

討17

Wベンドロールによる成形の特徴

新日本製鐵 名古屋技研 ○阿高 松男 栗山 幸久
 名古屋製鐵所 渡辺 豊 長尾 武尚
 設備技術本部 柴野 弘明

1. はじめ

電縫管のニーズが次第に高級化指向になるに従って、従来にない極厚肉または極薄肉の電縫管が要求されるようになってきた。したがって造管技術上かなり困難とされていた肉厚-外径比 (t/D) の小さい領域および t/D の大きい領域での安定成形技術が急務となった。そこで、近年注目されてきたWベンドロールによる成形上の特徴を薄肉成形と厚肉成形とに別けて以下に整理してみた。^{1)~3)}

2. 薄肉成形時の特徴

2-1. 逆曲げの大きさ

Wベンド成形法の座屈防止効果に対する影響を検討するのに先立って適正な逆曲げの大きさについて述べる。Wベンド大小の影響をみるためにセンターの逆曲げを製品曲率の50%および10%とすると、Wベンド大の場合曲げ戻し時にセンター部が干渉し合って座屈を発生する。エッジ部の歪挙動を図1に参考までに示したが、Wベンド大の方が歪変動が大きいことがわかる。

2-2. Wベンド成形での長手方向歪

図2に、Wベンド成形および通常成形での長手方向膜歪を示す、通常成形では歪が累積して行くのに対して、⁴⁾ Wベンド成形ではエッジ部の歪が圧縮となり、また累積して行くこともない。ダウンヒルを採るとその効果が更に大きくなる。したがってWベンド成形の座屈防止効果は明らかである。

2-3. 断面の成形性

図3にWベンド、センターベンドの周方向の曲率分布を示す。Wベンド、センターベンド成形とも最終スタンド後の曲率は略カリバー形状に一致しており断面の成形性に関しては殆んど差がない。但し、Wベンド成形ではエッジ部の成形性は勝れているが、板幅方向の1/4付近の成形が不足気味であるので、ロール孔型の工夫が必要である。

2-4. スタンド間距離の影響

図4にスタンド間距離の長手方向歪に対する影響を示す。Wベンド成形ではセンターベンド成形と異なり、板の中央部が曲げ・曲げ戻しを受けるため#1~#2スタンド間での変形が大きい。そのため#1スタンド出側での局部変形域、#2スタンド入側での予変形域が長く、スタンド間距離により変形状態が異なることが予想されるが、やはりスタンド間距離/管径 (L/D) 大な程歪変動が大きく、座屈に対しては不安定になる。一方、センターベンドの場合はスプリングバックがエッジ部に集中せず、断面全体で受ける形になるためスタンド間距離による影響を調べたものであるが、何れの場合もスタンド間距離による成形性の差は認められない。

2-5. まとめ

①Wベンド成形法はエッジ部の伸びが小さく、エッジ部の座屈防止に効果がある。更に、ダウンヒルを採ることにより助長される。②断面の成形性についてはWベンドはエッジ部の成形に勝れているが、エッジ部の曲げとセンター部の曲げのつなぎ部近傍の曲げが不足気味になるので、ロール孔型の工夫が必要である。③スタンド間距離は長くしてセンター部の座屈を防ぎ、そのためのエッジバックリング防止策としてはガイドロールを導入する必要がある。

3. 厚肉成形時の特徴

3-1. 従来厚肉成形の問題点

従来成形で厚肉時の最大の難点はエッジ部の成形不足によるルーフィングの発生およびそれに伴う溶接不良等である。しかしルーフィングを避けるためにフィンパスで大圧下を採れば増肉が大きくなるとか別の問題を発生する。図6～7は小径厚肉管の成形時の例であるが、ブレークダウン初期で減肉が生じ、フィンパスでエッジベンドのため大きな圧下をかけると溶接端面形状が悪化し適正な*i*開先が得られない。したがってブレークダウンでエッジ成形を正しく行ってフィンパスの圧下率を小さくして適正な開先形状を造り込むことが必要である。

3-2. エッジ成形性と成形条件

単スタンド成形を行って成形条件とエッジ成形性との関係を求めた結果を図8～9に示した。すなわち、ロールギャップを板厚よりも大きくするとエッジ成形性が低下するが、 t/D が小の場合には殆んど変化しない。また、送入角はエッジ部の成形性には殆んど影響しない。さらにエッジベンドを確実にこなうにはロール孔型曲率も大きくしなければならないが、エッジ成形をしっかりやると減肉が必ず発生する。

