

討5

形鋼の連続圧延

新日鉄本社 京井 勲, 児玉 牧夫
 // 生研 工博 中島 浩衛, ○渡辺 和夫
 // 八幡 五十住 公宏

1. まえがき

現在、大形形鋼の圧延設備はリバース圧延方式が主体となっている。しかしながら、圧延の進歩は“リバースから連続”へと言っても過言ではなく、古くは線材から近年にはH形鋼まで連続化が実現している。この傾向は将来一般形鋼にまで波及することは十分予想されることであり、H形鋼より更に形状が複雑な形鋼においても同じように連続化が可能かは是非見極めておかねばならない問題である。

そこで、形鋼の中で最も一般的でかつ形状が複雑な鋼矢板を選び、形鋼の連続圧延特性を検討した。

2. 形鋼の連続圧延の問題点

一般形鋼の連続圧延を行なう上の問題点をあげると、次の諸点が考えられる。

- (1) 各種形状を持つ材料の張力による変形の特異性： H形鋼の場合、張力による変形はフランジ端に集中したが、複雑な形鋼の場合はどこに集中するかが不明。
- (2) 寸法変動に対するエッジングパスの効果： H形鋼の場合、寸法変動が生じてエッジングパスで大半は消去できたが、一般形鋼の場合はH形鋼のような完全なエッジャー効果を期待することがむづかしい。
- (3) 形状の多様性： 形鋼は複雑な各種の形状が存在するため、個々の孔形で時定数、先進変化などの張力特性が異なる。
- (4) 各種形状を持つ孔形の作動径の推定： 張力制御を効果的に作動させるには、第1本目の圧延から速度アンバランスを5%程度以内に収めたいが、形鋼の作動径の推定は難しく、現状ではこの精度を満足させることはできない。
- (5) 軽圧下孔形の制御特性： 電流またはトルクメモリー方式による速度制御誤差はミルの定格電流と張力電流に関係する。一般形鋼の圧延においては、とくに仕上圧延でエッジング、ベンディングなどの軽圧下パスが存在する。
- (6) ガイドの効果： 通常の形鋼圧延の場合、ガイドによって形状調整を行なう場合があるが、連続圧延では材料姿勢が固定されるためガイドを有効に利用できない。
- (7) 非対称圧延： 一般に圧延中曲りが生じやすく、次スタンドへの真直な誘導が難しい。

このような問題点を持つ形鋼圧延において、H形鋼と同様な制御方式で速度制御が可能か、また目的とする形状、寸法精度が得られるかの検討を行なった。

3. モデル実験による鋼矢板の連続圧延特性

実験法の詳細については、H形鋼について既報告があるので省略するが、鉛を用いたサイズ比約1/5のモデル連続圧延実験を行なった。孔形状を図1に示すが、本圧延法は従来のような孔形法だけでなくユニバーサル化を行っており、カリバー、ユニバーサル、エッジャーから成っている。

図2にモデル実験で得られた、スタンド間張力と先進、後進係数の関係を示した。孔形によって両者の関係は必ずしも直線的ではなく、また張力側と圧縮側で傾向が異なる場合もある。

図3には、速度アンバランス量とスタンド間張力の関係を示

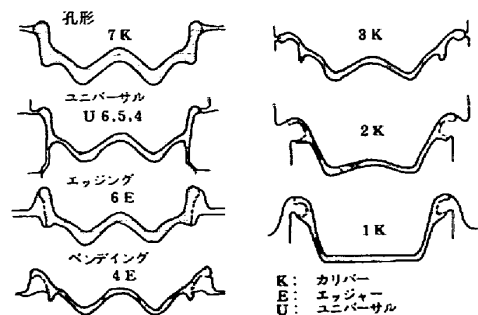


図1. YSP No.3 孔形状 (鉛モデル)

した。一般にH形鋼よりも発生張力は小さく、またH形鋼では20%速度アンバランス以上で飽和現象がみられたが、この場合10%程度からみられる。

図4に、ユニバーサルバス継手部の張力による寸法変化を示した。張力による変化はロール開口部に生じ、上下方向高さBの変化 ΔB の方が大きく、幅方向Cの変化 ΔC はその1/2程度になっている。

また形状が著しく異なるにもかかわらず、上下方向Bの寸法変化はH形鋼のフランジの変化とほぼ同程度であった。

図5に、スタンド間張力とミル電流変化の関係及びその理論値を示したが、電流変化はH形鋼と同様の関係が成り立つ。

$$\Delta I = \beta \cdot R_w \left(\frac{1}{\lambda} T_b - T_f \right) \dots\dots\dots (1)$$

β : モータによる定数 R_w : 作動径 λ : 延伸 T_b, T_f : 前, 後方張力

図6に、スタンド間張力と荷重の関係を示すように、張力による荷重変化は板圧延のように単純ではなく、複雑に変化する。これもH形鋼と同様、入口接触形状が一樣でないため張力により変形過程も又複雑に変化するためと思われる。

