

# 軽圧下法による大断面ブルームのセンターポロシティ発生防止技術の開発

## Development of Soft Reduction Techniques for Preventing Center Porosity Occurrence in Large Size Bloom

新日本製鉄(株)八幡製鉄所 (現：光製鉄所)  
光製鉄所

沖森麻佑巳\*  
西原良治・福永新一・岡本吉平栄

### 1. 緒言

八幡製鉄所・第三製鋼工場の図1に示す大断面ブルーム用トリプレット連続铸造機（1対のロールで3本のブルームを保持）<sup>1) 2)</sup>で、ブルームの断面中央部に溶鋼の供給不足によるセンターポロシティが発生した。当問題を解決すべく開発された軽圧下技術について報告する。

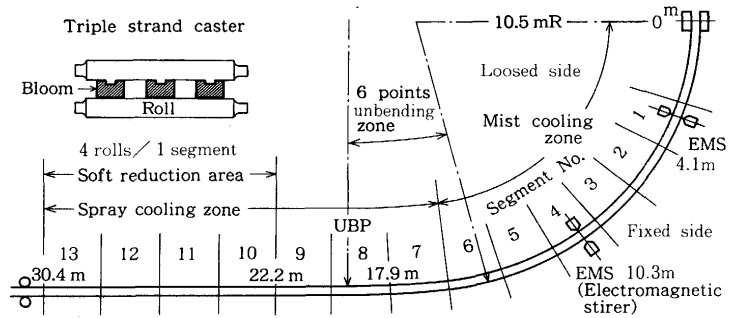


Fig. 1 Profile of continuous caster.

### 2. 大断面ブルームでの

#### センターポロシティ発生

従来より図1の連続铸造機に於いて、タンディッシュの低温铸造や図2に示すように2次冷却帯で電磁攪拌を採用し等軸晶の増加に効果をあげていた。しかし、[C]=0.05~0.80%の大断面ブルーム（厚み320mm×幅450mm）を铸造したところ、断面中央（最終凝固部）に幅10~60mm、厚み約0.1mmの中心割れが発生した。当部分が脆性破面ではなくデンドライト組織であったことからセンターポロシティと考えられた。図3に示すようにブルーム断面のサルファプリントで測定した中心割れの幅 $\ell$ が铸造速度に比例していることが明らかとなった<sup>2)</sup>。当原因として高

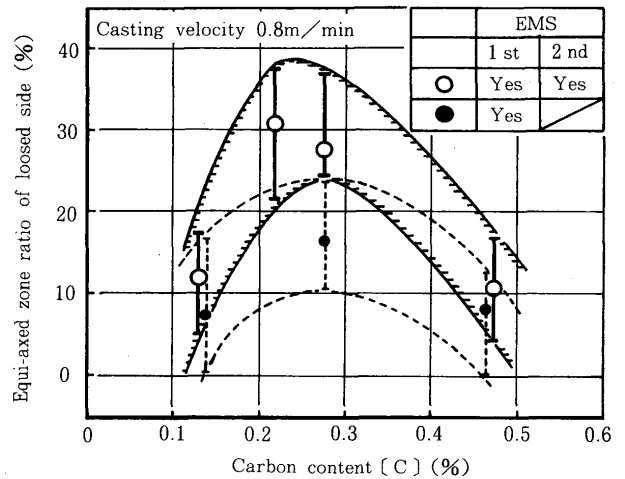


Fig. 2 Effect of electromagnetic stirrer on equi-axed zone ratio

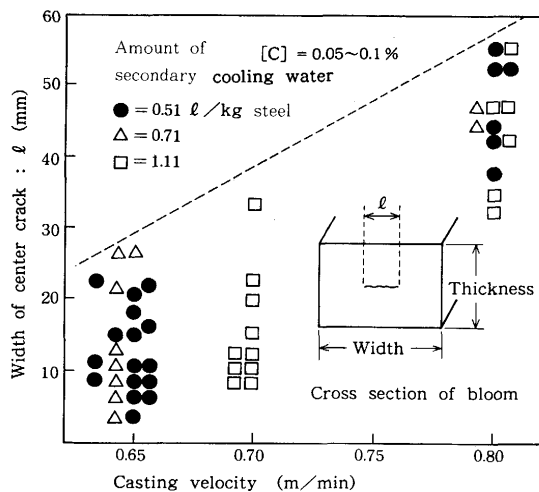


Fig. 3 Relationship between casting velocity and width of center crack.

