

討12 フィッシュテールの成長を防止する分塊圧延法(噛み戻し圧延)

川崎製鉄(株)技術研究所 金成昌平 片岡健二 中川吉左衛門
千葉製鉄所○松崎 実 吉村英明 小川靖夫

1. 緒言

分塊圧延における歩留向上のためには、圧延中にスラブ 先後端部に生成されるクランプ(フィッシュテールとメカニカルパイプ部分)ロスを少なくすることが重要である。従来からクランプロス改善策として、①鋼塊形状の修正②パス・スケジュールの適正化③ウエル定盤の形状・寸法の修正などを実施し、歩留の向上に貢献してきたが、これらの方法では設備的な制約、製鋼上の諸問題により、その効果に限界があった。そこで著者らは設備などを現状のまま、より一層の歩留向上を得る新しい分塊圧延法¹⁾(以下噛み戻し圧延と呼ぶ)を開発し、実用化に成功したので報告する。

2. 噛み戻し圧延法の基本原理

図1に噛み戻し圧延と従来圧延とのクランプ生成過程の模式図を示した。圧延初期の数パスは一般に鋼塊を立ててスケール剥離のために、水平ロールで幅圧延している。この時点ですでに(B)に示すように、先後端部ではロールの接触弧に沿った彎曲変形と鋼塊厚みが厚いため、ひずみが中心まで十分浸透せず、ドッグボーンと呼ばれる局所的な厚みの増加が生ずる。ドッグボーンの長手方向分布は一般に両端部のほぼ400mmは小さいが、それ以後は大きなドッグボーンとなることが知られている。このドッグボーンが発生した後のパスに工夫をすることが、本圧延原理のキーポイントである。従来圧延によると(C)に示すように、先後端の幅方向で厚みの不同、すなわち中心に比して端部が厚い分布を呈しており、これを後続の水平ロールにより圧延を行なっているため、中心に比して端部の圧下率を大きくする結果をもたらし、(D)に示したようなクランプ(ハッチング部)へと成長する。以後、10数回の幅圧延と厚み圧延との相互作用により、上述した現象の繰返しが実行され、クランプロスを大きくしていた。このような圧延現象を踏まえ、(E)に示すように水平ロールによる厚み方向圧延に先立ち、先端部に凹部を2~3パスで圧延成形し、その後反対側からの戻し圧延を実施し、凹部でドッグボーンからのメタルを吸収すれば、(F)のようにクランプの成長を阻止できることを見出した。これが噛み戻し圧延法の原理である。

この圧延状態を図2で詳細に説明する。凹部の成形圧延は2パスとし、鋼塊の先後端の幅および厚み方向のいずれかを水平ロールに噛み込ませ、その後ただちに戻す。この成形圧延時の1, 2パスの圧下量($\Delta H_2, \Delta H_3$)と噛み止め長さ(l_{d2}, l_{d3})は、戻し圧延時に流れ込むメタルフロー量(A_1)と成形圧延で圧延された面積(A_2)とが等しくなるように、成形圧延第1パスの圧下量(ΔH_2)を設定するのが良い。

