

技術報告

UDC 621.771.252 : 669.012.5

神鋼加古川第8線材工場における成品歩留りの向上

西崎 允*・滝沢謙三郎*・宮田 進*

Improvement of Yield at No. 8 Rod Mill in Kakogawa Works,
Kobe Steel, Ltd.

Makoto NISHIZAKI, Kenzaburo TAKIZAWA, and Susumu MIYATA

Synopsis:

In 1980, we have improved the yield ratio up to 99.0% in No. 8 wire rod mill, Kakogawa Works, Kobe Steel, Ltd.

Generally, the yield ratio varies with types of mill, including steel grade, rod size and coil weight. From this point of view, No. 8 wire rod mill has a lot of advantages.

In addition, we continued to make efforts to reduce yield loss such as scale loss, crop loss and cobbles. The yield ratio of 99.0% was accomplished by the accumulation of the above J. K. activities.

1. はじめに

オイルショック以降、鉄鋼業界は経済効果のみならず、省エネルギーの一環としても、各種歩留りの向上活動を積極的に推進して来た。

線材圧延においても例外でなく、Fig. 1 の当社加古川製鉄所第8線材工場（以下8線材）の成品歩留り推移に示すごとく、近年、需要家の要求品質が厳しくなる状況で、品質の向上、製造技術の向上、設備の改善および各種計測機器の進歩などにより、工場稼働当初、97% 台であつたのが、現在では 99% 台も可能なレベルまで向上してきた。

以下、8線材における成品歩留り向上活動の概要を報告する。

2. 線材の成品歩留りに影響する諸因子

8線材における成品歩留り式は

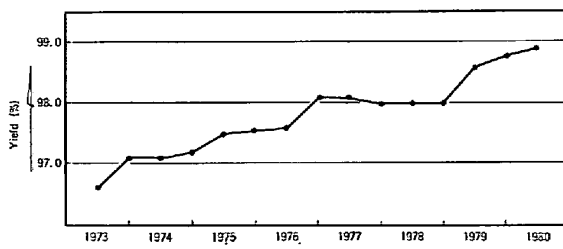


Fig. 1. Yield improvement in No. 8 rod mill.

$$Y = (\text{実貫製品重量} / \text{算定素材重量}) \times 100\%$$

で表されるが、個々の歩留り要素に観点を置いた場合 $Y = 100\% - (\text{スケールロス} \% + \text{クロップロス} \% + \text{不良損失} \%)$ とも表される。

そして、これらのロスには圧延機々種、設備配列などの設備条件、品質工程設計、素材、成品の製造技術および製造品種、寸法など種々の影響を受ける。

Table 1 はこれら因子がどの歩留りロスに影響するかをまとめたもので、また、Fig. 2 に歩留り向上活動がおこなわれた8線材のレイアウトを示す。

8線材は、長年にわたる当社の線材圧延技術に関するノウハウを生かして、5.5mmφ 仕上げ線速 68 m/s の高い生産性と高歩留りが維持できているが、特に高歩留りに寄与している項目を取り上げると以下のとおりである。

(1) 5.5mmφ, 2トンコイルの軟鋼、硬鋼主体の品種構成でクロップロス面で有利である。

(2) 第2中間列は1本通し圧延で、しかも、垂直圧延機と水平圧延機を交互に配列し、圧延材をスタンド間でツイストさせる必要がなく、ミスロールを少なくするとともに、各スタンド間にサイドルーバーを設置し、熱鋼形状の均一化に配慮されている。

(3) 仕上げ列は10台のスタンドがコンパクトに収められたブロックミルで、各スタンドが互いに90°傾き、水平に対してそれぞれ45°傾いたX型配列となつ

昭和 56 年 3 月 16 日受付 (Received Mar. 16, 1981)

* (株)神戸製鋼所加古川製鉄所 (Kakogawa Works, Kobe Steel, Ltd., 1 Kanazawa-cho Kakogawa 675-01)

Table 1. Factors relating to composition of yield loss.