3-3. エッジ成形と減肉

次にエッジ成形性を検討するためにエッジベンド用の種々のロールを製作し、単スタンド成形実験を行った結果について述べる。但し、上記の結果より送入角は 0° とし、ロールギャップについては厚肉成形に最も効果のある板厚相当とした。図10はエッジ部のつぶれ状況を示すが、 t/D が大なる程減肉が大きい。エッジ部近傍の成形性については図11に示したように板厚相当部分は減肉なしに曲げ成形をすることは困難である。

3-4. エッジの成形限界

上ロールと下ロールとの間で板がはさまれて曲げ成形を受ける現象を模式的に図12のように考え、Aの状態を等価なBの状態に置き換え、圧力分布Pによる曲げ荷重と圧縮変形とでどちらが先行し易いかを検討した。すなわち、梁の曲げ理論より最大曲げモーメント $M_{max} = \frac{1}{8} P \ell^2$ と全域降伏の曲げ成形モーメント $M = \frac{1}{4} \sigma_y t^2$ (σ_y ; 降伏応力)とより、成形が充分されるための条件として、 $M_{max} > M$ が得られる。ここで $P = \sigma_y$ とすると $\ell > \sqrt{2} t$ となる。したがって板端より $\sqrt{2} t$ 幅以内は減肉させずに成形するのは困難である。

3-5. Wベンド成形の考え方

Wベンドは板エッジ近傍に曲げ曲率を与えるための有効手段であるが、エッジ近傍の減肉を押えることは困難である。したがって減肉を押えるには最エッジを成形しないか、または減肉を押えるため成形荷重を低げる手段を講ずる必要がある。図13にはWベンド成形のエッジ成形性を示し、図14は減肉対策の一例としてプリベンドの効果を示した。

3-6. 蛇行に対するWベンドロールの修正効果

図15は板をオフセンターして装入し各スタンド出側での板先端のオフセンター量を測定した結果である。Wベンドロールがオフセンター修正効果を持つことがわかる。図16は板を斜めに装入し材料の進行角を求めたものである。Wベンドロールは斜め装入に対しても修正効果があることがわかる。

3-7. まとめ

①エッジ成形は減肉なしに行なうことは困難である。②Wベンド成形はエッジベンド成形に対して有利である。しかし減肉対策は何らかの型で行なう必要がある。③蛇行に対しては自己修正効果がある。

4. むすび

Wベンド成形の薄肉・厚肉成形時の特徴について述べた。すなわち、薄肉成形に対してはエッジバツ

クリング抑制効果があり、厚肉成形に対してはエッジバンド効果および蛇行に対する自己修正効果などがあり、かなり広範囲の成形に対応可能な有益な成形方法である。しかもその特徴はロール孔型の工夫により増幅され得る可能性も秘めていると言っても過言ではない。本報がこの方面の研究・開発に少しでもお役に立てば幸甚である。

参考文献

- 1) 栗山他；第34回塑加連講論（1983 - 11），365
- 2) 栗山他；昭59塑加春季講論（1984 - 5），573
- 3) 阿高他；第35回塑加連講論（1984 - 11），9
- 4) 鈴木他；塑性と加工，11-112（1970 - 5），320

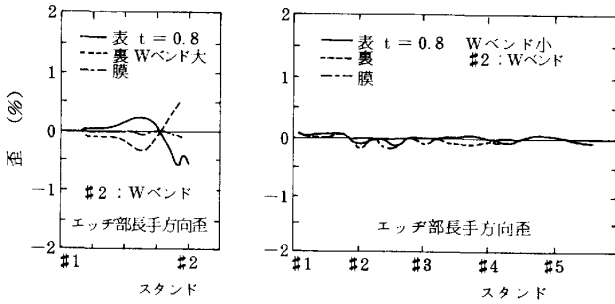
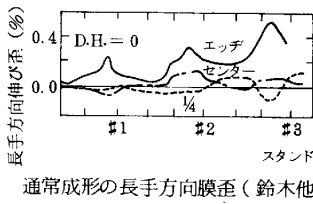


