

討13 スラブ及びブルーム分塊におけるクロップロスの検討

日本鋼管 技術研究所 岡戸 克、 有泉 孝
 技研福山 平沢猛志 ○中内一郎
 京浜製鉄所 増山雄平
 福山製鉄所 芳賀行雄

1. 緒言

最近、省資源・省エネルギーの観点から分塊歩留への関心が一層高まっている。分塊歩留を規定する要因の内、最も大きな割合を占めるのは、圧延過程での不均一変形によって形成される端部切捨部（クロップロス 図1）である。そこで、本報ではスラブ・ブルーム分塊のクロップロスに関するモデル実験での検討結果を述べるとともに、その結果を実操業に応用して分塊技術の向上を計った例を紹介する。

2. 基礎特性

モデル圧延によって各種圧延条件がクロップロスに及ぼす影響を調査した。モデル材料としてプラスチック及び純鉛を用い、モデル比は1/10~1/15で行った。（ただし、文中での数値は実物に換算して示している。）なお、モデル鋼塊は直方体であり、偏析・鋼塊パイプ等の冶金的要因は無視した。

2.1 パススケジュールの影響

同一寸法の鋼塊から同一寸法のスラブ・ブルームを圧延しても、幅圧下時期と1パスの圧下量の違いによってクロップロスに差が生じる。

まず幅圧下時期の影響については、図2に厚さ900mm幅1600mmの22ton鋼塊から厚さ220mm幅1300mmのスラブを圧延した際の幅圧下時の板厚とクロップロスの関係を示してあるが、板厚が薄くなってから幅圧下を行う方がクロップロスは少ない。これはオーバーラップロスが幅圧下時板厚にあまり影響を受けないのに対してフィッシュテールロスは幅圧下時板厚が薄いほど小さくなるためであるが、最初の板厚圧下によって形成される板端部の凸形状が大きくなって幅圧下時のフィッシュテールの成長を抑えるからだと考えられる。ただし、鋼塊からスラブへの全幅圧下量が非常に小さい場合には幅圧下時期をあまり遅くすると最終的に凸形状が残って逆にクロップロスが大きくなることもあり、適切な幅圧下時期が存在する。なお、ブルーム分塊においても同様で、まず板厚圧下によって扁平にした後に幅圧下を行う方がクロップロスは小さくなる。

次に1パスの圧下量の影響であるが、表1に厚さ700mm幅1050mmの13ton鋼塊から厚さ350mm幅400mmのブルームを1パスの圧下量を違えて圧延した時のクロ

