

ロールフォーミングに関する実験的研究 第16報

(V形断面の曲げ部およびその近傍の肉べりについて)

Experimental Study on Cold-Roll-Forming Process. 16th Report

—Investigation into Thickness Reduction at Bending Region of V-type Cross-Section—

鈴木 弘*・木内 学*・新谷 賢*・三浦 史明*

Hiromu SUZUKI, Manabu KIUCHI, Ken SHINTANI and Fumiaki MIURA

1. ま え が き

折り曲げ部をもつ断面（特に厚肉板）のロール成形では、曲げ領域に肉べりが発生し、製品形状・製品強度・素材の幅方向伸び等の面から問題が生じる。本報では、V形基本断面について、ロール成形とプレス曲げの際の曲げ部の肉べり・素材の幅方向伸びを、各種成形条件因子を変えた場合について、実験的に比較・検討した結果を報告する。

2. 実験方法および条件 (表 1)

ロール成形は、前報までの一連の研究と同一の手法に従い、プレス曲げは、ポンチ・ダイスを用いた型曲げを行ない、両者の成形条件は、それぞれ対応させ、クリアランスに関しても、ロール成形・プレス曲げの両者の最終状態でのクリアランスが、同一の値となるようにしてある。実験条件をまとめて表 1 に示す。

3. 曲げ部形状の測定方法および表示方法

製品の断面の外縁・内縁の平面座標を三次元座標測定

表 1 V形曲げの実験条件

	記号	ロール成形	プレス曲げ
素材材質		SS-41, SS-28	相当ミルスケール付き熱延板
板厚	t mm	2.2, 3.0, 4.5, 6.0	2.2, 3.1, 3.4, 4.5, 6.0
板幅	$2b$ mm	60, 80, 94	60, 80, 94
板長	l mm	3000	120
曲げ角	θ°	15, 30, 45	15, 30, 45
先端曲げ半径 (設計値)	R_d mm	0 (公称), 3, 9	0 (公称), 3, 9
ロール高さ	(RH)	(0), (0, 0), (0, 0, 0)	
成形速度		約 30 m/min	約 2×10^{-3} m/min
スタンド組合せ		#1, #1+#2, #1+#2+#3	
潤滑		なし	
圧下方式		定クリアランス方式	

* 東京大学生産技術研究所 第 2 部

機を用いて測定し、その結果より断面形状の拡大図を描き、この図より板厚または、肉べりの分布を求めた。板厚は、製品外縁より内縁に垂線を下し、その中点より再び外縁に垂線を下し、2垂線と外縁・内縁との交点間の距離とした。最大板厚減少率 (r_{max} %) は、板厚減少量の最大値を素材板厚 (t) で割った値である。板厚減少領域の幅 (Ar mm) は、上記方法で得た板厚分布より求めた減少領域の外縁に沿う長さである。

4. 実験結果および考察

(1) 板厚減少量の幅方向分布パターン

図 1 はロール成形に関し、曲げ角 (θ)・先端曲げ半径 (R_d) ただし設計値・板厚 (t) を変化させた場合の板厚減少量の分布状態を示す。条件因子 $\theta \cdot R_d \cdot t$ の変化に従って、図のように分布状態が異なる。プレス曲げの場合も同様の傾向を示す。

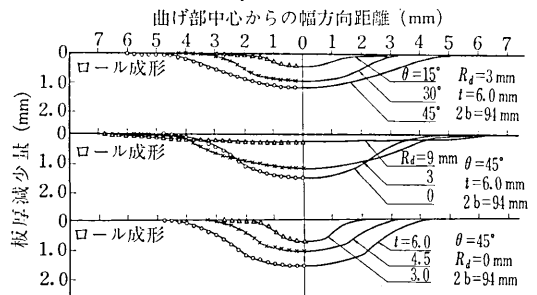


図 1 肉べり量の幅方向分布パターン (ロール成形)