以上述べたように、鋼矢板の連続圧延特性を鉛の連続モデル実験によって検討した結果、H形鋼の連続圧延特性とほぼ同様な変形及び負荷特性をもつことが明らかとなった。従って基本的には既に当社君津製鉄所大形工場における電流記憶方式による張力制御法 (AMTC) によって連続化は可能であると判断される。

そこで、これらをもとに実生産ミルで確認することにした。

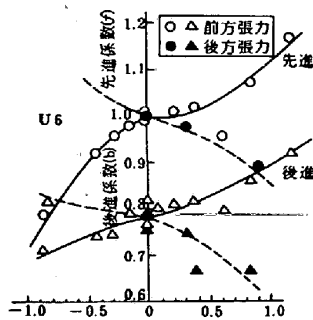


図2. スタンド間張力と先進, 後進係数 (YSP No.3, 鉛)

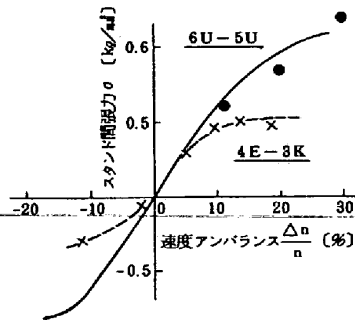


図3. 速度アンバランスとスタンド間張力

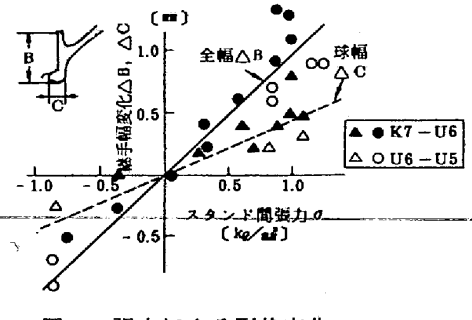


図4. 張力による形状変化

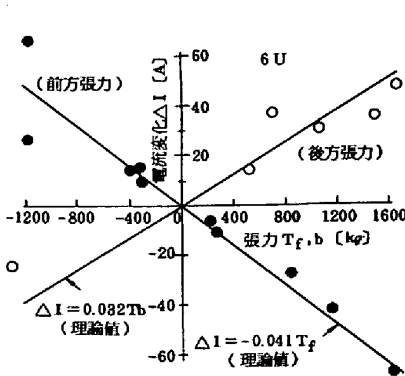


図5. 張力と電流の関係

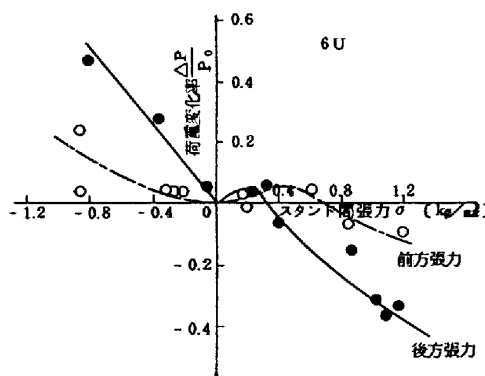


図6. 張力による水平荷重の変化

4. 君津製鉄所連続圧延ミルによる現場実験結果

4.1 孔形配列

モデル実験に引続き、実際に君津製鉄所大形工場での鋼矢板の連続圧延を実施した。図7にその孔形配列を示し、中間連続列で1台の孔形スタンド、2台のユニバーサルスタンド及び2台のエッジャースタンド、仕上連続列で1台のユニバー

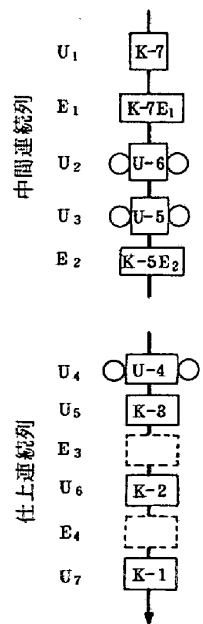


図7. 孔形配列

サルスタンドと3台の孔形スタンドによる連続を行った。

4.2 制御特性と安定性

図8に、AMTC制御時の仕上連続各スタンドの電流値の変化を示す。回転数の初期設定は若干圧縮側に設定されているが、短時間に制御が行なわれ、 U_7 電流をみても判るように、仕上スタンドでは完全な張力なしの圧延が行なわれている。図9に、制御を連続して作動させたときの各スタンドの回転数の変化を示した。圧延が進行するにつれて、ロール摩