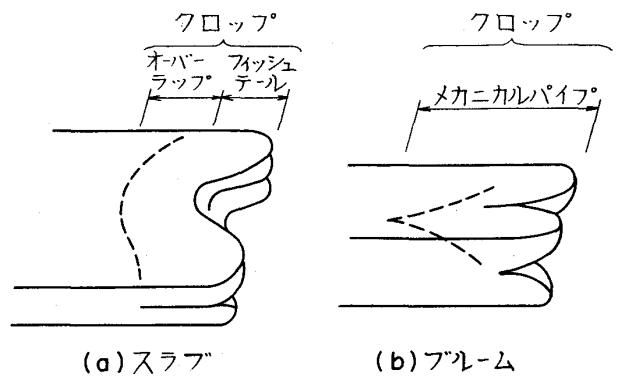


図1. クロップ

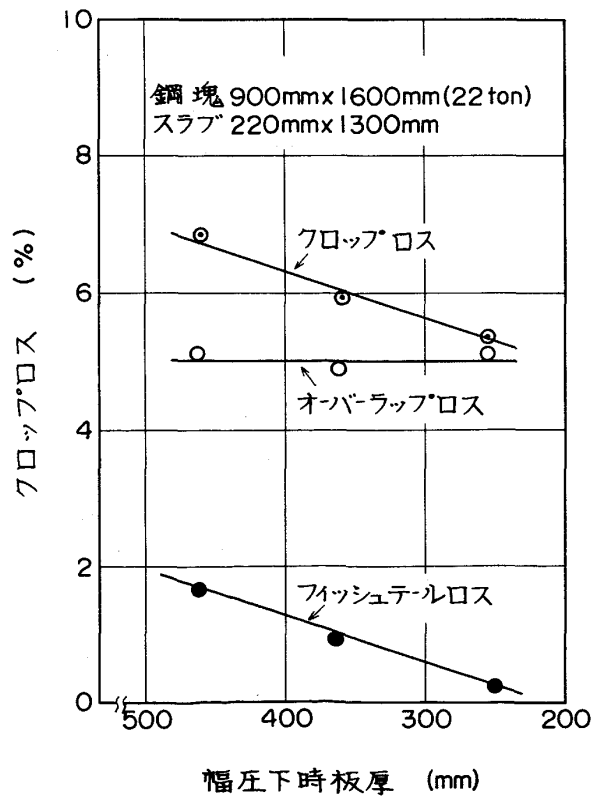


図2. 幅圧下時期の影響

ップロスを示す。1パスの圧下量が大きい方がメカニカルパイプの形成が小さくクロップが減少している。これは強圧下を加える方が圧下方向への力の浸透が大きく材料の不均一変形の度が小さくなるためと考えられる。従って、強圧下圧延の方が圧延能率の点も含めて有利であると言える。

2.2 鋼塊寸法の影響

同一寸法のスラブ・ブルームを圧延する場合でも、使用する鋼塊の大きさによって、クロップロスに変化する。一般に鋼塊の寸法は製鋼上の制約から厚さと高さはほぼ一定であり幅が変化する。従って、分塊圧延では鋼塊寸法の違いは全幅圧下量の差として表われる。

図3は、350mm×400mmのブルームを圧延する場合の鋼塊幅とクロップロスの関係を示すものであるが、鋼塊幅が大きくなるにつれてクロップ重量も増加する。これは全幅圧下量が増すとメカニカルパイプの成長も大きくなるためであるが、さらに重要なことは、その増加割合が鋼塊重量の増加よりも大きく結果的にクロップロスが大きくなることである。従って、全幅圧下量が大きくなる様な鋼塊を使用することは圧延歩留の点からは不利である。

2.3 圧延方向の影響

同じ板端部でも圧延かみ込み側(圧延トップ)とかみ離し側(圧延ボトム)ではクロップの形成にかなりの差がある。写真1及び図4は225mm×1200mmのスラブを圧延するに際して、圧延トップ・ボトムを固定して圧延した場合(一方向圧延)と、圧延トップ・ボトムが交互になる様に圧延した場合(通常圧延)を比較したものである。写真から明らかな様に一方向圧延では圧延トップのクロップロスは圧延ボトムに比べて非常に小さい。これは圧延トップが圧延ボトムに比べて不均一変形が少なくそれが累積して最終のクロップに大きな差が生じたと想定される。これに対して通常圧延では圧延トップ・ボトムの影響が相殺されて最終のクロップ形状・クロップロスはほとんど同じになっている。従って、全幅圧下量の増加に対するクロップ重量の増加割合も一方向圧延トップが最も小さく、続いて通常圧延、そして一方向圧延ボトムの順になっている。