(2) 最大板厚減少率に与える各種条件因子の影響

1) θ の影響 (図 2): ロール成形・プレス曲げのいずれの場合も、 $R_d=0, 3$ mm では、 θ の増加に従って、 r_{max} は増大するが、 $R_d=9$ mm の場合、 r_{max} はほぼ一定となる。ロール成形における製品最小曲げ外半径、およびプレス曲げにおける最大表面伸び歪をみると、 R_d が小の場合、 θ の増加とともに、曲げの程度が、急激に激しくなるが、 R_d が大の場合、ロール・ポンチと素材との接触面積が増大し変形領域は増大するが、曲げの程度は余り変わらず、素材へのくい込みも

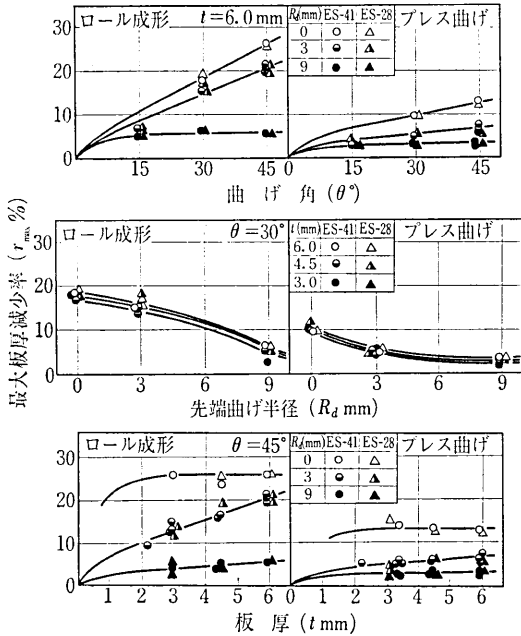


図2 最大板厚減少率 (r_{max}) に与える曲げ角 (θ), 先端曲げ半径 (R_a), 板厚 (t) の影響

発生しないことが判る。

- 2) R_a の影響 (図2): $\theta=15^\circ$ の場合, R_a の影響は少ない。 $\theta=30^\circ, 45^\circ$ の場合, R_a の減少とともにロールおよびポンチ先端の素材へのくいこみが急激に増大し, r_{max} は増大する。 θ が大きい程, r_{max} 増大の割合は大きい。
- 3) t の影響 (図2): $R_a=0, 9$ mm の場合, t の増加に対し r_{max} はほぼ一定である。 $R_a=9$ mm の場合は板厚減少量自体が非常に少ない。一方 $R_a=0$ mm の場合, ロール成形・プレス曲げのいずれの場合も, ①比 t/R の実験範囲が狭いこと, ②板厚減少量に占めるロール・ポンチの素材へのくい込み量の割合が大きいこと, ③本実験の範囲で, 板厚 t ・成形荷重・くい込み量が互いに比例関係にあると考えられること, 等による結果と思われる。 $R_a=3$ mm の場合は, t の増大とともに成形荷重が増大し, ロール・ポンチの素材への実質的くい込みが始まるが, その際板厚減少量の増大の割合が t の増大の割合を越え, その結果 r_{max} が増大の傾向を示す。
- 4) 最終クリアランス (C) の影響: $R_a=9$ mm の場合, r_{max} は C/t に余り影響されない。 $R_a=0, 3$ mm の場合, C/t が減少するに従って, r_{max} は増大する。
- 5) 板幅 ($2b$) の影響: 本実験の範囲 ($2b=60\sim 94$ mm) では, $2b$ の影響は少ないが, ロール成形の場合, $2b$ の増加に従ってわずかに r_{max} の増加が見られる。