速铸造実施時に連続铸造機の曲げ戻し点（図1中UBP）から遠く離れた水平部にある最終凝固部において、凝固収縮に伴って溶鋼の供給不足が生じていると推定された。そこで凝固収縮分に見合うだけ铸片を軽く圧下してセンターポロシティの発生を防止する技術の開発に取り組むこととした。

### 3. フラットロールによる軽圧下

#### 3. 1 軽圧下の考え方

図4に示すように未凝固溶鋼のある状態でフラッ

トロールにより①平らな鑄片を軽圧下する場合・図4-(1)と②鑄片をモールド以降の2次冷却帯で少しバルジングさせその後軽圧下する場合・図4-(2)を検討した。軽圧下する時の鑄片の側面シェル厚みは圧下時に抵抗となるものであり、①ではDであり②ではロールと接触している部分の凝固厚みdとなる。dはDよりも厚みが薄く圧下が容易になることは明らかである。

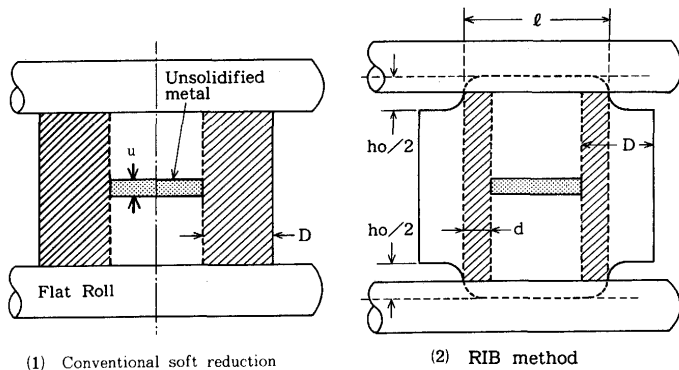


Fig. 4 Two types of soft reduction.

### 3・2 平らな鑄片の軽圧下

320 × 450mm の場合に、連鑄機の水平部の入口・8セグメント（モールドから17.9m）での未凝固溶鋼の厚みuは40mmで側面のシェル厚みDは140mmとなる。

### 3・3 バルジングさせた鑄片の軽圧下

鑄片を一旦バルジングさせて、その後軽圧下する場合のモールド以降2次冷却帯のロール間隔を図5に示す。モールド直下から鑄片をバルジングさせるフリーバルジング生成域A、同保持域B、未凝固先端の軽圧下域Cの3つのロール間隔を設定した<sup>3) 4)</sup>。鑄片サイズ320mm × 450mmでロール間隔を種々変更して試験した。試験鑄片の形状測定やサルファープリントの内部割れの調査（後述3・4(2)）等から、A及びB領域ではバルジング量が $h_0$  = 約7mm（L面とF面の両側）程度であり、バルジングさせた後の軽圧下域の入口（8セグメント）では図4-(2)のロール接触長さ $l = 330$ mmで $d = 70$ mmであることが判明した。このd値は3.2で述べたように $D = 140$ mmよりも小さく鑄片を十分に圧下することが可能であることが判明した。本法を以後RIB（Reduction after Intentional Bulging）法と称する。

### 3・4 RIB法による品質改善試験

#### (1) センターポロシティの改善

図5のようなロール間隔設定によってバルジングさせた鑄片を軽圧下した。その結果図6のようにセンターポロシティが大幅に減少し皆無となった<sup>3) 4)</sup>。

#### (2) 内部割れの発生

上記(1)のような品質改善効果がみられたが、RIB法は凝固シェルの薄い時にロール間隔を広げてバルジングさせるので図7のように鑄片の両側面に内部割れの発生が多くなることが判明した。また