2.4 鋼塊底部形状の影響

通常鋼塊底部は平面であるためオーバーラップやメカニカルパイプの形成は避けられずクロップロス

表1. 1パス圧下量の影響

鋼塊 700mm×1050mm(13ton)
ブルーム 350mm×400mm

圧下量	クロップ断面	クロップロス
40 mm		4.2 %
80 mm		3.6 %
120 mm		3.0 %

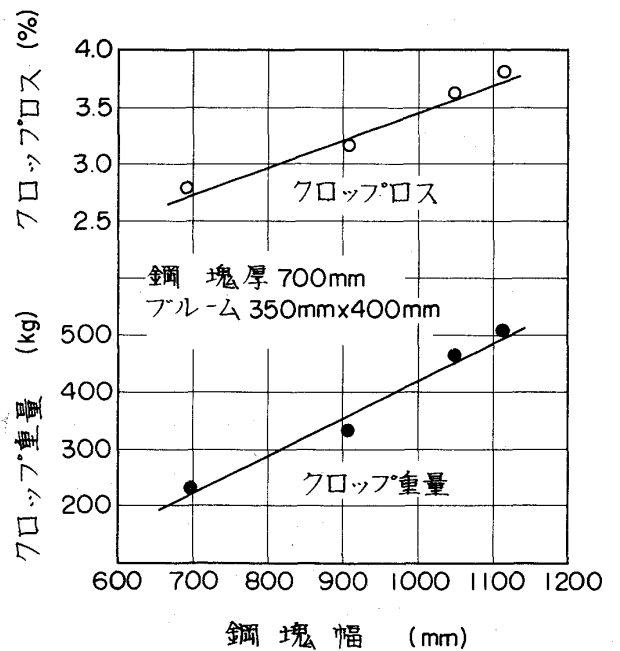
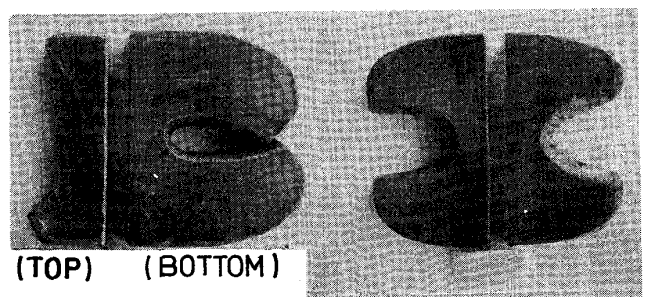


図3. 鋼塊幅の影響



(a)一方向圧延 (b)通常圧延

鋼塊 900mm×1700mm
スラブ 225mm×1200mm

写真1. 圧延方向の影響

の減少には限度がある。そこで、クローブrossをさらに減少させるためには予め鋼塊底部を凸形状（ウェル形状）にしておくことが考えられる。ここではウェルに関する基本的考え方について述べる。

図5はブルーム用鋼塊のウェル形状の概観であるが、製鋼の作業性等から鑄型と定盤との境界に隙間（ウェルギャップ）が存在するのが通常である。そのため圧延されたブルーム表面に図6に示す様な折込疵（ウェルギャップ折込）が発生し、これがメカニカルパイプとは別にクローブrossを規定する要因となる。図7は16ton鋼塊から350mm×400mmのブルームを圧延した時のウェル重量とクローブrossの関係を示す。ウェル重量が増加すれば当然メカニカルパイプが減少するが、逆にウェルギャップ折込は増加している。従って、折込疵の深さが浅くて無視できるか除去できるならばメカニカルパイプが小さくなる様にウェル重量を大きくすれば良い。しかし、そうでない場合にはメカニカルパイプとウェルギャップ折込が等しくなる点、図7では対鋼塊重量比0.6%がクローブross最小のウェル重量となる。また、スラブ用鋼塊でも同様の考え方で約1.5%のウェル重量が適切である。

（相似性の確認）

上記のモデル圧延の相似性を確認するために、鋼塊形状・パススケジュール等の幾何学的相似条件を満足した1/15のプラスチックモデルと実物との比較を行なったが、クローブ形状・クローブross共にかなり良い一致がみられた（図8）。