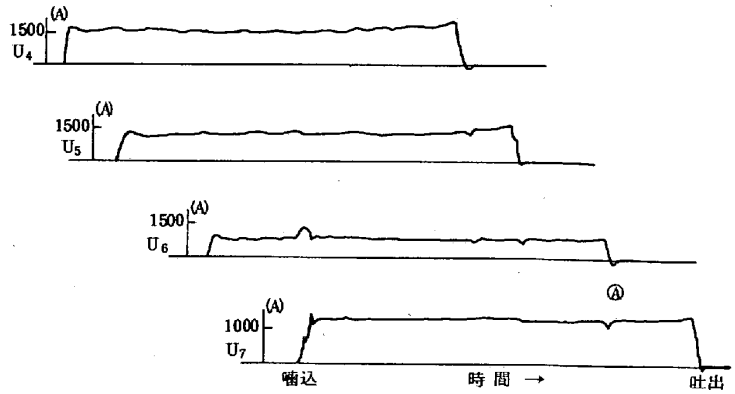


図8. AMTC制御時の電流変化例

耗、加熱条件の変化、ロール隙調整などにより刻々放出量に変化するが、AMTC方式の制御により常に速度制御が有効に働いている。

4.3 寸法精度

図10には圧延された一本の材料について、鋼矢板の形状の中で最も重要視されている継手部の孔幅、球幅の長手方向の変化を示したが、ばらつきは $\pm 0.3\text{mm}$ 以内に入っている。一般に通常のリバース圧延では、これらの寸法は相当変動するものであるが、

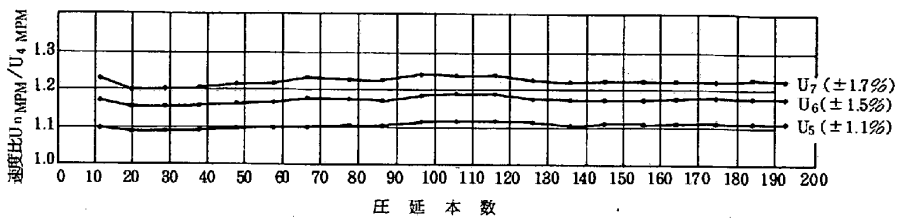


図9. 仕上部各スタンドの U_4 に対する速度変化

①連続圧延の安定した材料姿勢

②完全な張力制御

の結果きわめて寸法精度のよい製品が安定してえられた。

図11は、電流変化より逆算して求めたスタンド間張力による単位応力当りの寸法変化を示す。これより、製品寸法に対しユニバーサル部が最も強い影響をもっていることがわかる。従って、今回の圧延のようにユニバーサル圧延を取り入れた場合、エッジャーを積極的に用いることが寸法精度上重要な意味をもつことになる。

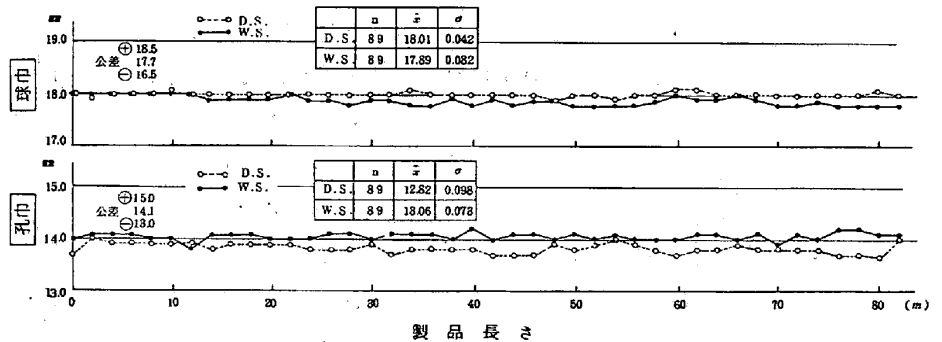


図10. 鋼矢板の長手方向寸法変化

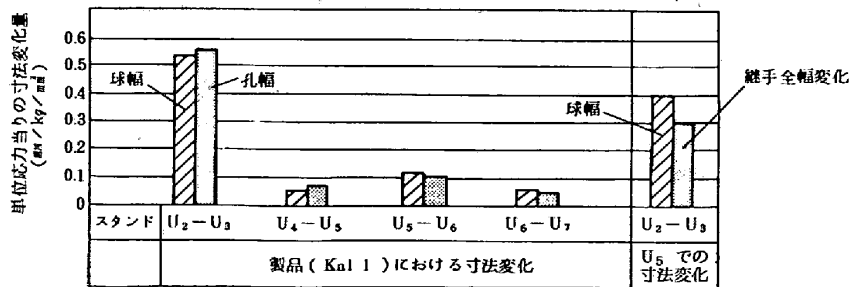


図11. スタンド間張力による寸法変化

4.4 速度アンバランスとスタンド間張力

図12に、速度アンバランスとスタンド間張力の関係を示すように、H形鋼においても両者の関係はスタンドによって異なるが、鋼矢板の場合、さらにその領域が広がっている。このようにスタンド間張力が広い領域で変化する現象は、図13に示すように圧延材温度でもって整理することができ、これを考慮した制御条件の設定