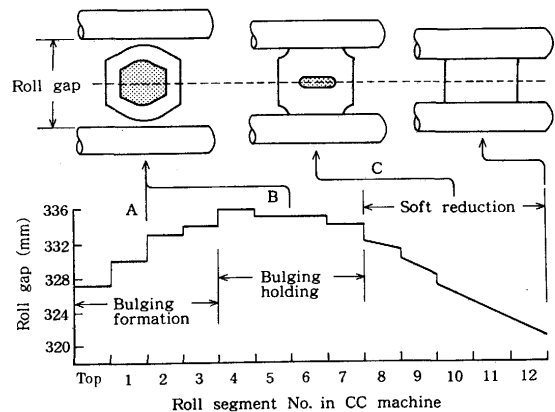
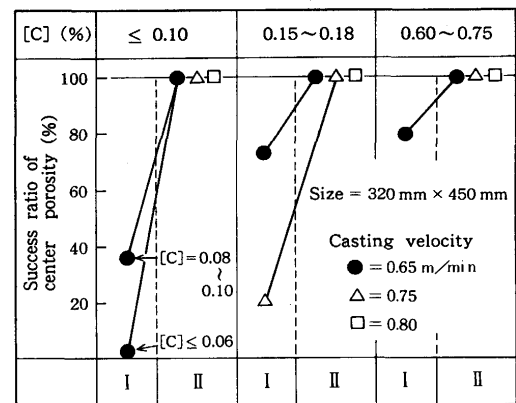


Fig. 5 Roll gap in RIB method.



I = Conventional method, II = RIB method

Fig. 6 Effect of RIB method on decreasing center porosity.

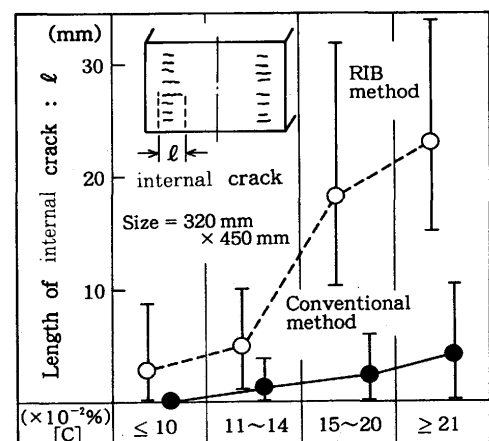


Fig. 7 Internal crack occurred in RIB method

本法を実施する時は上部のロール間隔の設定変更が必要であり煩雑な操業になる欠点があった。従って本法に代わって内部割れのない操業性の良い技術の開発が必要となった。

#### 4. 凸型ロールによる軽圧下

##### 4・1 基本的考え方

RIB法は鑄片をバルジング（凸型化）させて圧下時のロール反力をできるだけ小さくしたのであるが逆にロールの方を凸型化させて未凝固部と凝固シェルの一部を圧下する方式が考えられた。本方式での鑄片とロール幾何学的な関係を図示すると図8となる<sup>7)</sup>。RIB法で圧下抵抗となるシェル厚dは、本方式ではリム厚mとなる。この方式を凸型ロール法と称する。

##### 4・2 ロール間隔設定

凸型ロール法の2次冷却帯のロール間隔は前述のRIB法とは違って鑄型下から順次減少させていく通常の方法でよく、図1に示すメニスカスから22.2mの10セグメントから軽圧下を開始し、10~13セグメントを軽圧下ゾーンとした。実機で種々のロール間隔を設定し後述する圧下の効果を調査した結果、鑄造方向に1m当たり約1.3mmのロール間隔勾配でよいことが確認された。本連鑄機はトリプル鑄造であり図1のように軽圧下用の凸型部もロール対の上側のロール一本に3個設けてある。以上のような凸型ロール法を特にセンターポロシティーの要求レベルが厳しい鋼種に適用した結果を次に述べる。

##### 4・3 凸型ロール法による品質改善試験

###### (1) 試験条件

[C]=0.70~0.90%の高炭素連鑄ブルーム材に凸型ロールを適用して鑄片を軽圧下した。凸型ロールによる軽圧下の条件は図8のようにケース1, 2, 3とした。鑄片サイズは300mm×400mmと320mm×380mmの両大断面サイズである。未凝固部分をロールで圧下する時に柱として抵抗になるリム厚みmを変えるために、凸型ロールの凸型部の幅は130mmと90mmとした。鑄造速度は約0.75~0.95m/分である<sup>5) 6)</sup>。

