分塊クロップロスに及ぼす偏熱の影響

石田 二郎*, 渡辺 輝夫*, 糟屋 茂*

Effect of Uneven Heating of Ingot on Crop Loss

Jiroh Ishida, Teruo Watanabe and Shigeru Kasuya

Synopsis

Deformation process of unevenly heated ingot during blooming was experimentally investigated with respect to the relations among the shape of hot top, rolling method and uniformly heated ingot.

It was found that the uneven deformation of ingot top increases due to the uneven temperature distribution. Especially, nonuniformity in deformation was found in spread. As a result of above phenomenon, top crop loss of unevenly heated ingot increases comparing with that of uniformly heated ingot but the difference in bottom crop loss between unevenly heated ingot and uniformly heated ingot is little.

Top crop loss decreases with decreasing hot top, but there is no effect of hot top on the volume of crop subtracted hot top from crop volume.

The effect of hot top with a circular arc around the bottom on top crop loss is little. The effect of rolling direction on crop loss is significant and the crop loss decreases during top rolling.

1. 結 言

圧延時のクロップロスを低減するための改善はこれまで数多く検討されてきている。分塊圧延では鋼塊形状、パス・スケジュール、ウエル定盤形状および圧延機形式の影響が検討され^{1), 2)}, クロップ長さの予測式の作成や^{3), 4)}, クロップロスを低減するための特殊な圧延方法^{5), 6)}が開発されており、最近では連続铸造スラブの幅集約をはかるためにクロップロスを低減する幅殺し方法の検討^{7) ~ 9)}がなされつつある。しかしこれらは主としてスラブ圧延についての検討であり、または材料温度

は完全に均一分布と仮定しての検討である。

ブルームあるいはビレットへの分塊圧延ではクロップロスは対称な折れ込みによって決まるよりもむしろ片伸びが著しく、これによって切捨て位置が決まることが多い。この片伸びの原因としては加熱炉中のスキッドレール等による鋼塊の偏熱と噛込み条件（孔型と鋼塊の芯ずれ）の影響が考えられるが、予備実験の結果後者の影響は前者の1/4以下であることを確かめたうえで、ここでは鋼塊厚さ方向の偏熱が片伸びおよびその結果としてのクロップロスに及ぼす影響をプラスチックモデルを用いて検討して片伸びの発生機構を明らかにした。

2. 実験方法および供試材

昭和55年 6 月 8 日 受付

*大同特殊鋼株式会社研究開発本部中央研究所

鋼塊はプラスチックによってモデルを作り、これを石膏製のモデルロールにより炭酸カルシウム粉末を潤滑剤として圧延した。

プラスチックの特性についてはすでに詳細な報告^{10)~12)}がなされているため、ここではロット間ばらつきおよび経時変化の安定性のみをチェックした。ここで検討した特性は変形特性としての圧延幅拡がり率と変形抵抗特性としての硬さである。幅拡がりは20mm 正角で長さ100mmのモデル試験片を押出し成形し、これを直径297mmの石膏ロールによって厚さ15mmに圧延した後の幅拡がり率を測定し、硬さは50mm 正角で厚さ20mmの試験片に直径10mmの鋼球を押しつけてその圧痕直径を測定した。試験温度は20℃、潤滑は炭酸カルシウム粉末を用いた。経時変化およびロット間ばらつきはFig. 1に示すように試験片作成後3～6日間で比較的安定しているため、以降の実験は全てこの期間内に実施した。

モデル鋼塊はFig. 2に示す角形ストレートで、フラット定盤、丸型押湯の形状に閉塞鍛造で作成した。

実用鋼塊における偏熱は炉内上下方向での温度差およびスキッドレールによって生じ、鋼塊長さ方向に均一ではないが、本実験では長さ方向に均一と仮定し、その温度差を実体で60℃とした。モデルの温度差は実体をSUS316、均熱温度1100℃

No.	d(mm)	H(mm)
A	73	21
B	55	27
C	55	21
D	55	16
E	37	21

Fig. 2. Shape of model ingots.

Fig. 3. Equivalent temperature between plasticine and stainless steel.

Fig. 1. Stability of plasticine models.

