



UDC 621.771.22 : 669.012.5

## 分塊圧延における圧延歩留りの向上

梨 和 甫\*

### Improvement in Rolling Yield at Blooming Mills

Hajime NASHIWA

#### 1. 結 言

分塊工場にとって圧延歩留りを向上させることは、分塊製造コストを低減させる上で最も重要な要素の一つであり、従来より不断の努力が傾注されてきた。

一方、昨今の連铸材の急激な増加により、鋼塊法によるスラブは減少し、ビレットは連铸ブルームから製造されるようになってきた。このような情勢の中で研究開発された数々の操業技術によつて、分塊圧延歩留りは飛躍的に向上し、熱延用キャップド鋼スラブなどにおいて従来は想像すらできなかったような驚異的な高歩留りが達成されるに至つた。

現在は更に、直接圧延あるいは熱片装入などの技術が新製造プロセスとして導入されており、品質および歩留りの両者を向上させねばならないという難しい状況のもとで努力が続けられている。また連铸スラブのブレードダウンを行うことにより、連铸材の適用拡大に貢献するなど分塊工場は多方面で活用され、製鉄所においては今もなお重要な役割を果たしている。

#### 2. 分塊歩留りの定義

分塊歩留りは工場操業管理を行う上で、通常、圧延歩留り、精整（良鋼片）歩留り、通算歩留りの3区分に分類されており、それぞれ一般的に次のごとく定義されている。

##### (1) 圧延歩留り

$$\text{圧延歩留り} = \frac{\text{剪断後良片重量}}{\text{鋼塊重量}} \times 100[\%]$$

剪断後重量はスラブの場合一般的には実貫重量が採用されるが、ビレットの場合採片本数が多いため計算重量が採用される。鋼塊重量は実貫値が採用される場合が多い。

##### (2) 精整（良鋼片）歩留り

##### 精整（良鋼片）歩留り

$$= \frac{\text{剪断後良片重量} - (\text{手入ロス重量} + \text{切り下げクランプ重量} + \text{格下げ重量})}{\text{剪断後良片重量}} \times 100[\%]$$

上式中分子の重量は実貫値が採用される場合と計算値が採用される場合の両方がある。

##### (3) 通算歩留り

$$\text{通算歩留り} = \text{圧延歩留り} \times \text{精整（良鋼片）歩留り} [\%]$$

分塊歩留りは上記の通算歩留りで管理することが重量であるが、一般に分塊歩留りといわれるものは圧延歩留りを示す場合が多く、歩留り向上対策も主として圧延歩留りに対して行われることが多いため、本論においても圧延歩留りを主体に述べることにする。

#### 3. 圧延歩留り実績推移

Fig. 1~Fig. 3<sup>2)</sup> は我が国鉄鋼各社の代表的な品種（熱延用キャップド鋼スラブ、熱延用キルド鋼スラブ、熱延用直接圧延材、線材用キャップド鋼角ビレット、線棒用キルド鋼角ビレット）の圧延歩留り向上の推移を示す。熱延用キャップド鋼スラブ (Fig. 1) および熱延用直接圧延材 (Fig. 2) については歩留り向上が特に著しく過去7年間でそれぞれ4%、3.5%もの向上が得られている。熱延用キルド鋼スラブ (Fig. 1) については2%強の歩留り向上がみられる。歩留り向上対策としてとられた内容はスカーフ施工法の改善、鋼塊形状およびパススケジュールの改善、均熱炉省エネルギー推進による均熱スケールロスの減少、無欠陥鋼塊の製造などである。キルド鋼スラブについてはこの外に押湯法改善による鋼塊頭部切り捨て率の減少も行われている。線材用キャップド鋼および線棒用キルド鋼角ビレット (Fig. 3) についてはスラブの場合ほど顕著な歩留り向上はみられない。

昭和56年3月17日受付 (Received Mar. 17, 1981) (依頼解説)

\* 本会共同研究会鋼板部会分塊分科会主査 住友金属工業(株)和歌山製鉄所 (Wakayama Steel Works, Sumitomo Metal Industries, Ltd, 1850 Minato Wakayama 640)