###### (2) センターポロシティーの改善

上記のような凸型ロールを適用してブルームを軽圧下した結果を図9に示す<sup>8)</sup>。同図の横軸の圧下量は図8のnの部分を示し、縦軸は鑄片断面のセンターポロシティーの最大径の相対評価値である。ケース1, 3のように圧下量nが6.0mm以上に大きくなるとセンターポロシティーは小さくなり、圧延後の製品においても超音波探疵欠陥が消滅した。

###### (3) 内部割れ

本法ではRIB法のように2次冷却帯の上部でロール間隔を広げないので鑄片の両側面の内部割れは皆無とな

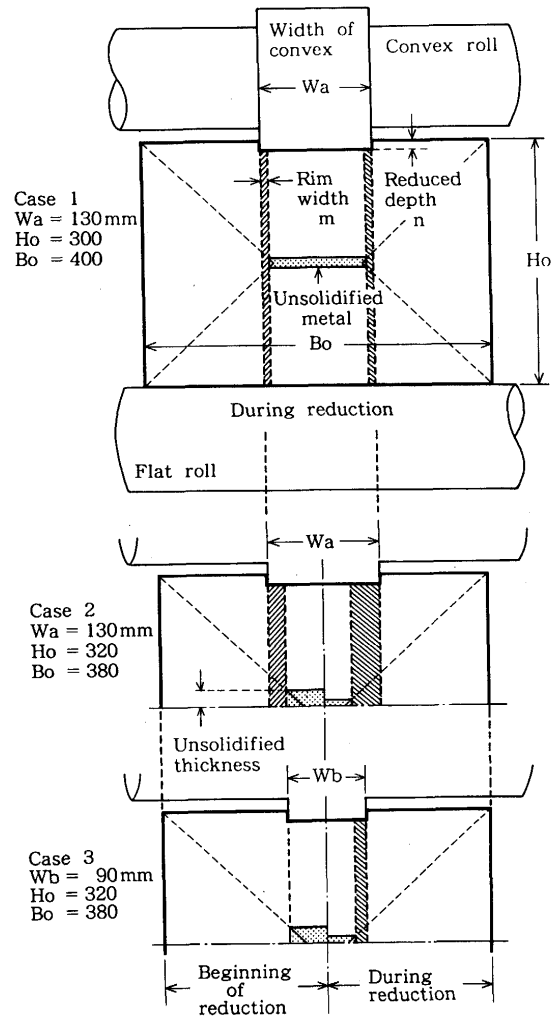


Fig. 8 Soft reduction by convex roll method.

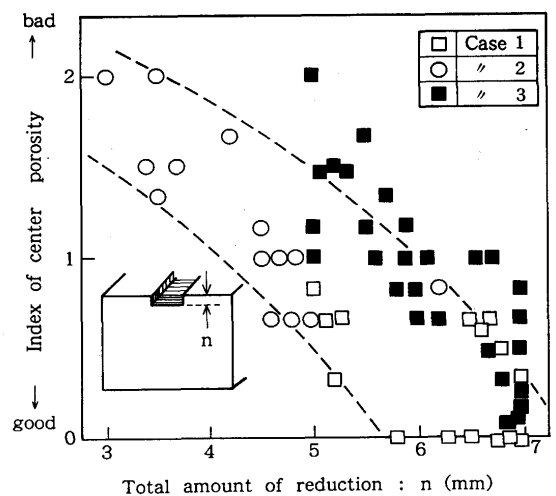


Fig. 9 Improvement of center porosity by increasing reduction amount.

った。一方ロール凸部で圧下する時に鑄片上部の凝固界面に発生する非常に小さな内部割れについて整理すると図10となった<sup>8)</sup>。この図から凸型ロール法での内部割れの長さは数mmで、圧延後の製品に何ら有害でないことが明らかとなった。