		Scale loss	Crop loss	Trouble loss			
				cobble	others		
Facilities	Rolling mill	Block mill		○	○		
	Coiling equipment	Inclined laying head			○		
	Mill lay-out	Tandem arrangement			○		
		Multi strands			○		
	Control unit	Automatic cobble detection			○		
	Rolling speed	68 m/s			○		
	Main motor	D. C. motor			○		
Quality & Process Design	Inspection Standard	Chemical composition				○	
		Size tolerance		○			
		Mechanical property		○			○
		Surface defects					○
	Process Design	Desulpherizing, Degassing		○			○
		Billet conditioning		○			○
		Pass schedule		○	○		○
Products	Steel grade	Plain carbon steel		○	○		
	Rod size	5.5 mmφ		○	○		
Operation	Combustion control	Heat pattern	○				
		O ₂ %	○				
		Hot Charged Rolling	○				
	Rolling condition	Pass-line accuracy			○		
		Guid setting accuracy			○		
		Roll material			○		○
		Operation technique		○	○		○
Others	Worker's skills		○	○	○	○	
	Worker's morals		○	○	○	○	

て、熱鋼をツイストすることなく圧延するため、ミスロールの発生が少なく、また、スタンド間隔が極めて短いので、圧延後の線材コイルの両端に生じる寸法不良部が少なく、クランプロスが減少できる。

(4) 線材捲き取り設備として、傾斜型レイングヘッドを採用して、仕上げ圧延機を出た圧延材が、その進行を曲げられることなく捲き取られるためミスロールが少

ない。

(5) 分塊工場に隣接しているため、比較的容易にHCR(Hot Charged Rolling)が可能で、加熱炉でのスケールロスを少なくできる。

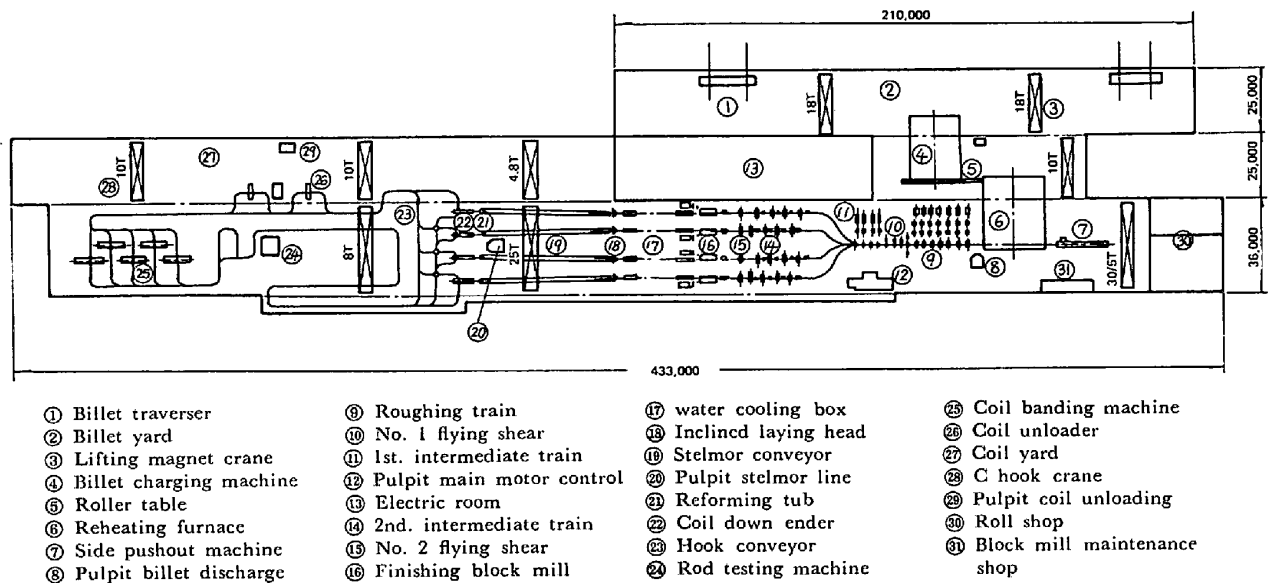


Fig. 2. General layout of No. 8 rod mill.

3. 現在までの歩留り向上対策

3.1 スケールロス削減対策

スケールロスには加熱段階で生じる一次スケールと圧延段階で生じる二次スケールがあり、その発生部署が広範囲にわたり、それぞれを把握することは困難である。

スケールロスの把握方法としては、

(1) パケットに回収したスケール量の実貫値を水分補正および鉄分換算して求める。

(2) スケールロス以外のロスと材料および成品重量を実貫し、材料重量より成品重量およびスケールロス以外のロス合計を差し引く。

などの方法があるが、現実には精度上に若干の問題が残されている。

8線材についても高歩留りになるとスケールロスの減少に注目するようになり、スケールロスの高い測定精度が要求されてきた。

Fig. 3 に、上記(1)の方法で測定した8線材のスケールロスの推移を示すが、過去5年間に約1/3に減少していることがわかる。

8線材における一次スケールロス削減対策について述べる。

3.1.1 加熱温度と在炉時間

一般に加熱温度および在炉時間とスケール厚さの関係は Fig. 4 のように、加熱温度が高く、在炉時間が長くなる程増加している。さらに Fig. 4 右軸には8線材の鋼片寸法 (115 mm φ × 21 m) に合わせて、鉄分換算したスケールロスを付記しており、加熱温度 1000°C 在炉時間 70 min では約 0.6% のスケールロスになつている。

