

電縫管の成形に関する研究 (第2報)

— フィンパス成形の検討(2) —

Studies on Roll Forming Process of Electric Welded Pipes · 2nd Report

— Investigation into Deformation of Sheet in Fin Pass Roll (2) —

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が、この部分の形状不良の発生機構については必ずしも十分には解明されていない。この問題に関して、前報¹⁾ではサイドロールの押込み量の変化、フィンパスロールの形状・寸法が製品形状に与える影響について検討したが、本報では同様な成形条件因子の影響の下で、ブレイクダウン成形時に発生した縁波が、サイドロール・フィンパスロール通過時に示す変形挙動、あるいは縁部および突合わせ面の形状が受ける影響、について検討した結果を報告する。

2. 実験方法・実験条件

実験装置・実験方法は前報と同様であり、詳細は省略

表1 実験条件

素板材質	SS41 相当熱延板	
素板材質 (t)	2.15 mm	3.0 mm
素板材質 (2b)	232.5 mm	229.5 mm
素板長さ	2000 mm	
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 3 m/min	
潤滑	なし	

表2 パススケジュール表

BR 成形

スタン	BR1	BR2	BR3
凹ロール曲げ半径 mm	230.8	115.8	76.8
ロール高さ (RH) mm	+20	±0	±0
	+20	+5	±0
	+20	+10	±0

SR・FR 成形

スタン	BR3	SR1	SR2	FR3
凹ロール曲げ半径 mm	76.8	57.8	46.8	フィン角度 10° 40.35
ロール高さ (RH) mm	±0	±0	±0	+20
押込み量 mm		±0	+8.0	リダクション γ=2%

* 東京大学生産技術研究所 第2部

する。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成形では真直で縁波のない半製品、真直ではあるが縁波の発生している半製品、縁波はなく代わりにそりが発生している半製品、などを成形する。次に、この半円形に成形された半製品は、BR3, サイドロールのSR1, SR2, フィンパスロールのFR1 (FR2, FR3, FR4)を経て円形に成形される。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/ρ_φ) および縁部の形状

図1に t=2.15 mm の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。

SR1では、素板はロール拘束域(管側部)でロールになじみ易いが、ロール開放域(管底部)ではオーバーベンドの傾向を示し、管底部中央で曲率の最大値を示す。ロール肩部(拘束域と開放域との境界)において素板は成形不十分となる。縁波の発生している部分の周方向形状は、正常な形状に比べ曲率は小さく、成形不十分であり、縁波の影響は縁部からロール拘束域を経てロール肩部にまで広がっている。

SR2では、素板はロール拘束域の中央でオーバーベ

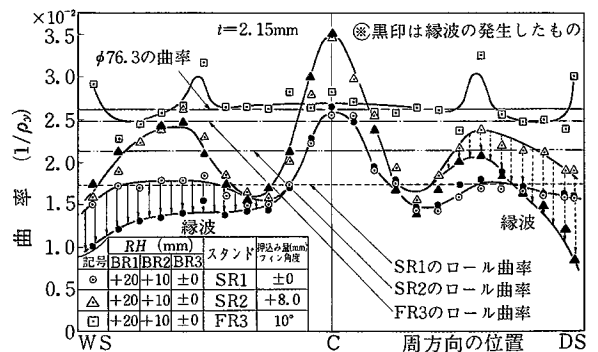


図1 周方向の曲率分布

ンドの状態になり、ロール開放域のオーバーバンドはSR1通過後よりさらに大きくなる。ロール肩部では成形がほとんど進行せず成形不十分である。縁波の発生部の周方向形状はSR1と同様な傾向を示す。

FR3では、全周にわたりオーバーバンド気味となり、管側部中央で曲率の極値を示すが、これはロール孔形に素板が充満し、管側部が上下ロールにより噛み出される傾向を示すためと考えられる。

前報で示した $t=3.0\text{ mm}$ の場合と比較すると、SR通過後の形状としては、ロール肩部での形状がより成形不十分となり、FR通過後の管底部の形状が若干改善されていることが判る。