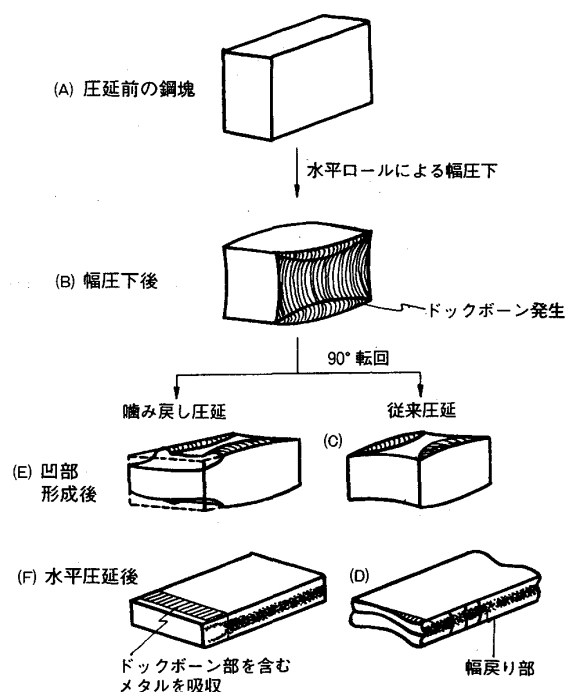


図1 噛み戻し圧延と従来圧延とのクランプ生成過程の模式図

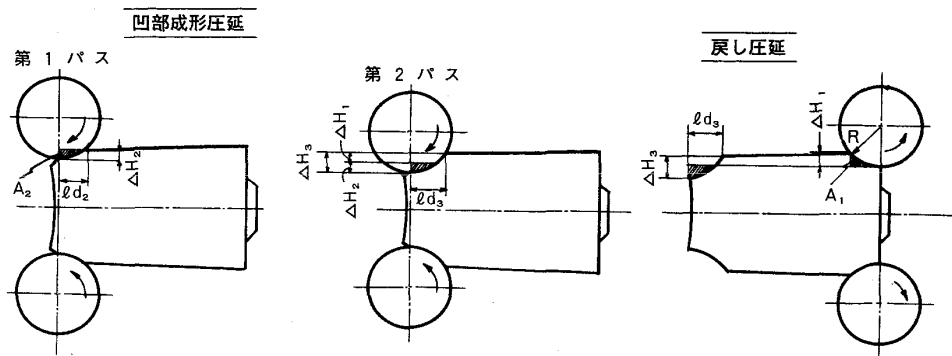


図2 噛み戻し圧延状態図(先端部の例)

これらの面積は幾何学的に(1), (2)式で表わされる。ここではドッグボーン量を無視している。

$$A_1 = \Delta H_1 \cdot \sqrt{2R \cdot \Delta H_1} - \frac{1}{2} \left\{ R^2 \cdot \sin^{-1} \frac{\sqrt{2R \cdot \Delta H_1}}{R} - (R - \Delta H_1) \cdot \sqrt{2R \cdot \Delta H_1} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

$$A_2 = \frac{1}{2} \left\{ R^2 \cdot \sin^{-1} \frac{\sqrt{2R \cdot \Delta H_2}}{R} - (R - \Delta H_2) \cdot \sqrt{2R \cdot \Delta H_2} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 A_1 ; 戻し圧延時のメタル流入面積 (mm^2) A_2 ; 成形圧延1パスの面積 (mm^2)
 ΔH_1 ; 戻し圧延時の压下量 (mm) ΔH_2 ; 成形圧延1パスの压下量 (mm)
 ΔH_3 ; 成形圧延2パスの全压下量 (mm) R ; ロール半径 (mm)

(1) (2)式を等しいとおき ΔH_2 を近似的に求めると(3)式になる。

$$\Delta H_2 \approx \left(\frac{3}{2 \cdot \sqrt{2R}} A_1 \right)^{\frac{2}{3}} \dots \dots \dots (3)$$

したがって成形圧延2パスの全压下量は(4)式にすれば良い。

$$\Delta H_3 = \Delta H_2 + \Delta H_1 \dots \dots \dots (4)$$

また、1, 2パスの噛み止め長さ(ld_2, ld_3)はそれぞれ(5)式で求められる。

$$ld_2 = (2R \cdot \Delta H_2)^{\frac{1}{2}}, \quad ld_3 = (2R \cdot \Delta H_3)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (5)$$

ちなみに、実機の場合の凹部寸法を求めてみる。 $R = 610 \text{ mm}$, 戻し圧延時の压下量 $\Delta H_1 = 3.0 \text{ mm}$ とすると、成形圧延1パスの $\Delta H_2, ld_2$ はそれぞれ $18.6 \text{ mm}, 15.1 \text{ mm}$, 2パスの $\Delta H_3, ld_3$ はそれぞれ $48.6 \text{ mm}, 24.4 \text{ mm}$ となる。この計算結果を目安として、以後の実験を進めた。

ただし、1パス目の噛み止め長さは2パス目と同じにした。理由は2パス目で噛み止め長さを長くすると、1パスでの未圧延部をも压下するため、その結果压下量が過大になり、スリップなどの支障をきたすためである。