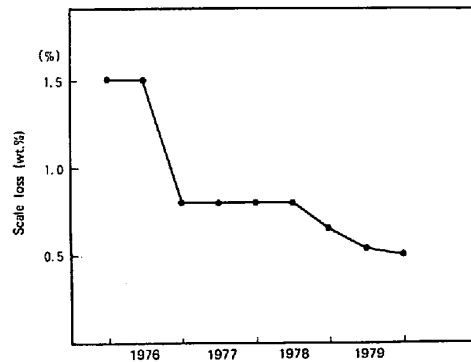


Fig. 3. Change of scale loss in No. 8 rod mill.

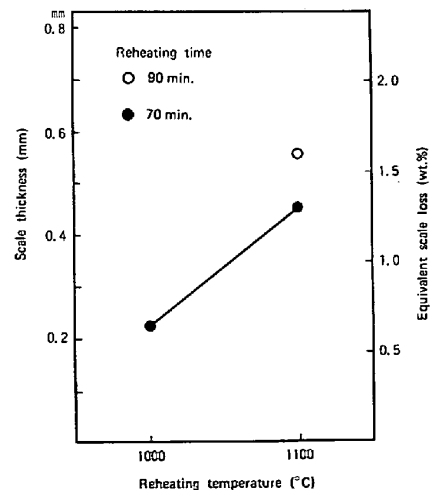


Fig. 4. Relation between scale thickness and reheating temperature¹⁾.

加熱温度については従来、圧延工程を安定化することに主眼をおいた操業となつていたが、オイルショック以降、省エネルギーの一環として、燃料原単位の低減に取り組み、加熱温度の見直しを図つてきた。

具体的には

- 低温加熱時の均一加熱方法の検討。
- 圧延工程における熱鋼温度の降下防止。
- 圧延品質からみた鋼種ごとの許容圧延温度の把握
- 圧延設備からみた最低加熱温度の把握。

など、品質、圧延特性を考慮し、可能な限り抽出温度の低下を行つた。

また、在炉時間についても、種々の生産性向上対策が実施され短縮された。

以上の結果、燃料原単位の大幅な低減を達成すると共にスケールロス、約0.6%の減少が図られた。

3.1.2 炉内雰囲気 (過剰空気)

炉内雰囲気における過剰空気率とスケール生成量の関

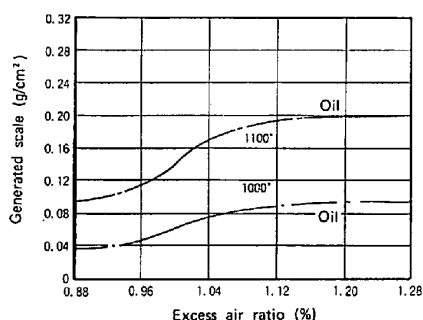


Fig. 5. Relation between quantities of generated scale and excess air ratio²⁾.

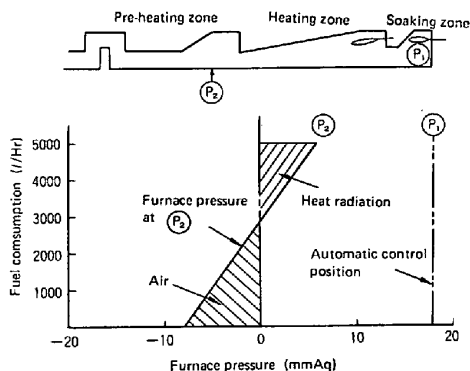


Fig. 6. Relation between fuel consumption and furnace pressure at No. 8 rod mill.

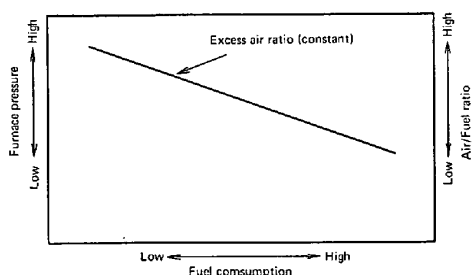


Fig. 7. Schematic explanation of combustion regulation in No. 8 rod mill.