#### 4・4 リム厚みと圧下良否の関係

前述のRIB法と同様に、凸型ロール法においても未凝固部分を軽圧下する時に抵抗となるリム厚み $m$ が厚ければ、圧下が不十分になると考えられる。凸型ロール法では圧下完了時(=凝固完了時)のリム厚み $m = (W/2 - (B_0 - H_0)/2)$ と近似でき、ケース1, 3では15mm、ケース2では35mmとなる。ここで $W$ =ロール凸部幅(図8で $W_a, W_b$ )、 $B_0$ =鑄片幅、 $H_0$ =鑄片厚みである。一方、上記4・3(3)で述べた軽圧下時の小さな内部割れの発生位置から圧下開始のリム厚み $m$ を推定し、鑄片圧下量 $n$ との関係を求めると図11となった。図11から、①ケース2ではリム厚み $m$ は圧下開始で約15~20mmで圧下完了時に最大35mmまで大きくなるために圧下抵抗が増大し圧下が不十分となり、②ケース1と3ではリム厚み $m$ は圧下開始で約0mmで圧下完了時に最大15mmまで大きくなるものの圧下抵抗は小さく圧下が十分可能であったと推定される。このように鑄片の形状に応じて圧下開始のリム厚み $m$ が0mmになるように軽圧下用凸部幅を選定することが重要である<sup>7)</sup>。

#### 5. 結言

大断面ブルームのセンターポロシティの発生を防止するためにロール表面に凸型部を設けて未凝固部を効果的に圧下する方法を開発した。鑄片形状に応じて最適な凸型部幅を設定し内部割れとセンターポロシティのない良好な鑄片の製造が可能となった。

#### 文献

- 1) 田中功, 木村弘之, 武居博道, 村瀬昭次, 草野昭彦, 岡本稔, 前田正浩, 沖森真弓 : 鉄と鋼, 69 (1983), S 982
- 2) 新日本製鉄(株)(私信) 1983年 7月
- 3) 草野昭彦, 武居博道, 前田正浩, 沖森真弓, 寺田勉, 福永新一 : 鉄と鋼, 71 (1985), S 211
- 4) 新日本製鉄(株)(私信) 1984年 7月
- 5) 西原良治, 下笠知治, 今村晃, 沖森麻佑巳, 草野昭彦, 鋤取英宏, 金丸和雄, 宮村紘 : 材料とプロセス, 1 (1988), P206
- 6) 荻林成章, 内村光雄, 磯部浩一, 前出弘文, 丸木保雄, 西原良治, 沖森麻佑巳, 佐藤哲 : 材料とプロセス, 2 (1989), P 1162
- 7) 岡本吉平栄, 沖森麻佑巳, 金子信義, 福永新一, 奥村裕彦, 佐藤哲 : 材料とプロセス, 3 (1990) P1174
- 8) 岡本吉平栄, 沖森麻佑巳, 西原良治, 金子信義, 佐藤哲 : 材料とプロセス, 4 (1991) P 302

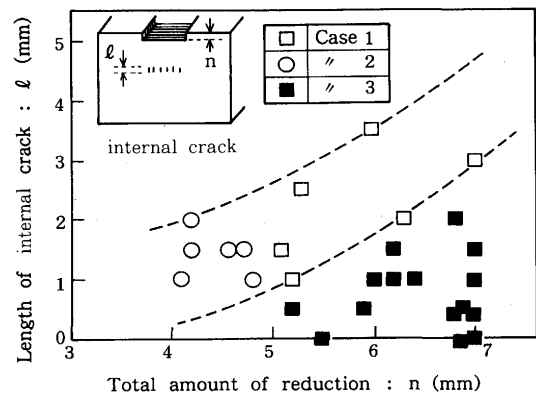


Fig. 10 Relationship between total reduction amount and internal crack.

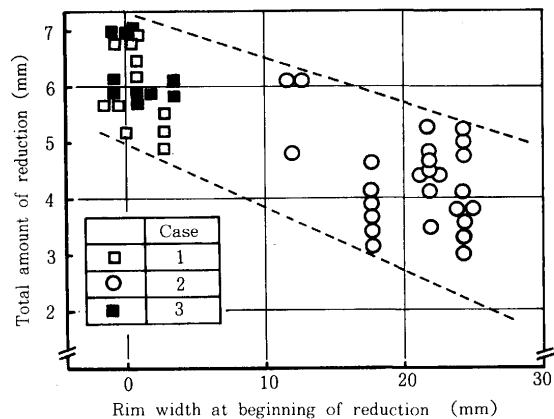


Fig. 11 Relationship between rim width and reduction amount