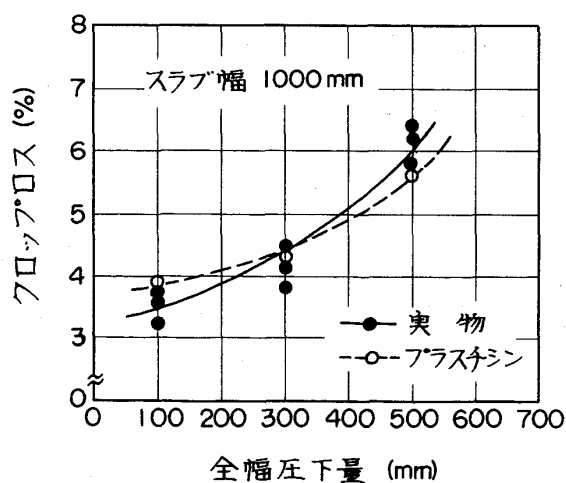


図8. 実物とモデルの比較

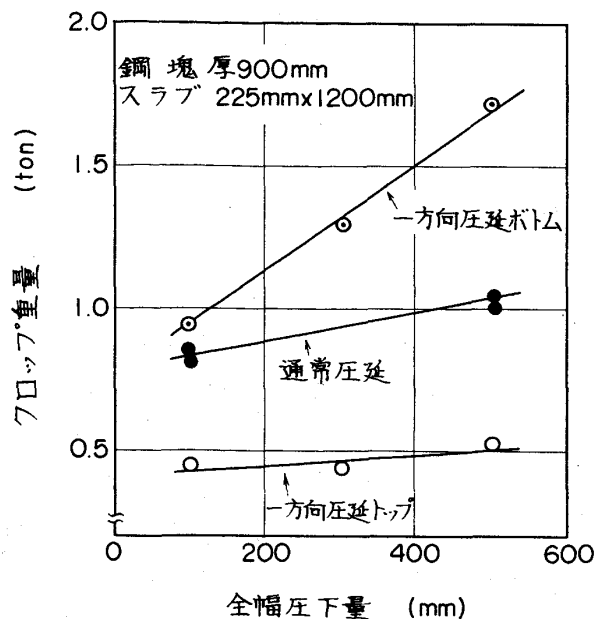


図4. 圧延方向の影響

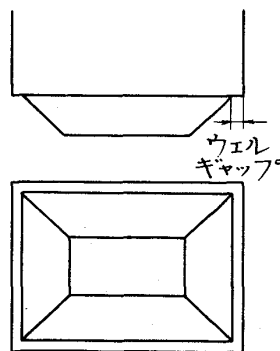


図5. ウェル形状

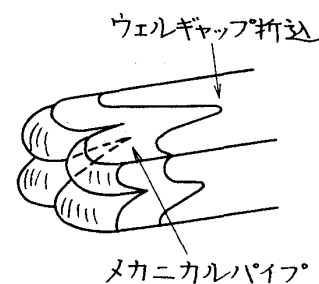


図6. クローブ形状

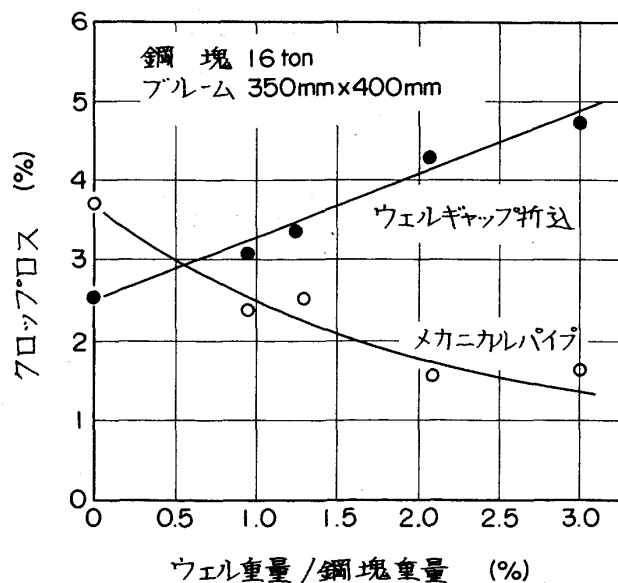


図7. ウェル重量とクローブross

3. 実作業への応用

上記のモデル圧延による基本的特性把握をベースに実作業に応用した例を示す。

3.1 押込圧延法

既に述べた様に圧延トップ側はボトム側に比べてクロップの形成が小さい。そこで圧延材の両端部を共に圧延トップにすればクロップロスを少なくすることができるという発想から生まれたのが図9に示す押込圧延法である。即ち、途中まで圧延を行った後逆方向から圧延する方法である。実作業では圧延能率も考慮する必要があるが、初期数パスにこの方法を適用することでも相当の圧延歩留向上が可能である。当社福山分塊工場の実績では本方法の適用により約1.5%の歩留向上という結果を得ている。また、水江分塊工場で達成されたギャップド鋼分塊歩留世界新記録96.4%は押込圧延法の大幅な適用が主因となっている。

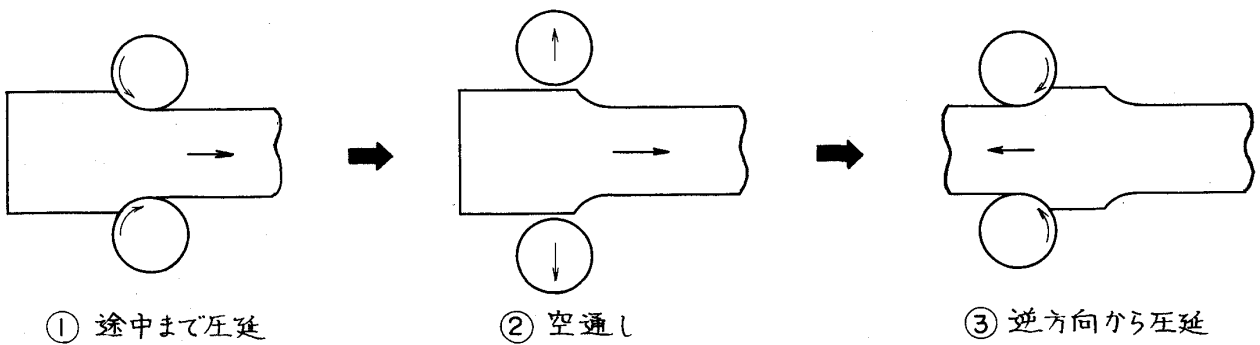


図9. 押込圧延法