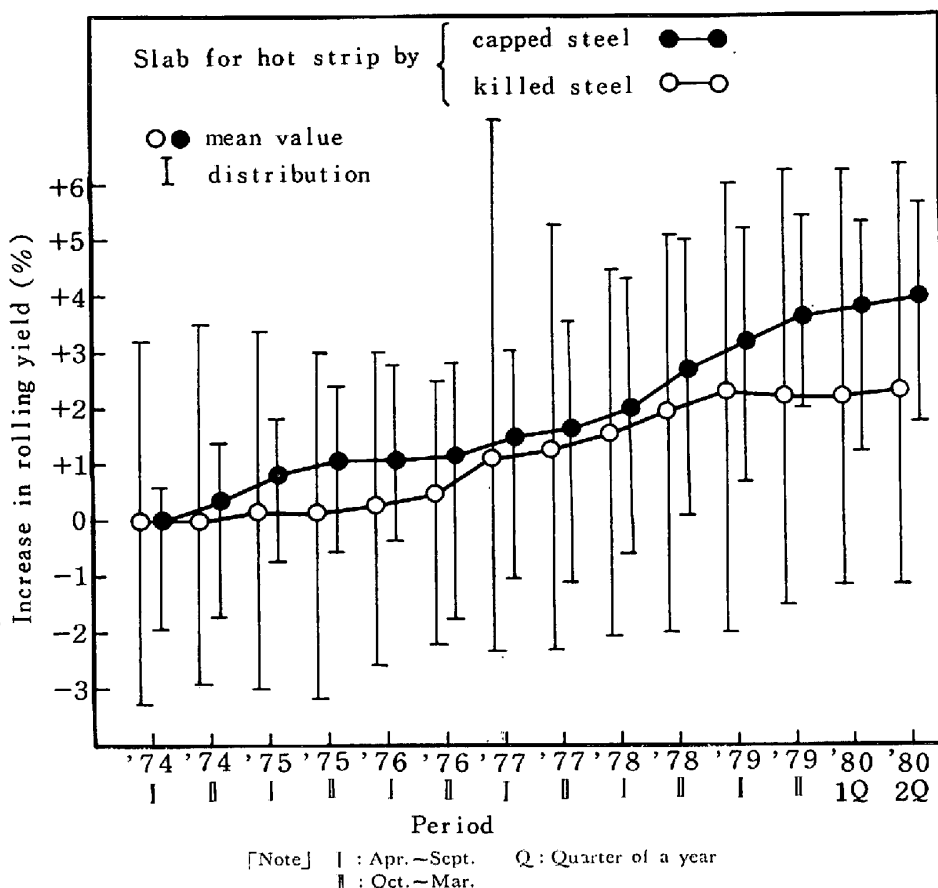


Fig. 1. Transition in increase in rolling yield for slab for hot strip by capped and killed steel.

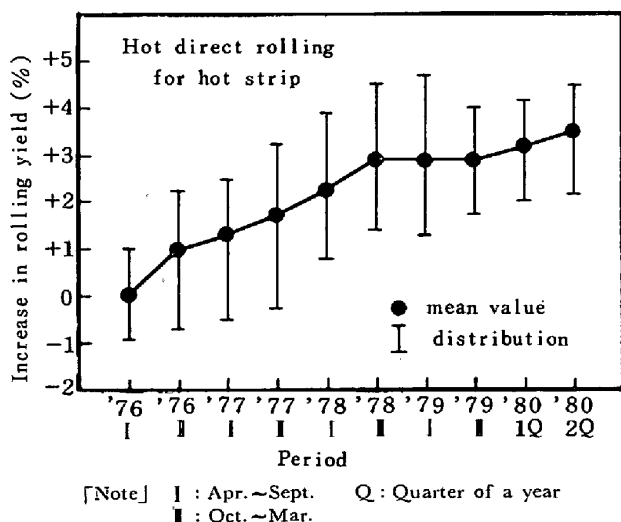


Fig. 2. Transition in increase in rolling yield for hot direct rolling for hot strip.

が、スカーフ量の減少、鋼塊形状の改善などスラブの場合と同様な対策がとられており、キャップド鋼で2%強、キルド鋼で約1%の向上が得られている。

#### 4. 圧延歩留りの変動要因

歩留り管理は分塊操業管理の中でも最も重要な要素の

一つである。圧延歩留りを決定あるいは変動させる要因として考えられるものは、歩留りの定義で述べたように鋼塊の受け入れから鋼片払い出しの間に発生する種々のロス（健全なる鋼片として使用できない部分）であり、具体的にいえば、加熱スケールロス、ミルスケールロス、ホットスカーフロス、切り捨てクロップロスなどである。これらのロスは鋼片の鋼種、用途、操業条件などによつて変動するものである。

##### (1) 加熱スケールロスおよびミルスケールロス

加熱スケールとは鋼塊あるいは連铸铸片を均熱炉あるいは加熱炉で加熱した時鋼塊あるいは铸片の表面に発生するスケールであり、鋼塊あるいは铸片が抽出、搬送され分塊圧延される過程で剝離されるものである。加熱スケールロスは通常1%前後である。

ミルスケールとは熱間圧延中および圧延後搬送、冷却中に発生するスケールであり、ミルスケールロスの値としてはスラブでは0.1~0.3%、条鋼用ビレットではその表面積がスラブの場合より大きいので、ミルスケールロスも若干大きくなり0.2~0.5%程度が普通である。