図1 Wベンド量の長手方向歪に対する影響



通常成形の長手方向膜歪（鈴木他）

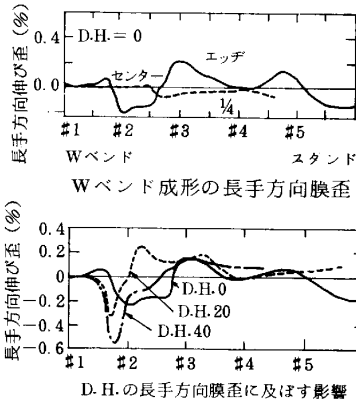


図2 Wベンド成形でのエッジ伸び低減効果

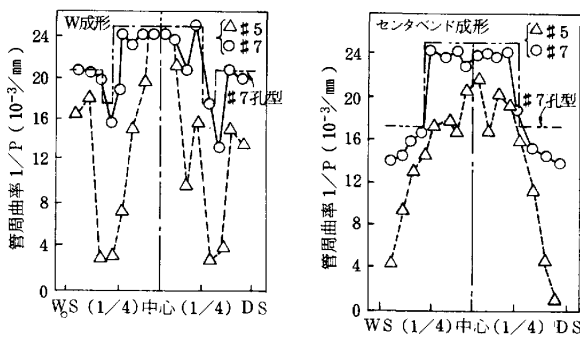


図3 断面の成形性

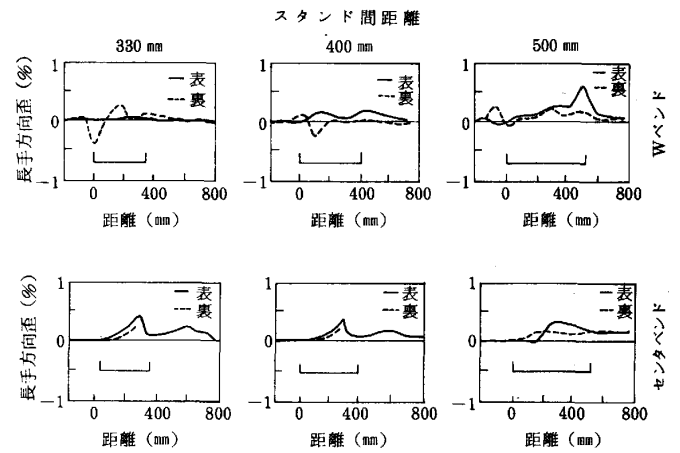


図4 長手方向歪のスタンド間距離による影響

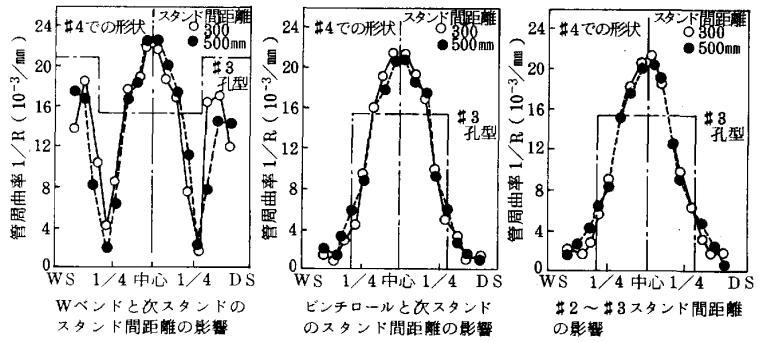


図5 成形性のスタンド間距離による影響

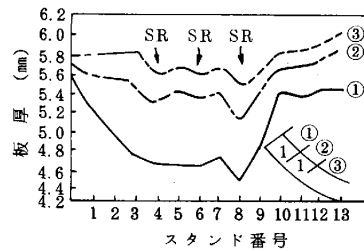


図6 各スタンド通過後の板厚

パス No.	端面形状	パス No.	端面形状
スリット後の端面形状(上;外面,下;内面) ・内面のつぶれがある		#8 SR通過後	
#1 BD通過後 ・外面のつぶれが生ずる		#9 FP通過後	
#3 BD通過後 ・外面のつぶれが更にひどく,端面のだれが生ずる		#10 FP通過後	
#4 SR通過後 ・外面のつぶれが更にひどく,端面のだれが進行する		#11 FP通過後	
#5 BD通過後 ・更に進行している		#12 SR通過後	
#6 SR通過後		#13 Q通過後	
#7 BD通過後		(上;外面,下;内面)	