3. プラスティシンによる圧延実験

ここでは実機圧延に先立ち噛み戻し圧延の有効性の確認と凹成形圧延部の変形挙動を明確にするため、以下のモデル実験を行なった。

3.1 実験条件

モデル圧延機は実機の $1/15$ サイズであり、水平および垂直ロールを備えたユニバーサル型で、各ロール直径は $77.9 \text{ mm}, 64.3 \text{ mm}$ である。ロールの材質は鋼製、圧延温度は表面 $15 \text{ }^\circ\text{C}$, 中心 $20 \text{ }^\circ\text{C}$, 潤滑剤は CaCO_3 , 圧延速度はほぼ 1 rpm で実験した。

3.2 噛み戻し圧延の有効性の確認

モデル鋼塊は 21 TON キャップド鋼塊の $1/15$ 相当であり、サイズは $52.9 \text{ t} \times 101.1 \text{ W}$

×186.7^lのものを白色プラستیシン単体で作製し、17.3^t×73.3^w×X^lのスラブに図3に示したパス・スケジュール(数字は実物換算値)にしたがい、噛み戻しと従来法で圧延し、先端部のクランプ形状を比較検討した。その結果、クランプの平面形状は写真1から明確なように、噛み戻しの圧延原理通り、幅方向端部近傍のメタルフローは従来法に比して著しく抑制されており、クランプ形状の改善効果が大きいことを確認した。噛み戻し圧延による歩留の向上率は約1%と大きかった。

3.3 凹成形圧延部の変形挙動

50^t×99.3^w×173^lの白色プラستیシンモデル鋼塊をまず圧下量4^{mm}で幅圧延を行ない、その後90°転回して、圧延先端の凹部成形圧延と戻し圧延を実施した。1, 2パスの圧下量はそれぞれ、1.2^{mm}, 2.0^{mm}とし、噛み戻し長さは1, 2パス共にほぼ16^{mm}一定とした。戻し時の圧下量は2^{mm}とした。図4から噛み止め部の材料とロールとの接触状況を見る。このように幅端部は厚みが厚いため、中央部に比して先進した接触面形状となり、これが戻し圧延により圧下を受けても幅端部のメタルフローを助長させない理由である。また同図の②から、戻し圧延によるメタルは凹成形部で吸収されることを確認した。また図5に示した厚みの実測結果

からも凹成形領域でメタルの流れ込み(ハッチング部)が見られ、厚みが厚くなっている。幅について図6からみると、成形圧延部と未圧延部の境界で局部的に幅狭を呈しているが、この部位は戻し圧延により回復している。このように噛み戻し圧延によ

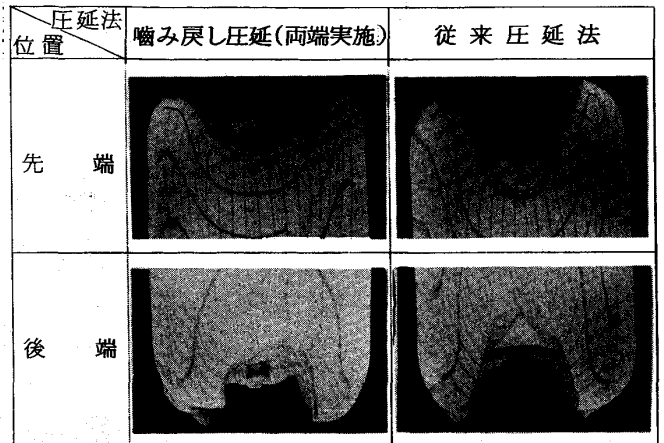
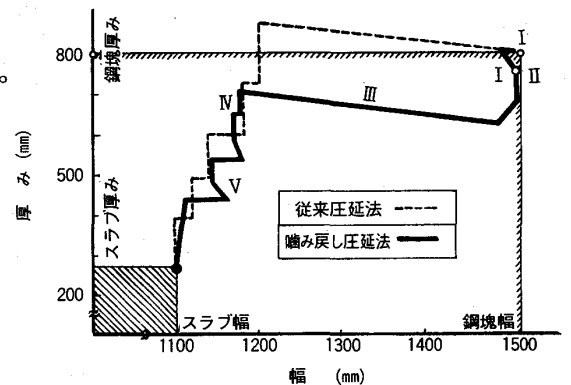