##### (2) ホットスカーフロス

分塊圧延後、鋼片の表面疵を除去するために、鋼片表皮が1~3mmの深さでホットスカーフ（熱間溶削）されるのが普通であり、この時発生するスケールをホット

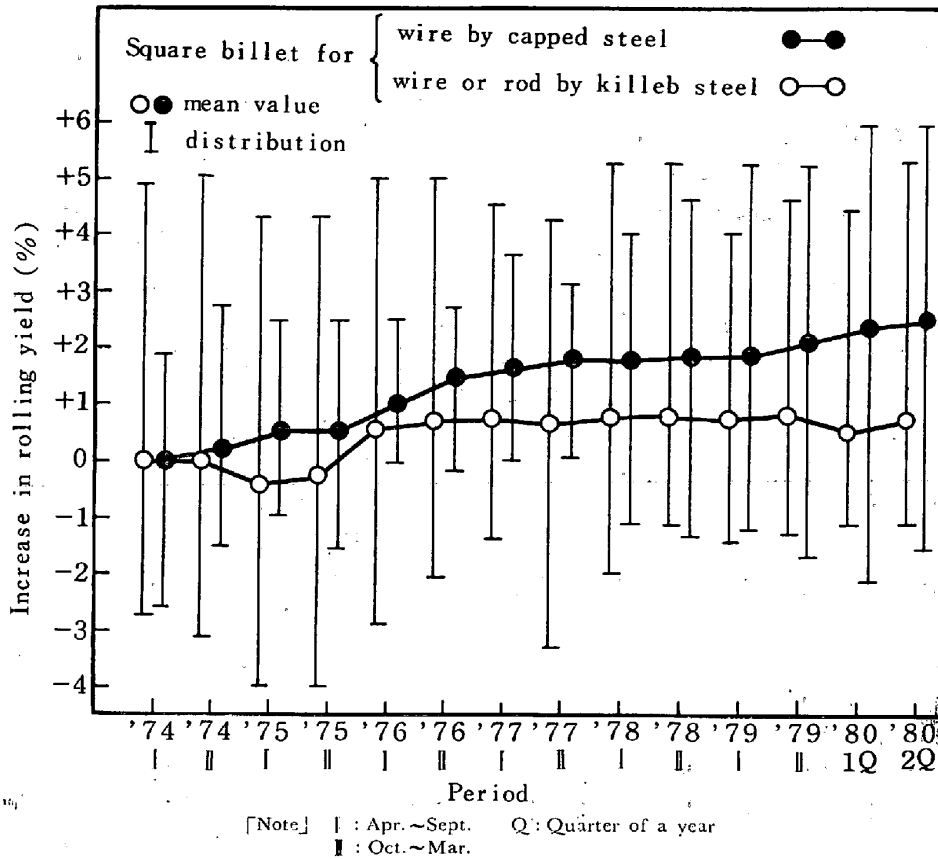


Fig. 3. Transition in increase rolling yield for square billet for wire by capped steel and for wire or rod by killed steel.

Table 1. Crop cutting ratio of top and bottom part of ingot after rolling.

Steel grade	Item	Crop cutting ratio [%]		Reason for crop cutting	
		Ingot top part	Ingot bottom part	Ingot top part	Ingot bottom part
Capped steel	Slab	0.5~1.8 (1.3)	0.7~2.8 (1.6)	Ⓜ, ⓓ	Ⓜ, ⓓ
	Billet	1.0~2.8 (1.5)	1.0~2.5 (2.0)	Ⓜ, ⓓ	Ⓜ, ⓓ
Rimmed steel	Slab	2.5~3.0 (2.7)	1.4~4.7 (2.6)	Ⓜ, ⓓ, Ⓛ	Ⓜ, ⓓ
	Billet	2.0~5.4 (4.2)	1.9~4.3 (2.8)	Ⓜ, ⓓ, Ⓛ	Ⓜ, ⓓ
Semi killed steel	Slab	2.3~2.5 (2.4)	2.1~4.3 (2.8)	Ⓜ	Ⓜ, ⓓ
Killed steel	Slab	4.2~9.0 (7.4)	1.5~5.9 (3.5)	Ⓢ, Ⓜ	Ⓜ, ⓓ
	Billet	5.2~11.7 (8.2)	0.6~4.0 (2.1)	Ⓢ, Ⓜ, ⓓ	Ⓜ, ⓓ

\* Ⓜ : Mechanical pipe ⓓ : Surface defects Ⓢ : Segregation Ⓛ : Slag inclusion

スカーフロスと称する。ホットスカーフはホットスカーフマシンにより行われ、通常、鋼片の全表面が同時にスカーフされる。ホットスカーフロス率は鋼片の断面寸法、鋼種などにより異なるが、通常1~3%程度である。

(3) 切り捨てクロップロス

分塊圧延後の鋼片は一般的にホットスカーフ施工後その頭部および底部が熱間にて所定量だけ切断除去される。これを切り捨てクロップロスと称する。クロップロ

ス率は通常、鋼片の鋼種、用途、鋼塊の頭部か底部かにより異なる。Table 1<sup>2)</sup> に切り捨てクロップロス率の最近の実績とその切り捨ての一般的根拠を示す。

5. 圧延歩留り向上対策

圧延歩留りを向上させるために従来より種々の手段がとられてきたが、基本的には4章で述べられた各種ロスを減少させることにつぎる。以下具体的に実施されてい

る対策について述べる。

5.1 スケールロス減少対策

(1) 加熱スケールロス

加熱スケールロスは一般的に加熱時間、加熱温度、燃焼中の酸素濃度に依存する。すなわち、加熱時間（特に高温での）が長くなる程、加熱温度が高い程、酸素濃度が高くなる程スケールロスは大きくなる。Fig. 4<sup>1)</sup> は加熱時間とスケールロス率の関係を示す。従つてスケールロス減少対策としては加熱時間（特に高温での）を短縮する方法が一般的に採用されている。燃焼中の酸素濃度については燃焼効率の点から一般的には最適の酸素濃度で管理する作業が行われているため、酸素分析計などを用いて廃ガス中の酸素濃度が必要以上に高くないよう注意がはらわれている。