以上は周方向の形状をマクロ的にみたものであるが、三次元座標測定機により縁部の形状を細かく検討した結

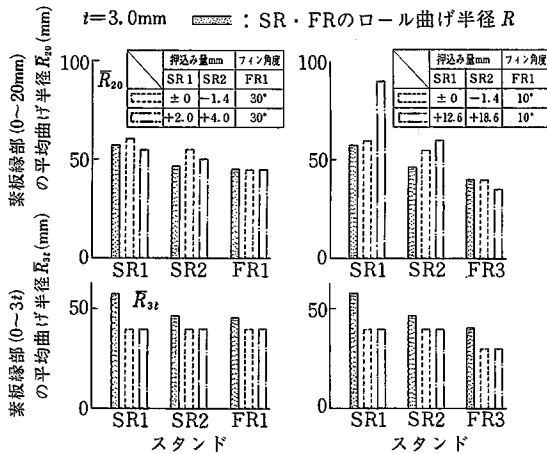


図2 素板縁部(0~20), (0~3t)の平均曲げ半径 $\overline{R}_{20}, \overline{R}_{3t}$

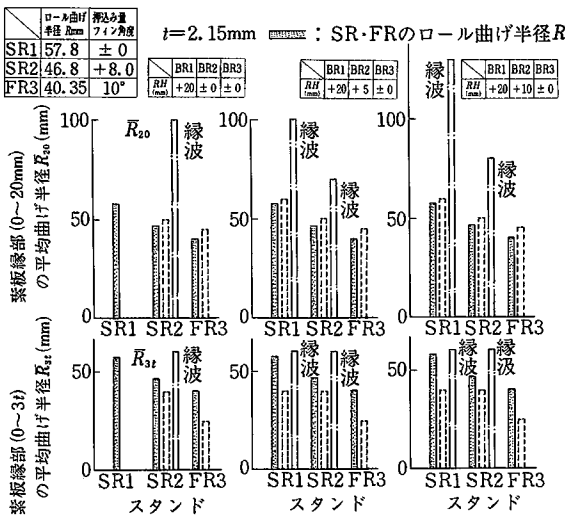


図3 素板縁部(0~20), (0~3t)の平均曲げ半径 $\overline{R}_{20}, \overline{R}_{3t}$

果を以下に示す。図2, 3に素板縁部の縁より20mm幅および縁より3t mm幅の平均曲げ半径 $\overline{R}_{20}, \overline{R}_{3t}$ を示す。平均曲げ半径 \overline{R}_{20} をみると、SR・FR成形ともロール曲げ半径 R より大きいのか、ほぼ等しいことがわかる。ところが、より狭い縁部近傍(極縁)の平均曲げ半径 \overline{R}_{3t} についてみると、SR・FR成形ともロール曲げ半径 R より小さくなり、この部分の形状はオーバーバンドとなっていることがわかる。FR成形の際のフィン角度30°と10°の場合を比較してみると、縁部近傍の形状はフィン角度の小さい方がより強く曲げられている(オーバーバンド)ことがわかる。

3.2 縁波の急峻度

$t=2.15\text{ mm}$ のBR・SR・FR成形で縁波が発生した場合について、縁波の高さ(h)と長さ(l)の比を急峻度(λ)として定義し図示したものが図4である。BR3通過後の半円形の素板は長手方向に真直で規則的に縁波が発生している場合や、長手方向にそりが発生し、縁波が発生しない場合などが含まれている。これらの素板はSR通過によって、長手方向のそりや縁波の状況が変化し、新たな縁波の発生がみられる場合もある。さらに、SR通過によって素板の縁波は集約され、助長されて急峻度 λ が大きくなる場合もある。FR通過の際には、周方向にリダクションを加えていることもあって、縁波は急激に小さくなるのがわかるが、今後さらに、フィン角度・リダクションなどの影響について定量的な検討を行う必要がある。

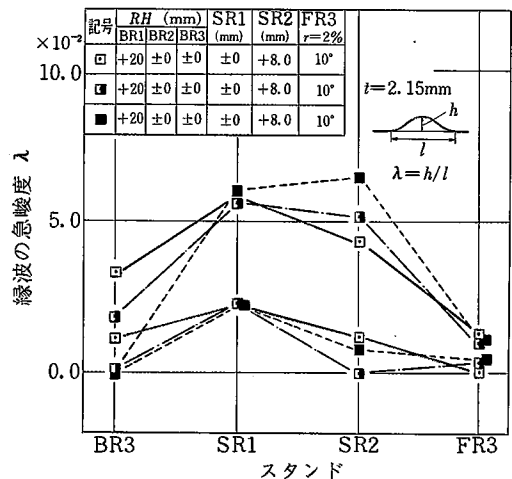


図4 BR・SR・FR通過後の縁波の変化

3.3 長手方向伸び率 (\overline{E}_x), 周方向縮み率 (E_y)

図5に $\overline{E}_x = \{(\epsilon_{xx})_{DS} + (\epsilon_{xx})_{WS} + 2(\epsilon_{xx})_C\} / 4$ より求めた長手方向の平均伸び率 \overline{E}_x の各ロール通過後の累積値による変化を示す。素板はBR・SR成形でも長手方向に

研究速報

僅かに伸ばされるが、FR成形で急激に伸ばされることが判る。縁波との関係を見るとその相関性が明らかであり、FR成形で長手方向に急激に伸ばされると、縁波は急激に減少する。