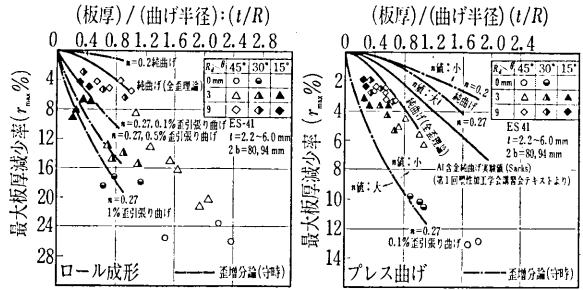


図3 最大板厚減少率と t/R の関係

(3) 最大板厚減少率と t/R の関係 (図3)

ロール成形・プレス曲げの場合の r_{max} と t/R の関係を図3に示す。ただし, ここで用いている曲げ半径 R は, 実質的曲げ内半径であり, ロール成形では, 製品曲げ外半径の最小値より, プレス曲げでは, 製品表面伸び歪の最大値より平面歪解 (全歪理論) を用いて求めた値である。一般に, 曲げ加工においては t/R が増すとともに r_{max} が増大することが知られているが, 筆者らの従来の研究結果より, ロール成形の場合, ①曲げ部およびその近傍が張力下で幅方向・長手方向に曲げと曲げ戻し変形を受けること, ②幅方向寄り変形に対して拘束力が働さず, 曲げ部においてロール・素材間の接触面圧が高くなること, 等のため, 曲げによる板厚減少量, ロール先端の素材へのくい込み量とともに増大して, プレス曲げの場合より大きな r_{max} を示すことがわかる。守時^{1), 2)} による計算結果と比較して見ると, ロール成形・プレス曲げいずれの場合も引張り曲げの傾向が現われているが, その程度はロール成形 (0.1~1.0% 引張り曲げの範囲にある) の方がはるかに大きいといえる。

(4) 板厚減少領域の幅 (Ar) に与える各種条件因子の影響 (図4)

- 1) θ の影響: ロール成形・プレス曲げいずれの場合も Ar/t は θ の増加とともに増大し, $R_a=9$ mm の場合に最大となる。後者に比して前者の Ar/t が大きいのは, ①幅方向膜歪だけで考えても曲げ部およびその近傍が塑性域に達しうること, ②成形が進むに従って, 幅方向・長手方向に曲げ・曲げ戻しが繰り返され, 塑性変形領域が幅方向に拡がること等が寄与しているものと考えられる。
- 2) R_a の影響: R_a が小さい程, 曲げの度合は厳しくなるが, Ar/t は小さくなり, 減少領域は局所化される。その傾向は θ が大きい程, 顕著になる。
- 3) t の影響: ロール成形・プレス曲げいずれの場合も Ar/t は t に影響されず, ほぼ一定の値となる。

研究速報

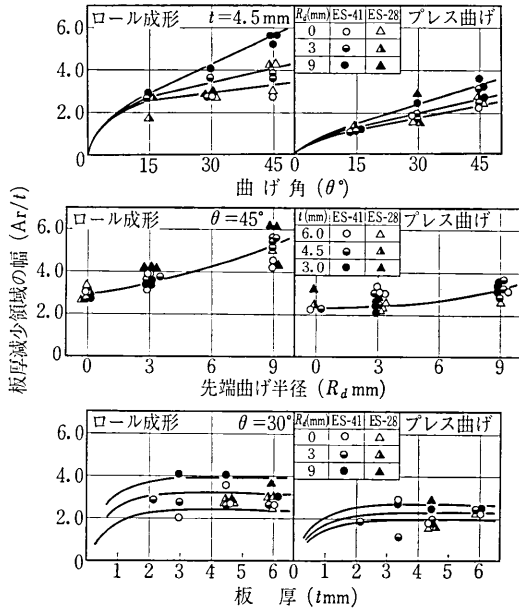


図4 板厚減少領域の幅 (Ar/t) に与える曲げ半径 (θ), 先端曲げ半径 (R_d), 板厚 (t) の影響

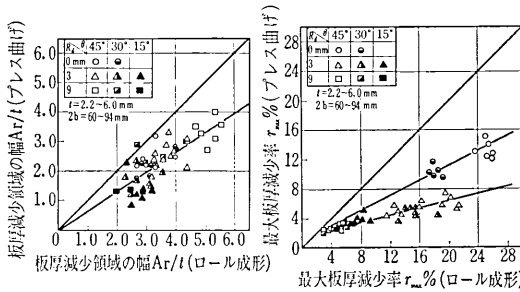


図5 ロール成形とプレス曲げとの対応

(6) ロール成形とプレス曲げの対応関係 (図5)