(2) ホットスカーフロス

ホットスカーフロスを低減させるには、鋼片の品質向上をはかりスカーフを施工しなくてもよいようにすることが最善策であるが、一般的にはスカーフ施工されるのが普通である。しかしながら鋼片の表面疵は鋼片全長に一樣発生することはまれなため（たとえば、上注ぎ鋼塊の場合には鋼塊底部近傍にへゲ疵発生が多い）、鋼片の全長にわたつて一律の深さでスカーフ施工するのではなく、

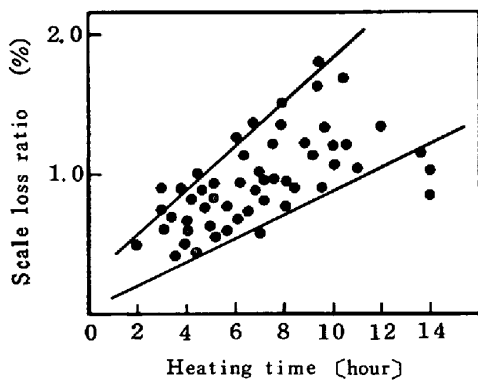


Fig. 4. Relationship between heating time and scale loss ratio.

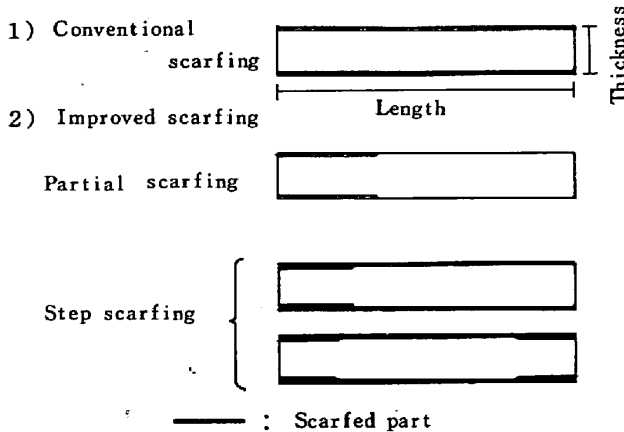


Fig. 5. Example of improved hot scarfing by hot scarfer.

疵の大小に応じてスカーフ施工深さを変更するなどの対策がスカーフロス減少には効果的である。Fig. 5<sup>2)</sup> にその代表例を示す。

5.2 切り捨てクロップロス減少対策

鋼塊を圧延した場合、鋼片の前後端には必ず切り捨てられるべき不良部（クロップ）が発生する。このクロップの原因となるものは4章のTable 1で述べたように、表面疵あるいは偏析などによる欠陥以外に圧延することにより発生するフィッシュテールとローリングオーバーラップに起因するメカニカルパイプによるものである（Fig. 6）。本論ではこのフィッシュテールとローリングオーバーラップの減少対策を主体に述べる。

5.2.1 鋼塊形状の改善

一種類の鋼塊から数種の形状の異なる鋼片を圧延するとき、鋼片断面形状が丸か角であるビレットの場合には圧延歩留りは余り大きく異なることはないが、スラブの場合にはその幅寸法が一般的にかなり広範囲で変化するため、圧延する幅（すなわち、鋼塊からの総幅圧下量）によつて圧延歩留りは大きく異なるのが普通である。Fig. 7に示されているように、一鋼塊から種々の幅を有するスラブを圧延する場合、最も歩留りの高くなるスラブ幅があり（Fig. 7中のAのスラブ幅）、それよりもスラブ幅が狭くなつても（Fig. 7中のBの部分）、広くな

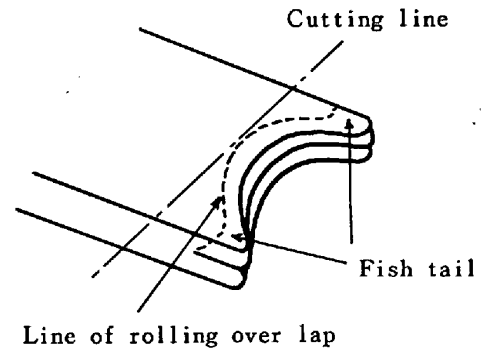


Fig. 6. Slab cutting scheme for slab end.

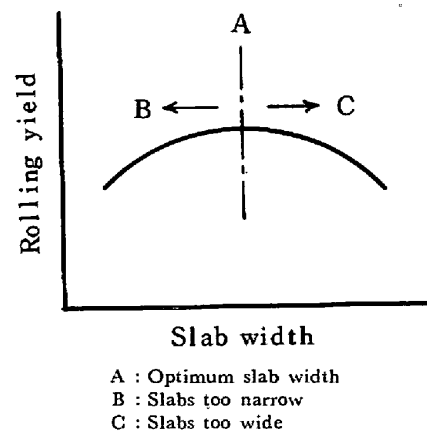
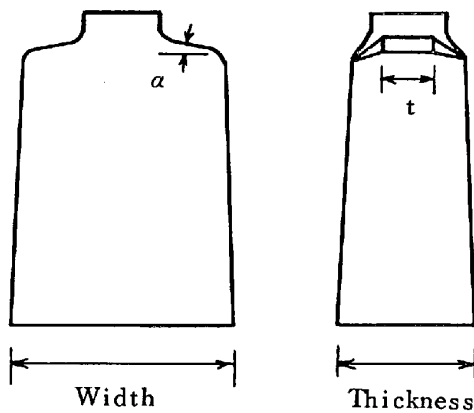


Fig. 7. Relationship between slab width and rolling yield.