とし、対応するモデルの温度を20℃として両者のこの温度での変形抵抗を基準にして、それからの変形抵抗変化率が一致するように温度関係を求めたFig. 3からモデルの偏熱を10℃とした。モデル鋼塊への偏熱の付与方法はFig. 4に示すように23℃に均一加熱したモデルの下側 $\frac{2}{3}$ 部分をポリウレタンで断熱した後、0℃の恒温室内に60min保持して10℃の偏熱を与えた。実体圧延では圧延中の鋼塊内熱伝導および大気、ロールへの伝熱によって時間経過とともに偏熱は減少する。熱伝導のみを考慮するとステンレス鋼の熱伝導率24.1kcal/m・h・℃とプラスチックの熱伝導率0.6kcal/m・h・℃から熱変化をモデル化するためにモデルでのバス間時間は実体の48倍にした。圧延中に温度分布は均一化され、全バス終了時(75min後)の温度はほぼ均一分布となる。

圧延条件は直径160mmの2Hiミルによって15

パスで38角に延伸した。

モデル鋼塊両端面にはあらかじめマジックインクを塗布しておき、圧延後横断して折込みの最深部位を求めてその位置での切捨て量を重量%でクロップロスと表示した。

3. 実験結果および考察

Fig. 4. Temperature distribution of model ingot.

3.1 押湯形状の影響

均一加熱材の圧延におけるトップの変形状態は **Photo. 1** に示すように初期パスでは本体④～⑤間の変形が先行し、ついで押湯部に変形がおよんでくる。従って押湯が小さいほど本体④～⑤部がトップ端に押し出される量が多くなり、一方クロップ位置は点⑤で決まるため本体のクロップ量が増して **Fig. 5** に示すように押湯の減量に応じた

Fig. 5. Top crop loss of uniformly heated ingots.

Photo. 1. Deformation of top end of uniformly heated ingots (longitudinal cross section view).

クロップ量の減少は得られない。さらに押湯が小さくなると Photo. 1 および Photo. 2 の E に示すように本体が押湯部よりも完全に張り出してかえってクロップロスを増すことになる。この傾向は押湯の高さよりも直径即ち④～⑥間の距離の影響

Photo. 2. Appearance of top end of uniformly heated ingots.

の方が大きい。

偏熱材の圧延では Photo. 3 に示すように 1 パス目で高温側に変形が集中し、これが幅方向に逃げて幅拡がりが大きくなり、2 パス目でこの幅拡がり部が長さ方向に伸び、このため押湯部は低温側に傾く。従って低温側の本体部 (Photo. 4 の④～⑥) は遅れて圧延され④～⑥間の著しい片伸びを生じることになる。

押湯形状の影響は Photo. 5 に示すように本体肩④～⑥が小さい即ち押湯直径が大きいほどこの部分への変形集中が著しくなってしが大きくなることは Fig. 6 から明らかである。また押湯中心④も著しく低温側に片寄る結果となる (Photo. 5)。押湯高さの影響はほとんど認められない。

クロップロス は Fig. 7 に示すように押湯直径が小さいほど、および押湯高さが低いほど小さくなっているが、押湯部を除いた本体部のロス W_o は均熱材に比べて著しく大きくなる。しかし押湯直径が小さくなってくると高温側の張り出した本体部分 (Photo. 5 の F 部) はそれ以上圧下されなくなり従って W_o の増加もみられなくなる。

1 Pass

2 Pass

6 Pass

Photo. 3. Deformation of top end.

Photo. 4. Flow of top and bottom ends after 15 passes of rolling.

このことから偏熱材の均一加熱材に対するクロップロスの増加比は Fig. 8 に示すように均一加熱でのクロップロスの小さい D 形式で最大値を示すようになる。

3.2 ボトムのクロップロス

今回のモデル化にあたってはボトムは湯留り形

Fig. 6. Uneven deformation of ingot top.

Photo. 5. Deformation of top end of unevenly heated ingots (longitudinal cross section view).

状を考慮せずフラットとしたため実体に比べてクロップロスが大きくなるが、偏熱の定性的な影響は求め得ると予想し、またこのことは実験によっても確認している。

均一加熱材および偏熱材のボトムクロップロス は Fig. 9 に示すように偏熱によってもほとんど影響を受けない。これは Photo. 6 に示すように高温側が延伸されてその容積 V_1 が増しても、また低温側の延伸が少なくなりその容積 V_2 が減少して両者合計したクロップロス は均一加熱材の場合とほとんど同じ量となることによる。このことは

Fig. 7. Top crop loss of unevenly heated ingots.