ロール成形とプレス曲げの r_{max} については、くい込みが主となる場合 ($R_d=0\text{ mm}$) と、曲げによる板厚減少とくい込みとが併存する場合 ($R_d=3, 9\text{ mm}$) のそれぞれに関して、実験範囲内で対応関係が見られる。さらに、 Ar/t についても、両者の対応関係が見られる。

(7) 製品幅方向伸び (図6)

平面歪条件下での体積一定の考えに従って、板厚減少量から幅方向の伸び量 (ΔL) を求めた。ただし、変形後の曲げ部の板厚 (t') を幅方向に一樣と仮定し、 $t'=t(1-r_{max}/2)$ としてある。実質的曲げ半径 (R) を用いて整理し、 t/R と $\Delta L/t$ の対応関係をみた結果が図6である。ロール成形の場合、 t/R が比較的小さい範囲では、 $\Delta L/t$ が Romanowski の概算法による値よりも大

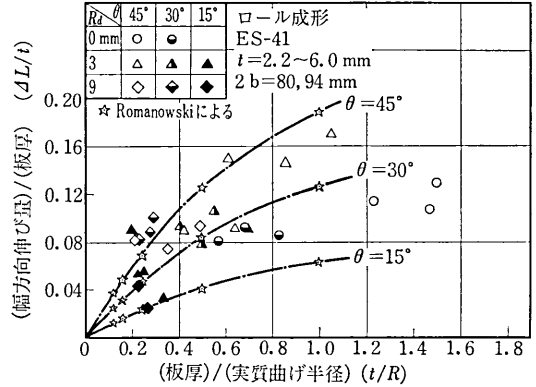


図6(a) ロール成形における製品幅方向伸び

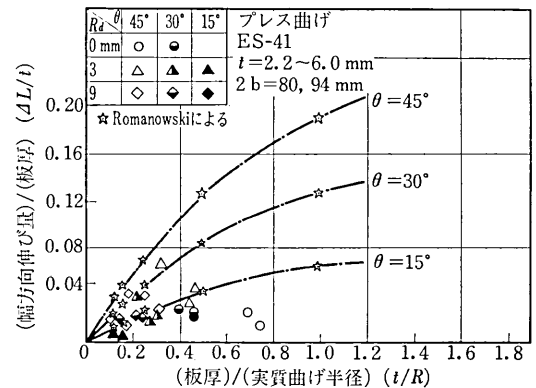


図6(b) プレス曲げにおける製品幅方向伸び

きくなるが、 t/R が増大するに従って、 $\Delta L/t$ は極大値を示し、以後減少する傾向を示す。すなわち、Romanowski の概算法による結果とは異なり、板厚一定のもとで先端曲げ半径 (R_d) を変化させた場合、製品幅方向伸びは、極大値を示すことが判る。プレス曲げについても同様のことがいえる。

5. む す び

V形曲げについて、ロール成形での曲げ部肉盛り・製品幅方向伸びをプレス曲げの場合と比較し、その概要を明らかにした。
(1973年6月23日受理)

参 考 文 献

- 1) 守時: 機械学会講演論文集 No. 710-2 (昭 46.4)
- 2) 守時: 同上 No. 714-6 (昭 46.3)
- 3) 小久保: 第1回塑性加工講習会 (昭 48.1)
- 4) 鈴木, 木内他: 塑性と加工 Vol. 11 No. 112 (1970-5)
- 5) 鈴木, 木内他: 同 Vol. 13 No. 133 (1972-2)