	Conventional type	Improved type
Cap		
Mold		
Ingot		

Fig. 8. Improvement in crop shape for capped steel.



$\alpha$  : Taper at ingot shoulder  
 $t$  : Thickness of ingot shoulder

Fig. 9 Ingot shape of capped steel.

つても (Fig. 7 の C の部分) 一般的に歩留りが悪化する。このため通常よくとられている対策としては

(i) 最も圧延量の多いスラブ幅に対して歩留りが最も高くなるような鋼塊を設計する。

(ii) (i)の対策だけではまだ不十分の場合は鋼塊の種類を増やすことにより、一鋼塊から圧延されるスラブ幅の範囲を狭くして歩留りの良好なスラブ幅の範囲で圧延を行う。

などがあるが、鋼塊形状自体を部分的に改善することも行われている。次にその実施例を示す。

(1) キャップド鋼塊のキャップ (蓋) 部形状

キャップド鋼のキャップ (蓋) の部分は健全な蓋打ちを行わせるために設けられたものであるが、分塊圧延後は鋼塊頭部クロップとして除去されるものであり、鋼塊品質上の問題がない範囲で極力その重量を小さくするのがよい。Fig. 8<sup>4)</sup> に実施例を示す。

(2) キャップド鋼塊肩部形状

Fig. 9 にキャップド鋼塊の形状を示す。鋼塊肩部幅方向のテーパ (Fig. 9 中の  $\alpha$ ) は鋼塊からの総幅圧下量が少ない鋼片のフィッシュテールを改善するためには余

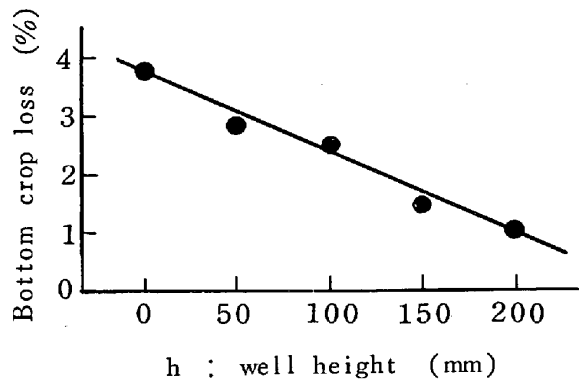
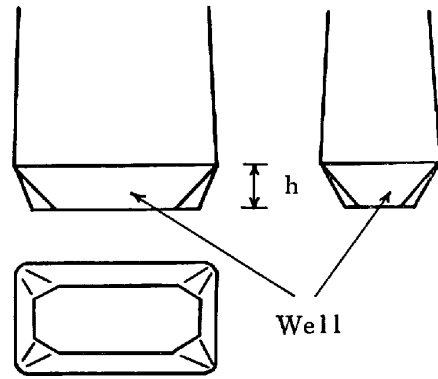


Fig. 10. Relationship between well height and bottom crop loss.

り大きくとらないようにするのがよい。また鋼塊肩部の厚み (Fig. 9 中の  $t$ ) はローリングオーバーラップを小さくする目的から極力薄くするのがよい。

(3) 鋼塊底部形状

鋼塊底部のローリングオーバーラップ、フィッシュテールの改善を目的に鋼塊底部にウエルが設けられている。ウエルはスラブ、ピレットなど分塊圧延鋼片のすべてに対して適用可能であり、歩留り向上効果は大きい (約 1~2%)。Fig. 10<sup>4)</sup> にウエル形状の略図を示す。ウエルの形状には、鋼塊底部に円形あるいは楕円形状のものもあるが、Fig. 10 のように鑄型と定盤を対にした専用ウエルとする方がより効果がある。Fig. 10 に示すように、ウエル部の高さは鋼塊底部切り捨て率におよぼす影響が大きいため、均熱炉での鋼塊の安定性および定盤管理方法などを考慮して操業上許される範囲で高くするのがよい。

5.2.2 パススケジュールの改善

近年パススケジュールについては、歩留り優先型のパススケジュールが開発実用化され、歩留り向上にめざましい効果が得られている。いずれもフィッシュテール、ローリングオーバーラップによるメカニカルパイプの減少を目的に開発されたものであり、それぞれ、後半幅圧下圧延、片パス・両片パス圧延、噛み戻し圧延と称されている圧延法である。

