長手方向のそり

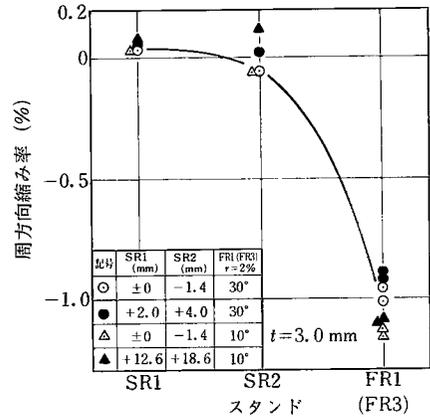


図11 SR・FR通過後の周方向縮み率  $(E_y)$

の変化とよく対応していることがわかる。

3・3 周方向縮み率  $(E_y)$ 、長手方向伸び率  $(E_x)$

図11にSR・FR通過後の周方向縮み率  $E_y$  を示す。FR成形ではいわゆるリダクション  $(r) = 2\%$  を目標としたが、図より実質リダクションは約1%であることがわかる。SRにおいては  $E_y$  はあまり変化しないが、FR通過の際に急激に周方向に縮むことが判る。FR1とFR3とを比較すると、FR3の方が素板全域がロール孔形により拘束され、絞り変形が起こり易くなるため、わずかではあるが  $E_y$  が大となる。さらに、SR2を基準値より開き、FRで急激に成形した方が  $E_y$  は大きくなる。

図12に  $\bar{E}_x = \{(\epsilon_{xx})_{DS} + (\epsilon_{xx})_{WS} + 2(\epsilon_{xx})_C\} / 4$  より求めた長手方向伸び率  $E_x$  の変化を示す。BR成形で長手方向にわずかに縮む傾向を示した素板は、SR成形で縮みから伸びへと転じ、FR成形では急激に伸びる傾向を示す。FR1とFR3とを比較すると、フィン角度の小さいFR3の方が周方向全域にわたる拘束が強まるため、 $\bar{E}_x$  は大きくなる。さらに、SR2を基準値より開き、FRで急激に成形した方が  $\bar{E}_x$  は大きい。また、図13の結果より、フィン角度が小さく、周方向全域にわたる拘束が強まると、 $E_y$  と  $\bar{E}_x$  とは2:1の割合で発生することがわかる。

3・4 板厚の変化

図14、図15にFR通過後の周方向の板厚増加率を示す。板縁における板厚の減少はBR・SRへの進入過程において縁がロールにより、しごかれたためと考えられる。この場合、縁部から2~4mmの位置で板厚増加率は最大となり、縁部から8~10mmの位置から管側部にかけての板厚増加は微量である。板厚の変化はSRの押し込み量の影響をあまり受けないが、フィン角度が大きい場合、板厚の増加は縁部に局所的に集中する傾向を示

研究速報

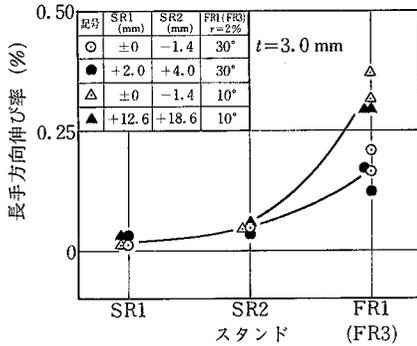


図12 SR・FR通過後の長手方向伸び率 ( $E_x$ )