Fig. 8. Ratio of crop loss of unevenly heated ingots to uniformly heated ingots.

一般的な容積の湯留りを設けた場合でもほとんど同じ現象を生じることを確認している。

3.3 圧延方向の影響

圧延方向の影響については均一加熱材では圧延先端側のクロップロスは小さく、圧延後端側のクロップロスが大きくなることは一般に知られている。

分塊圧延では全バス一方向圧延という手法は生産能率の点から実用的ではないが、初期の数バスのみに適用することは可能と考えられるため圧延方向の影響についても検討した。

偏熱材でのトップ圧延（全バスともトップ側から噛込ませる）とボトム圧延（全バスともボトム側から噛込ませる）の結果は Fig. 10 に示すよう

Fig. 9. Bottom crop loss.

Unevenly heated ingot Uniformly heated ingot

Photo. 6. Deformation of bottom ends.

Fig. 10. Effect of rolling direction on crop loss.

にトップのクロップロスにトップ圧延が最も小さく、ボトム圧延が最大となる。ボトムのクロップロスはボトム圧延が最も小さく、トップ圧延が最大となり、これらの現象は均一加熱材での圧延と同じ現象である。

全クロップロスは主要部分を占めるトップロスを最も少なくする圧延法としてのトップ圧延で最も小さくなっている。

3.4 押湯 R の影響

トップのクロップ位置は Photo. 1 に示したように押湯のつけ根⑥点で決まることから、この部分に R をつけることによって⑥点をトップ端側に寄せてクロップ量を減じることが期待される。

押湯つけ根に半径 7mm の R をつけたモデルビレットを偏熱して圧延した結果を Photo. 7 に示す。R のない Photo. 5 の C と比較して、高温側の⑥が押湯端側に移行するため l_1 は短くなり、一方低温側の⑥はほとんど変わらず⑥が押湯側に移行するため l_2 は短くなる。一方クロップ位置を決定する⑥はほとんど変わらないため、クロップロスは R なしでの 5.24% に対して R 付きでは 5.29% とほとんど同一の値を示すが、 l は R なしの 63.8mm に対して R 付きでは 87mm と著しく大きくなっている。

Photo. 7. Longitudinal cross section view of hot top with a circular arc around bottom.

4. 結 言

厚さ方向に偏熱された鋼塊のクロップロスをプラスチックモデルを用いて検討し、つぎの結論を得た。

- (1) 偏熱材は高温側と低温側の変形差（特に幅拡がりを経て）によって片伸びが著しくなり、このためトップのクロップロスは著しく大きくなる。
- (2) 押湯はその直径が小さいほど、およびその高さが低いほどクロップロスは小さくなる。
- (3) 押湯部を除いた本体部のロスは均一加熱材に比べて著しく大きくなるが、このロスへの押湯形状の影響は均熱材に比べて小さい。
- (4) ボトムは高温側が延伸されても低温側の延伸が小さくなるため両者合計したクロップロスは均一加熱材とほとんど同量となる。
- (5) 圧延方向の影響はトップ圧延方式がトップおよびボトム両者合計したクロップロスを最も少なくする。
- (6) 押湯つけ根に R をつけることは偏熱材においてはクロップロス減にほとんど効果をもたない。

参 考 文 献

- 1) H.Kushima, et al : Ironmaking & Steelmaking, **4** (1977) 3, 176
- 2) Y.Mihara, et al : Metallurgia & Metal Forming, **44** (1977) 8, 332
- 3) 広瀬ほか：鉄と鋼, **64** (1978) 4, S216
- 4) 津田ほか：53年塑加春講論, (1978), 201
- 5) 松崎ほか：鉄と鋼, **65** (1979) 8, A157
- 6) 中内ほか：鉄と鋼, **62** (1979) 8, A161
- 7) 長田ほか：鉄と鋼, **66** (1980) 4, S292
- 8) 植木ほか：同上, S293
- 9) 金成ほか：同上, S295
- 10) 栗野ほか：塑性と加工, **13** (1972) 141, 768
- 11) 栗野ほか：塑性と加工, **1** (1960) 3, 203
- 12) 柳下ほか：三菱重工技報, **11** (1974) 1, 43