(1) 後半幅圧下圧延

鋼塊からの総幅圧下量が大きいスラブを圧延する場合

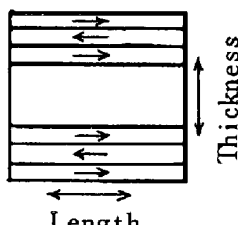
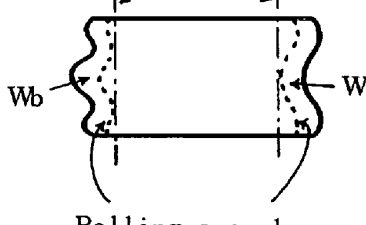
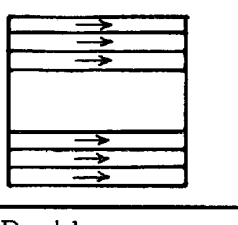
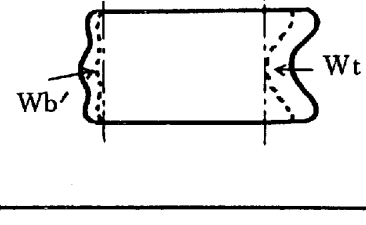
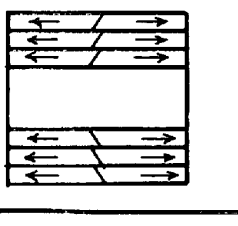
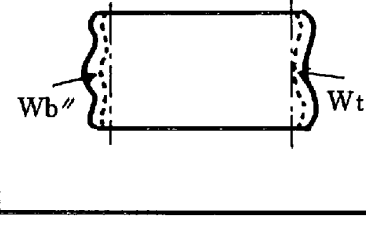
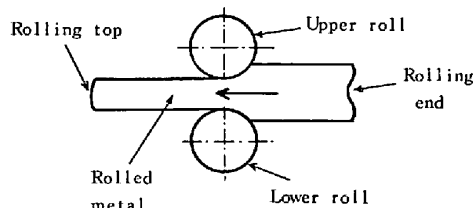
Rolling schedule	Slab shape	Crop amount
<p>Conventional rolling</p> 	<p>Cutting line</p>  <p>Rolling over lap</p>	<p><math>W_b</math> : Bottom crop weight</p> <p><math>W_t</math> : Top crop weight</p>
<p>One way rolling</p> 		<p><math>W_t &lt; W_t'</math></p> <p><math>W_b &gt; W_b'</math></p> <p><math>W_b + W_t &gt; W_b' + W_t'</math></p>
<p>Double one way rolling</p> 		<p><math>W_t'' &lt; W_t &lt; W_t'</math></p> <p><math>W_b'' = W_b' &lt; W_b</math></p> <p><math>W_b'' + W_t'' &lt; W_b' + W_t' &lt; W_b + W_t</math></p>

Fig. 11. Reduction in crop amount by modified rolling schedule.



Rolling top : Rolling over lap loss and fish tail loss become small.  
 Rolling end : Rolling over lap loss and fish tail loss become big.

Fig. 12. Character of rolling top and rolling end.

に効果的な圧延方法であり、スラブの幅決めを鋼塊の初期パスで行わず、水平ロールによる初期幅圧下は鋼塊の幅テーパをとるだけにとどめ、スラブが薄くなつた時点（圧延の後半）で幅圧下を大きく行う方法である。フィッシュテールの改善を目的とし約0.4%の歩留り向上が得られる。逆に鋼塊からの総幅圧下量が少ないスラブの場合は鋼塊の頭底部の形状がそのままスラブ頭底部形状に変化していくため、パススケジュールのみでフィッシュテールを改善するのは困難であり 5.2.1 項で述べたように鋼塊形状自体を改善する必要がある。

(2) 片パス圧延・両片パス圧延<sup>6)</sup>

Fig. 11 に各種圧延方法の比較を示す。圧延用ロールに対して被圧延材が先に噛み込む側を「押し込み端」、その反対側を「引き抜き端」と定義すれば (Fig. 12)、片パス圧延とは被圧延材のどちらか片方向からのみ圧下を行つて、被圧延材に押し込み端、引き抜き端を集約し、押し込み端のクロープ減少をはかるものである。この場合引き抜き端はクロープが逆に増加することになる。両片パス圧延とは被圧延材の両端が共に押し込み端となるようにして、両端共クロープを減少せしめる方法である。いずれも分塊圧延時の引き抜き端で発生する被圧延材表面のメタルフローによるフィッシュテール、ローリングオーバーラップの成長を防止することを目的とする。歩留り向上は両片パス圧延で通常圧延に比べ約2%が得られる。

(3) 噛み戻し圧延<sup>7)</sup>

噛み戻し圧延とは鋼塊の幅方向あるいは厚み方向において、圧延用ロールで鋼塊端部に凹部を形成し、この部分を引き抜き端として、引き抜き端の凹部で幅方向ある

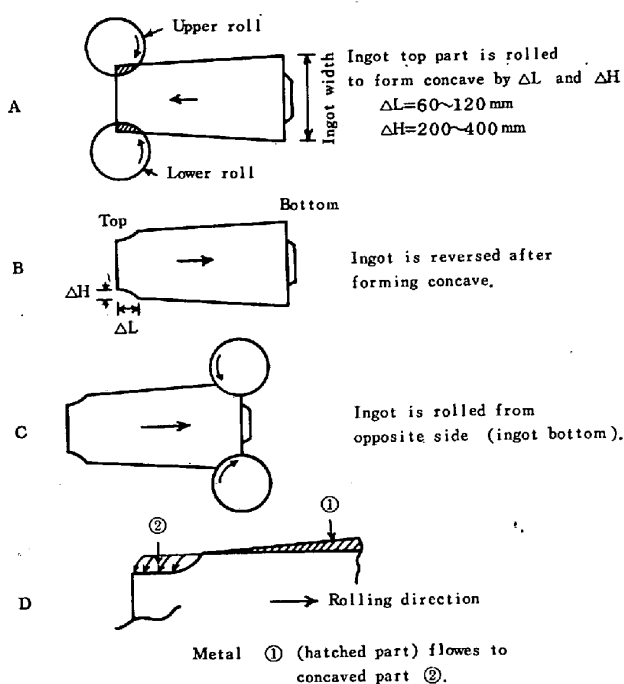


Fig. 13. Improved rolling schedule to form concave at the ingot top and bottom part.