によって、十分に最適制御を可能とすることができる。

5. 形鋼連続化の残された問題について

鋼矢板は形鋼の中で最も複雑な形状を有する。この鋼矢板の連続圧延を実際の設備において実現し、かつ寸法精度の良好な製品を得たことによって、この他の一般形鋼は全て同一の方式で基本的には連続化は可能と結論づけてよいであろう。連続化が可能となる条件をまとめると、

- ①各スタンドの初期速度の設定が一定の誤差範囲内で推定可能なこと。
- ②制御系が十分作動して、材料が次スタンド噛込前に制御が終了し、一本目の材料から張力変動が最小に抑えられること。
- ③常に安定した制御が得られること。

②, ③に関し既に述べたように、これらが十分可能であることが確認された。

①に関し、これを可能にするには形鋼の先進モデル（作動径）が必要となるが、形鋼の場合H形鋼よりも相当複雑になることが予想される。H形鋼では先進式のモデルも開発されているが、モデル式に依らずとも、H形鋼のユニバーサル圧延が同一形状の繰返しであること、先進を左右する最大の要因は延伸であることなどを考慮すれば、初期速度の設定は実用的な精度内で十分可能となる。一般形鋼では、様々な圧延方式で行なわれるため、この推定は非常に難しくなる。図14に、実際の熱間圧延における様々な品種について平均ロール径に対する先進と延伸の関係を示した。次のような関係が認められるが、モデル式としては、更に精度向上が必要であり今後の残された課題となるであろう。

$$f_{obs} = 1 + 0.1(\lambda - 1)^{\frac{1}{8}} \dots\dots\dots (2)$$

$$v_m = f_{obs} \cdot v_{R \cdot m}$$

$$v_m : \text{材料速度}, \quad v_{R \cdot m} : \text{平均ロール径によるロール速度}$$

6. まとめ

H形鋼の連続圧延法の確立に引き続き、一般形鋼の連続化を目標に鋼矢板を例に連続圧延特性を検討した。この結果、複雑な形状をもつ形鋼においてもAMTC方式の制御によって十分連続圧延が可能であり、寸法精度の極めて良い製品が製造できるとの結論がえられた。

参考文献

- 1) 原田ら : 塑性と加工, 16(1975)168,60
- 2) 京井ら : 鉄と鋼, 61(1975)12,S590
- 3) 加茂川・土屋 : 製鉄研究, 第275号(1972), 49
- 4) 中島ら : 昭50春 塑加講論, (1975) 5

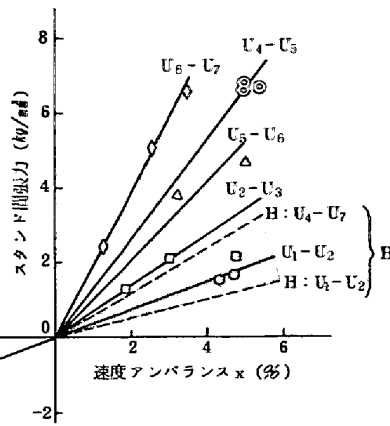


図12. 速度アンバランスとスタンド間張力の関係

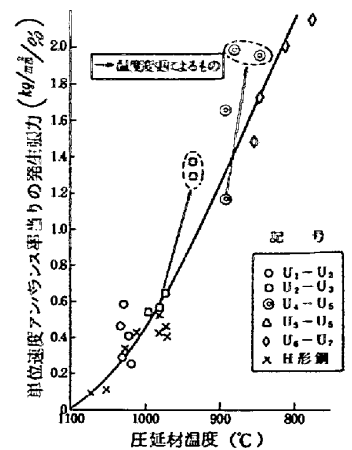


図13. 発生張力と温度の関係

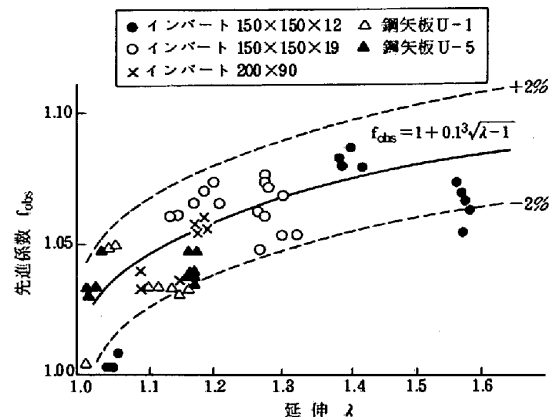


図14. 実測先進係数と延伸の関係