3.2 ハイリフト・ユニバーサルミル

分塊ミルには従来ハイリフトミルとユニバーサルミルがあり、ミルの機構上による幅圧下時期の違いから圧延歩留の点では前者が、圧延能率の点では後者が優れている。そこで考案されたのが両者の特徴を兼ね備えたミル型式、ハイリフト・ユニバーサルミル(図10)である。これは、その時の状況に応じて歩留優先の時はハイリフト的に、能率優先の時はユニバーサル的にと自在に使い分けのできる柔軟性に富んだミルである。なお、本ミル型式は当社扇島分塊工場に採用されている。

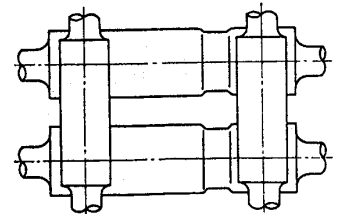


図10. ハイリフト・ユニバーサルミル

3.3 ウェル付鋼塊

モデル圧延での確性によって実鋼塊でのウェル形状を決定し、それによって分塊歩留向上に大きな効果を上げている。例えばスラブ分塊では2.0%の歩留向上という結果が得られた。

4. 結言

クロップロスに関してはこれまでに述べた事以外にも製鋼性の欠陥や圧延時の片伸びといった無視できない要因がかなり存在する。従って、分塊歩留向上のためには種々の技術開発・改善の積み重ねが必要であるとともに、日常のきめ細かい管理が大切であることは言うまでもないことである。

(参考文献)

1) 生嶋他: 日本鋼管技報 664 P1 2) mackenzie: J.I.S.I. April 1970 P342
 3) Smith: J.I.S.I. march 1970 P247 4) Bading他: Stahl u. Eisen 97(1977) Nr26 P1307