いは厚み方向のメタルフローを吸収し、幅圧下時のフィッシュテール、厚み圧下時のローリングオーバーラップの成長を防止する方法である。Fig. 13 に噛み戻し圧延の実施例を示す。まず鋼塊の初期幅圧下パスにおいて鋼塊頭部にロールにより凹部を形成し、その後反対側（鋼塊底部）より圧延を行い、前パスで形成した凹部にメタルを吸収させてフィッシュテールの発生を防止する。ついで鋼塊の頭部、底部共噛み戻し圧延により幅方向に凹部を形成する。幅方向と同様に厚み方向にも噛み戻し圧延を適用する。このように鋼塊の幅方向、厚み方向の噛み戻し圧延を有効に組み合わせることにより4%もの大幅な歩留り向上が得られている。この種の圧延法は従来の方法に比べパス回数の増加はさけられないため、圧延能率は若干低下するが、歩留り向上効果が大きいので精力的に採用されている。

5.2.3 その他の諸改善

(1) 熱間クロップ切断法の改善

分塊圧延後の鋼片は通常ホットシヤーにてその前後端のクロップが切断されるが、シヤーでの切断方法も歩留りにおよぼす影響は極めて大きいといえる。従来より行われている方法はシヤーでのクロップ切断回数を増やすことにより、切り過ぎ防止に努められているが、更にきめ細かい切断管理ができるように、シヤー前後面テーブルに寸動装置を設け、最小30mmまで切断可能なるような改善もなされている<sup>8)</sup>。

(2) 鋼片取り合わせ歩留りの向上

鋼塊から圧延された長尺鋼片を分割切断する場合、切断指示がすべて定尺切断の場合を除き、線材用角ビレッ

トのように、ある長さ範囲内で鋼片の乱尺採片が許される場合には、鋼片の全長を測定あるいは予測して、鋼片の良好部のすべてが成品として採取できるよう、コンピュータにオンライン最適取り合わせを行わせて自動的に切断指示を出させるシステムが一般によく採用されている<sup>9)</sup>。

(3) 鋼塊単重の増加

鋼塊はその単重が異なっても鋼塊断面寸法に大きな差がなければ、圧延後の鋼片の頭底部切り捨てクロップ重量は基本的に変わらない。従つて鋼塊の高さを高くするなど操業上許される範囲内で鋼塊単重を大きくすることは、圧延能率の向上のみならずクロップ切り捨て率減少に対しても効果がある。

6. 直接圧延材・熱片装入材に対する歩留り向上対策

近年省エネルギーを目的に、下工程の成品工場に対して直接圧延 (HDR : Hot Direct Rolling) あるいは熱片装入 (HCR : Hot Charge Rolling) が精力的に実施され、その分塊圧延歩留りの向上も著しいものがある (Fig. 2)。HDR, HCR の歩留り向上対策については5章で述べられた対策とほとんど同様であるが、特にHDR, HCR に対して実施されている対策の具体例を紹介する。

(1) ホットスカーフ法の改善

HDR, HCR の場合は冷間での表面検査および疵手入の工程がないため、熱間の状態で疵を完全に除去する必要がある。鋼片表面に局所的な深い疵が発生する場合、ホットスカフラーでのスカーフ施工くふう (Fig. 5) だけではスカーフロス減少が余り期待できないため、Fig. 14 に示すように、ホットスカーフ施工前に局所的に発生する深い疵だけをハンドスカーフあるいはスポットスカフラーにて除去しておいて、その後ホットスカフラーで全面スカーフを行うことにより、トータルのスカーフロスを減少させる方法が採用されている。

(2) 無欠陥鋼塊の開発<sup>10)</sup>

分塊圧延後の鋼片にまったく疵の発生がない鋼塊（無欠陥鋼塊）をつくることにより、ホットスカーフを省略し、表面疵に起因するクロップ切り捨て量を減少させて

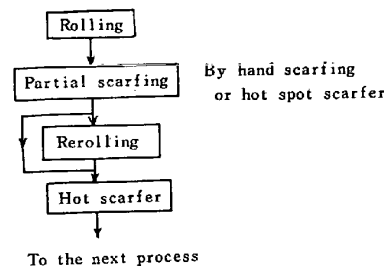


Fig. 14. Improved hot scarfing for hot direct rolling.

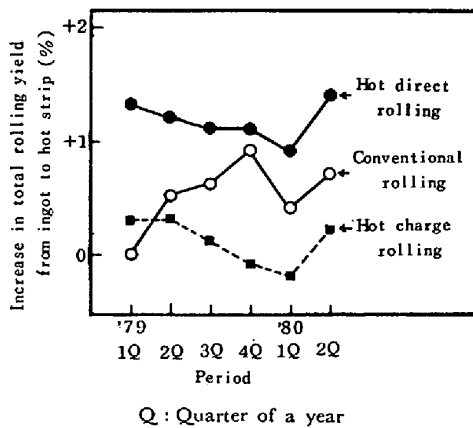


Fig. 15. Transition in increase in total rolling yield from ingot to hot strip for conventional rolling, hot direct rolling and hot charge rolling for hot strip.