写真1 圧延法とクランプ平面形状の比較



| ステージ | 名称 | 内容 |
|------|------------|---|
| I | 初期幅圧下 | 脱一次スケールのため最小量の圧下。幅・厚み方向の鋼塊テーパ除去。 |
| II | 厚み方向噛み戻し圧延 | 鋼塊のTop, Bot共凹部形成。その後凹部への有効なメタルフローを計る。 |
| III | 幅方向噛み戻し圧延 | 鋼塊のBot.側に凹部形成。その後凹部への有効なメタルフローを計る。 |
| IV | 厚み方向噛み戻し圧延 | Top, Bot. 共凹部を形成し、ステージIIIで生成するドックボーン部を吸収。 |
| V | 形状整形 | 残存する凹部への有効なメタルフローを計りながら、最終軽圧下に移行する。 |

図3 パス・スケジュール

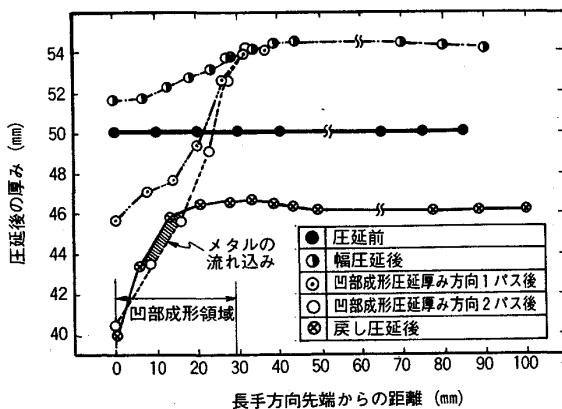


図5 噛み戻し圧延における凹部の幅端部の厚み変化

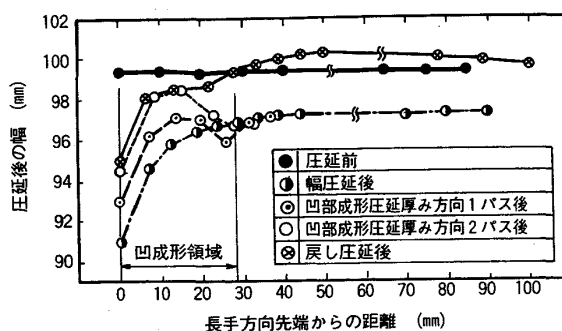


図6 噛み戻し圧延における凹部の幅変化

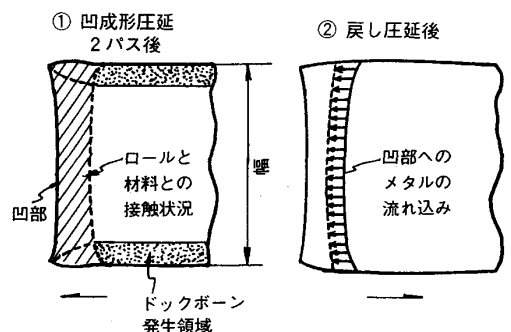


図4 噛み止め部の材料とロールとの接触状況および戻し圧延後の凹部へのメタルの流れ込み

る，幅，厚み精度におよぼす影響はないと判断した。

4. 工場実験

21 TON キャップド鋼塊6本を噛み戻し圧延法と従来圧延法とで，厚み圧下量をほぼ一定とし，幅圧下量をそれぞれ136，286，416 mmの3水準で圧延実験を行ない，先後端のクロープ形状，幅精度の比較検討を行なった。

パス・スケジュールは図3と同じものを用いた。写真2にクロープ平面形状の一例（幅圧下量416 mmの場合）を示す。これから明確なように，プラスチックン結果と良く一致し，従来法に比して噛み戻し圧延法は幅方向端部からのメタルフローが著しく小さく，クロープ形状の改善効果が大きいことを再確認した。圧延歩留は図7に示すように，いずれの