図6には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 $\Delta\epsilon_{xx}$ として、BR・SR・FR通過後の変化を λ と対比させつつみたものである。SR通過後に $\Delta\epsilon_{xx}$ が大きくなるが、このことと縁波が大きく (λ が大きく) 発生することが明らかに対応している。また、FR成形で、 $\Delta\epsilon_{xx}$ が小さくなるのににもかかわらず λ が急激に減少しているのは、

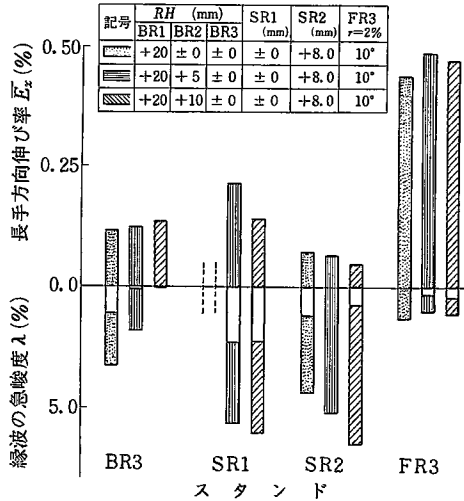


図5 BR・SR・FR通過後の長手方向伸び率 (\bar{E}_x) および縁波の急峻度 (λ)

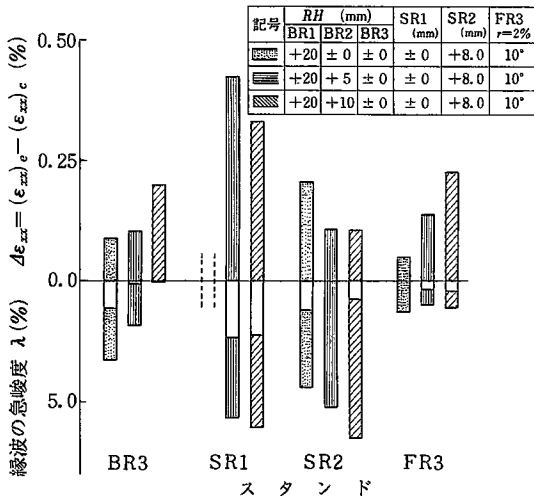


図6 BR・SR・FR通過後の長手方向伸びひずみの差 $(\Delta\epsilon_{xx} = (\epsilon_{xx})_e - (\epsilon_{xx})_c)$ および縁波の急峻度 (λ)

ϵ_{xx} の分布が長手方向そりに吸収されるためと考えられる。

図7はBR・SR・FR通過後の $\Delta\epsilon_{xx}$ と長手方向そり曲率 $(1/\rho_x)$ の関係をみたもので、一般に縁波がない場合には、 $\Delta\epsilon_{xx}$ と $1/\rho_x$ の関係は断面形状が決まれば 1:1 の対応関係がある。図中の実線上では、長手方向のそりのみが発生し、縁波の発生はみられない。一方、図中の実線より左側の部分(斜線部分)では、長手方向のそりは僅

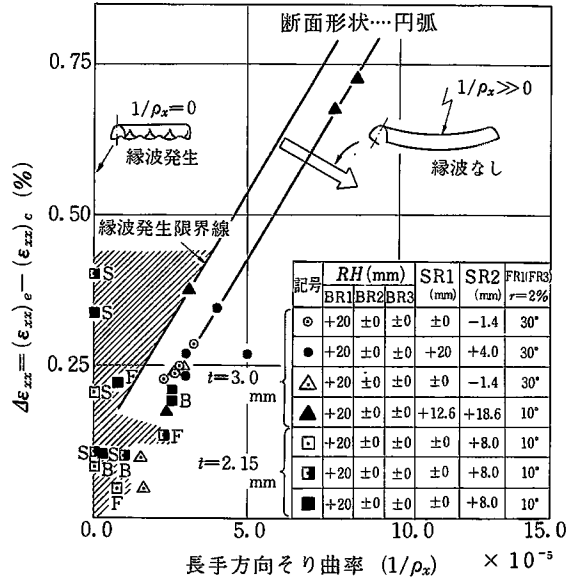


図7 BR・SR・FR通過後の長手方向伸びひずみの差 $(\Delta\epsilon_{xx} = (\epsilon_{xx})_e - (\epsilon_{xx})_c)$ と長手方向そり曲率 $(1/\rho_x)$ の関係

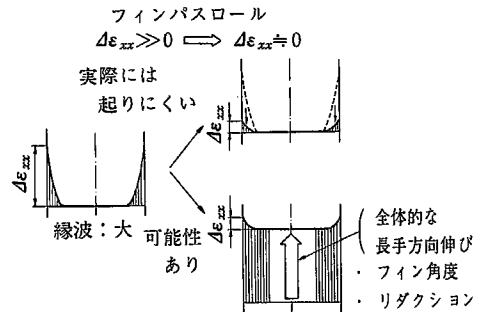
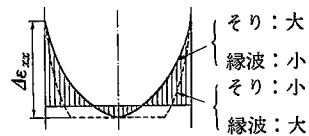