歩留り向上をはかる試みがなされている。無欠陥鋼塊の製造は下注造塊法の採用、鑄型内面性状管理、分塊での疵発生防止技術など総合的な対策により実現されるものである。これにより従来法に比べ2%以上の歩留り向上が得られている。

Fig. 15 に熱延用一般冷片材、直接圧延材、熱片装入材の鋼塊から熱延コイル迄の通算歩留りの一例を示す。一般冷片材に比べ熱片装入材の歩留りは若干低位であるが、直接圧延材はむしろ高位であり、冷間での手入省略、熱延加熱炉での省エネルギーなどを考えると、直接圧延、熱片装入のコスト合理化に寄与する効果は大きいものがある。

## 7. 今後の技術開発

現在熱間の状態で鋼片表面を自動的に探傷する方法として、光学式方法あるいは渦流方式などが鋭意開発研究されており、光学式方法については既に直接圧延スラブなどに対して実用化もされている。この種の自動探傷技術が確立された場合、探傷機と熱間スポットスカーフ技術とを結合することにより、最少スカーフ方法を実現させることも可能となり品質、歩留り両方の向上が更に期待できる。その他熱間で鋼片端部のメカニカルパイプを自動的に検出し、クロップの最少切断を行わせるなどの歩留り向上対策が今後の新技術として導入される可能性も大いにあると思われる。

## 8. 連铸化に対する分塊の役割

鋼塊材の分塊歩留りについては5章で述べられている諸対策の効果により極めて高位の実績が得られているが、昨今の鋼塊法の減少、連铸化促進の中で分塊の果たしている役割も見過ごすことができない。すなわち、現状のように鋼塊法から連铸法への移行が急速かつ順調に行われてきたのは連铸ブルームの均熱炉での加熱、分塊

Table 2. Recent break down amount from continuously cast slab and bloom to different application.

(t/month)		
Continuously cast slab	For heavy plate	29 000
	For hot strip	40 000
Continuously cast bloom	For seamless pipe, wire, rod and others	410 000

ミルでのブレイクダウン、あるいは形鋼用素材である大断面ビームブランクの連铸スラブからのブレイクダウン<sup>1)</sup>などの実施により連铸材の適用拡大が積極的に行われてきたからであるといつても過言ではない。いいかえれば、以上のように分塊を活用することにより連铸材の適用品種の拡大をはかることができ、製鉄所としての総合歩留りの向上に大きく寄与しているといえよう。今後も更に分塊ミルによる連铸材のブレイクダウンの拡大が一層積極的に行われるものと思われる。Table 2<sup>2)</sup>に連铸材の分塊でのブレイクダウン量の最近の実績を示す。

## 9. 結 言

鋼塊法から連铸法への急激な移行にも増して鋼塊材のスラブに関しては、連铸スラブに十分対抗し得るような高位な分塊圧延歩留りが達成されるに至った。一方連铸材の分塊でのブレイクダウンによる連铸材の適用拡大など我が国鉄鋼業の発展において分塊が果たしてきた成果は極めて大きいものがある。

今後も更に新技術開発あるいは操業技術の改善に果敢な挑戦を続け鉄鋼業の一層の発展に尽力する所存である。

最後に本稿の執筆にあたり、鉄鋼各社の多大な御協力、御支援に対しまして深く御礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 日本鉄鋼協会鉄鋼便覧(第3版)編:(1980) p. 202 [丸善]
- 2) 鉄鋼各社アンケート集約(1981)
- 3) 日本鉄鋼協会共同研究会: 第46回鋼板部会分塊分科会,(1978. 6) 日本鋼管(株)(私信)  
日本鉄鋼協会共同研究会: 第46回鋼板部会分塊分科会,(1978. 6) 住友金属工業(株)(私信)
- 4) 日本鉄鋼協会共同研究会: 第47回鋼板部会分塊分科会,(1978. 11) 住友金属工業(株)(私信)
- 5) 日本鉄鋼協会共同研究会: 第46回鋼板部会分塊分科会,(1978. 6) 新日本製鉄(株)(私信)
- 6) 日本鉄鋼協会共同研究会: 第45回鋼板部会分塊分科会,(1977. 12) 川崎製鉄(株)(私信)
- 7) 日本鉄鋼協会共同研究会: 第50回鋼板部会分塊分科会,(1980. 6) 川崎製鉄(株)(私信)
- 8) 日本鉄鋼協会共同研究会: 第46回鋼板部会分塊



- 
- 分科会, (1978. 6) 住友金属工業(株) (私信)
- 9) 日本鉄鋼協会共同研究会: 第 51 回鋼板部会分塊分科会, (1980. 12) 新日本製鉄(株) (私信)
- 10) 日本鉄鋼協会共同研究会: 第 73 回製鋼部会, (1979. 7) 新日本製鉄(株) (私信)
- 11) 日本鉄鋼協会共同研究会: 第 50 回鋼板部会分塊分科会, (1980. 6) 川崎製鉄(株) (私信)
- 12) 日本鉄鋼協会共同研究会: 第 51 回鋼板部会分塊分科会資料, 議題 I (操業調査表) より集約, (1980. 12)
-