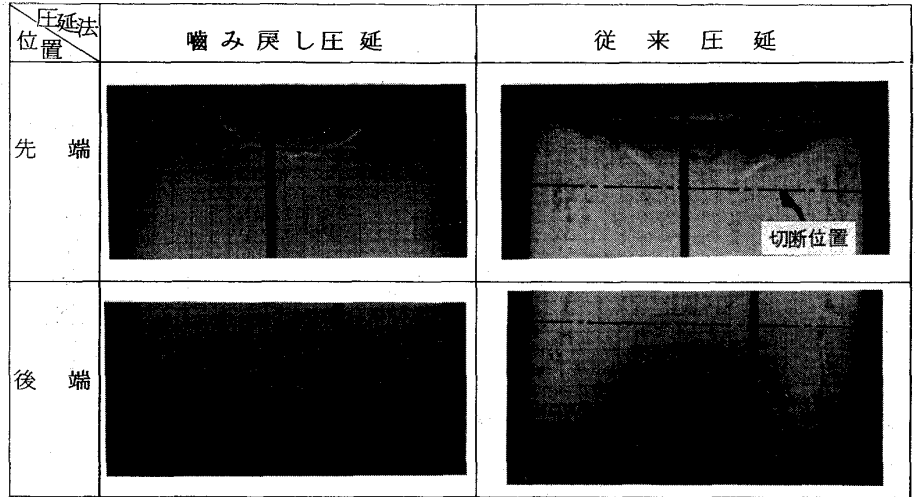


写真2 圧延法とクロープ平面形状の比較（鋼の場合）

に，いずれの

圧下比においても従来法に比して噛み戻し圧延法で，2.0~2.4%の著しい向上をみた。またスラブの幅精度は図8に示すように，

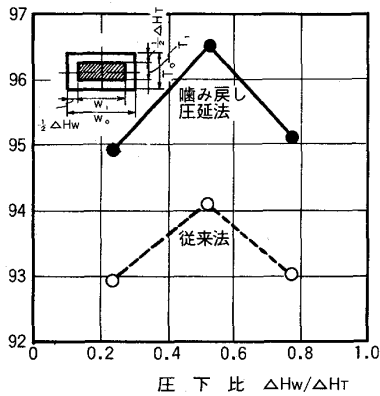


図7 圧延法と歩留との関係

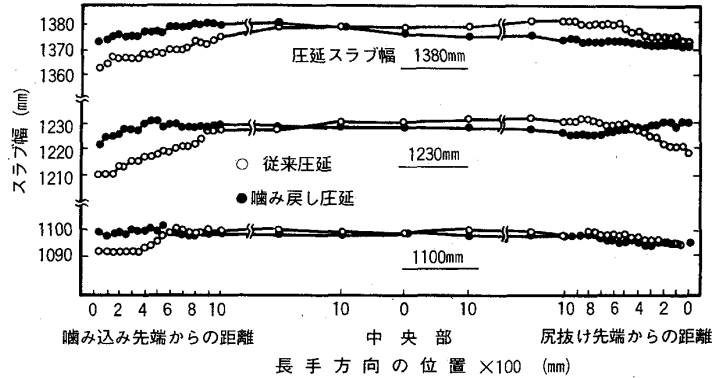


図8 圧延法とスラブ幅の長手方向分布

いずれのスラブ幅サイズでも従来法に比して噛み戻し圧延法で向上している。長手方向別にみると，噛み込み端は両圧延法ともに，端部につれて幅狭となる傾向を呈するが，従来法の方がより顕著である。戻り端は従来法で噛み込み端と同傾向となっているが，噛み戻し圧延法では落込みがない。

5. 実機操業成績

噛み戻し圧延技術の開発後，直ちに川鉄千葉製鉄所分塊工場の実機操業に適用した。図9に一例として18 TON キャップド鋼塊のスラブ幅別実績歩留を従来法と比較して示した。その他の向上対策と合わせた分塊歩留の向上は従来法と比較して3%と大幅な達成をみた。

6. 結言

噛み戻し圧延法を開発し，実機操業に適用した結果，3%と大幅な分塊歩留の向上を挙げることができ，原価低減に大きく寄与している。

参考文献 1) 特開昭53-93158

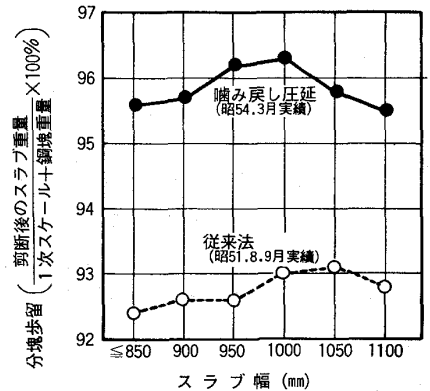


図9 18TONキャップド鋼塊の実績歩留 (鋼塊寸法 上部 1222×810 下部 1258×910)