図8 長手方向伸びひずみ (ϵ_{xx}) の幅方向分布

かかまたは発生せず、縁波の発生がみられる。図8に示すように、長手方向そりと縁波の関係を長手方向伸び e_{xx} の幅方向分布により考えてみると、 e_{xx} の幅方向分布が実線のような場合には、長手方向にそり(大)が発生し、点線のような場合には、長手方向のそりは発生しにくく、縁波となって伸びの不均一分布が吸収されると考えられる。したがって、 e_{xx} の分布が縁部近傍に集中し、 Δe_{xx} が大きくなるほど縁波は発生し易くなる。

図9は周方向縮み率 (E_y) と長手方向伸び率 (E_x) の関係をみたものである。本実験では、FR成形でリダクション (r)=2% を目標としているが、図より、実質的には $t=3.0$ mm で約 1.0%, $t=2.15$ mm で約 1.5% であ

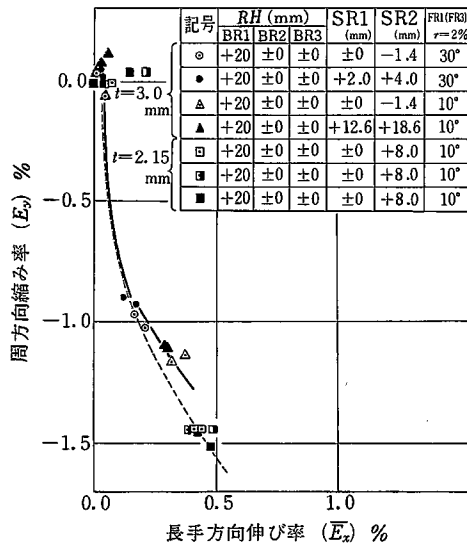


図9 周方向縮み率 (E_y) と長手方向伸び率 (E_x) の関係

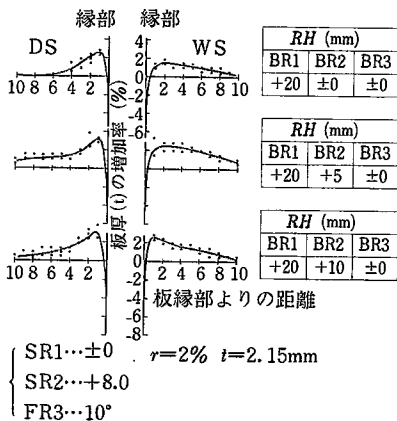


図10 周方向の板厚 (t) 増加率

ることがわかる。既述のように縁波を消去させるためには、長手方向の伸び率を増すことが必要であるが、そのための条件としては、フィン角度を小さく、周方向全体の拘束を強めることが有効である。しかし、同時に縁部のオーバーベンドの進行や、次に述べる板厚増加などの問題が発生するので、これらを調和させる最適な条件を見出す必要がある。

3.4 板厚の変化

図10に $t=2.15$ mm の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、縁部がロールによりしごかれるためと考えられる。縁部から1~2mm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。BR成形でパスラインの変化による板厚増加率の影響はみられない。周方向にみた板厚増加率の分布はフィン角度(10°)が同じであれば同様な傾向を示すが、板厚の薄い方が板厚増加率の最大値が板縁に近づく。

4. ま と め

(1) SRの押し込み量を増すと、SR内で板材は不均一曲げ変形を受け易い。これを防止するためには板材をSRによりできるだけ全面的に拘束する必要がある。(2)FR(単スタンド)成形後の板縁部の平均的な形状は、一般に成形不十分となるが、極縁(縁部より3t程度の範囲)はオーバーベンドになり易い。(3)SRの押し込み量を増すと、FR入側で断面の形状は縦長となり、FR(単スタンド)成形後の板縁部のオーバーベンドが助長される傾向がみられる。(4)板縁部の板厚増加率の周方向への分布は、フィン角度が同一の場合、板厚が薄いほど最大値の発生位置が板縁に近づく傾向を示す。(5)BR・SR成形で発生した縁波を消去するには、FR成形で周方向全体の拘束を強め、周方向に均一な長手方向伸びを与える必要があるが、これはフィン角度の小さいロールが有効であるが、フィン角度の小さいロールで急激にこの様な成形を行うと、縁部のオーバーベンドの進行、板縁部近傍の板厚増加の局所化などの問題が助長されるので、フィン角度を調整して、これらを調和させる最適な成形条件を見出す必要がある。

(1980年9月5日受理)

参考文献

1) 木内・新谷・江藤：昭55塑加春講集，287 (1980-5)