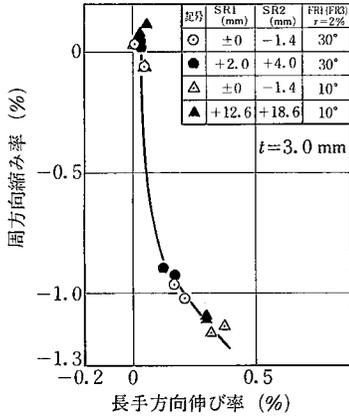


図13 周方向縮み率 ( $E_y$ ) と長手方向伸び率 ( $E_x$ ) の関係し、フィン角度が小さい場合、縁部から管側部にかけて分散する傾向を示す。

4. ま と め

(1) SR成形においては、素板はロール拘束域(管側部)でロールになじんだ状態から、中央がオーバーバンドとなる傾向を示し、ロール開放域(管底部)ではオーバーバンドとなる。(2) FR(単スタンド)成形においては、管底部は急激な曲げ戻し変形を受け、結果的に成形不十分の状態になり易い。管縁部の形状はフィン角度が大きいとロールになじみ易く、フィン角度が小さくなるとオーバーバンドとなる傾向を示す。(3) 一般に、FR成形においては、管材は周方向に折れ曲がった状態(多角形)に成形され易い。(4) FR成形において、リダクションを加えるとフィン角度が小さくなるとともに、周方向縮み率と長手方向伸び率の比が約2:1に近づく。(5) FR成形において、リダクションを加えると板厚の増加が発生するが、この板厚の増加はフィン角度が大きくなると管縁部に集中する傾向がある。

(1980年4月1日受理)

参 考 文 献

1) 中島ほか;昭和51年塑加春講論集(1976)

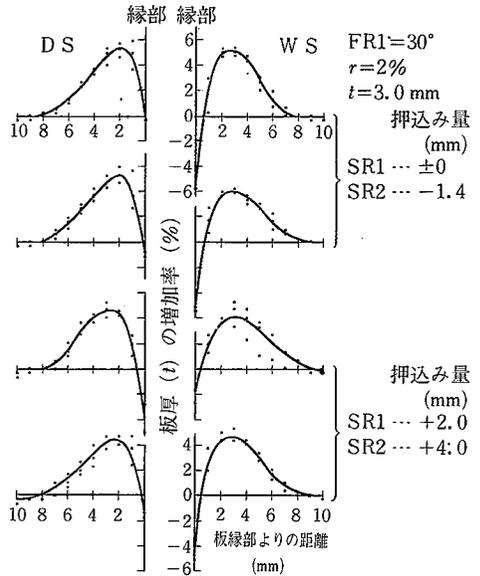


図14 周方向の板厚 (t) 増加率

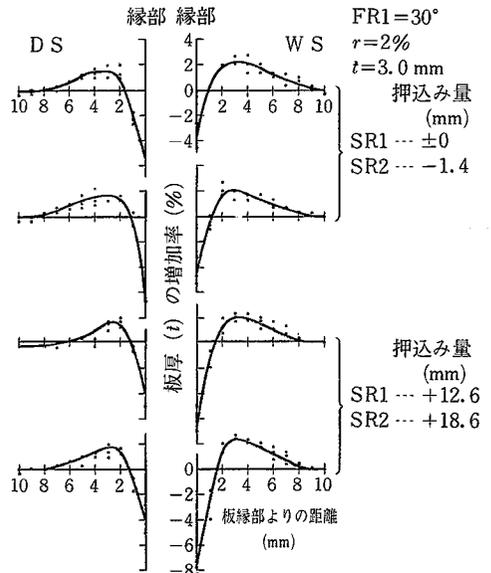


図15 周方向の板厚 (t) 増加率

2) 中島ほか;第29回塑加連講論集(1978)  
3) 生嶋ほか;鉄と鋼講演概要集(1978.3)  
4) 生嶋ほか;鉄と鋼講演概要集(1978.9)  
5) 鈴木・木内ほか;塑性と加工 10-97(1969.2)  
6) 鈴木・木内ほか;塑性と加工 10-102(1969.7)  
7) 鈴木・木内ほか;塑性と加工 10-102(1969.7)  
8) 鈴木・木内ほか;塑性と加工 11-110(1979.3)  
9) 鈴木・木内ほか;塑性と加工 11-112(1970.5)  
10) 鈴木・木内ほか;塑性と加工 11-119(1970.12)  
11) 鈴木・木内ほか;塑性と加工 15-165(1974.10)  
12) 木内ほか;第11回塑加春講論集(1980)