図7 板エッジ部の端面形状の推移

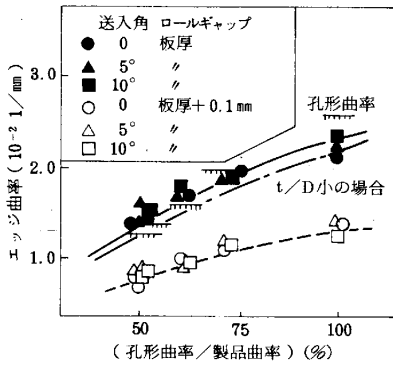


図8 エッジ曲率と成形条件との関係

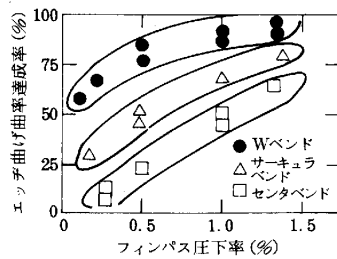
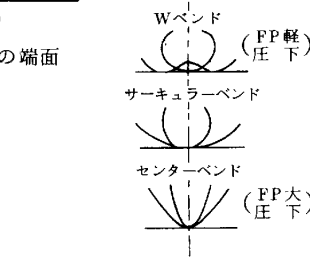


図13 Wベンドのエッジ成形性

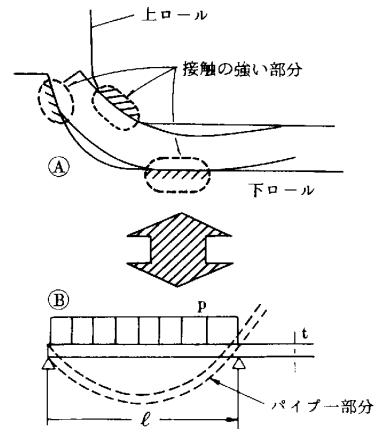


図12 端部曲げの等価モデル

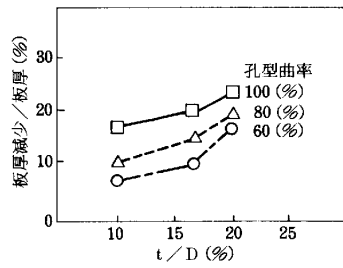


図10 エッジ部につぶれ状況

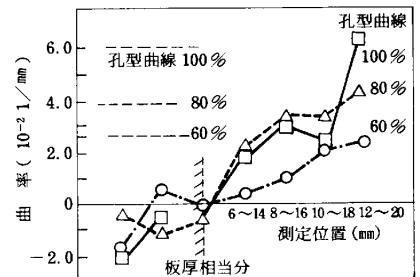


図11 12mm材内面曲率

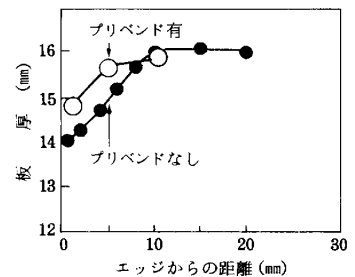


図14 プリベンドの効果

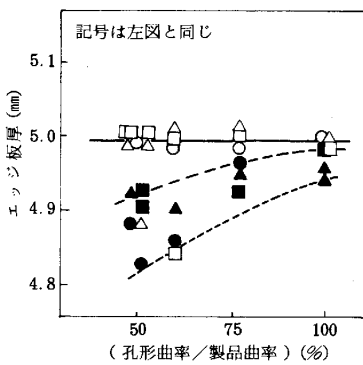


図9 エッジ板厚と成形条件との関係

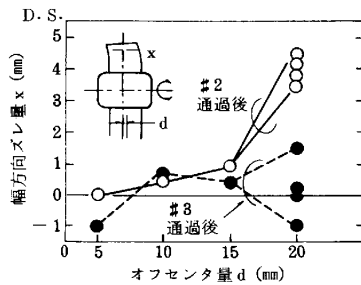


図15 オフセンタに対する修正効果

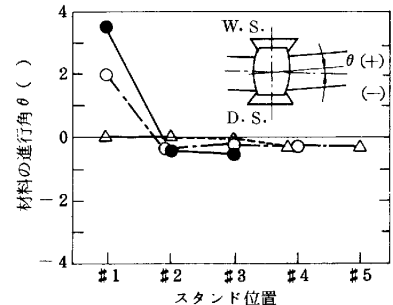


図16 斜めかみ込みに対する修正効果