係は、Fig. 5 のように、過剰空気率が高くなるほどスケール生成量も多くなる。8線材においても、Fig. 6 に示すように燃焼量によつて、炉床面の炉内圧力(P_2)が変動し、侵入空気量に変化を生じる。そのため燃焼量に応じて、空気比率、炉内圧力の設定値を微調整している。その基本的な考え方は Fig. 7 に示すように燃焼量が小さくなれば、炉内圧力設定値を高くし、空気比率設定値を低くすることにより過剰空気率が一定となるようにしている。

特に、均熱帯においては、高温でのスケール発生を抑制するため、空気比の設定値を低くしている。

また、過剰空気の管理についても、従来は燃焼オペレーターの炉内雰囲気監視、材料のスケール発生状況、黒煙の有無など、目視に頼つていたが、 O_2 メーターを設置し、排ガス中の O_2 濃度を検出することにより、適正空気率の管理ができるようになった。

その結果、過剰空気率は約 0.3% 低下し、Fig. 5 より、8線材のスケールロスに換算すると、約 0.4% の減少が図れた。

3.1.3 HCR

8線材では 1979 年より、燃料原単位の低減対策として、HCR を開始し、現在、約 10% の HCR を実施しているが、HCR 材のスケールロスについて、これまで調査した結果、冷片材に比べて、約 0.2% 減少していることがわかつた。

3.2 クロップロス減少対策

3.2.1 クロップ切断の目的

8線材におけるクロップ切り捨て量の一例を Table 2 に示す。圧延工程におけるクロップの切断は圧延材両端の温度低下部を除去し、後工程でのミスロールの発生を防止することを主目的としている。一方、精整工程での成品コイル両端末の切り捨ては、線材 2 次加工ユーザーに対して、成品コイルの出荷品質を保証するために行つているもので、品質管理の点からは、前述の圧延工程でのクロップ切断に比べて一層重要度が高い。

3.2.2 クロップロス減少対策

8線材では、稼動以来、数回にわたつて、フライングシャー切り捨て量あるいはコイル端末切り捨て量について、標準の見直しを行つて来た。見直しを実施する場合には、一般に

ステップ I

圧延調整技術のレベルアップにより、圧延材両端に発生する不良部長さが短くなること。

ステップ II

電氣的、機械的改善により、フライングシャーでの切

Table 2. Example of standards for crop cut in No. 8 rod mill.

Rod size (mm)	Steel grade	No. 1 Flying shear		No. 2 Flying shear		Trimming	
		Front end	Tail end	Front end	Tail end	Front end	Tail end
5.5φ	Low Carbon	40.5 φ ×150 mm	40.5 φ ×50 mm	16.5φ ×600 mm		2 rings	2 rings
	High Carbon	same as above	40.5 φ ×150 mm	same as above		same as above	same as above
12.7φ	Low Carbon	41.5 φ ×150 mm	41.5 φ ×50 mm	18.9φ ×600 mm		0.5 rings	1 ring
	High Carbon	same as above	41.5 φ ×50 mm	same as above		2 rings	2 rings

断精度が向上し、切断クランプ長さのばらつきを少なくできるようになること。

ステップⅢ

上記2つを満足した上で、サイズ別、鋼種別のクランプ切り捨て量について、最適化を図ること。という3段階の手順を採るのが普通である。

最近の例としては、No. 1 フライイングシャーでの切り捨て長さの見直しが挙げられる。従来、全鋼種について、先端、後端とも250mm切り捨てていたが、1979年の見直しにより、特定鋼種を除き、前述のTable 2に示すように切り捨て長さを大幅に短くし、かつ鋼種による層別を行っている。切り捨て長さを減少させることが可能となった理由としては、粗圧延機列のロール冷却水の水切り装置の改善により、従来に比べ、圧延材端部の温度低下が少なくなった結果、両端部の寸法不良部あるいは表面品質不良部長さが大幅に減少したことが挙げられる。一方、No. 1 フライイングシャーの切断精度については、日常的な点検強化により、従来に比べ、きめ細かな切り捨て長さの管理を可能としている。

今回のNo. 1 フライイングシャーの切り捨て長さの見直しは、以上に述べた操業技術のレベルアップによつて可能となったものである。なお、実施に当たっては、最終成品コイルにおいて、入念な品質チェックを行い、出荷品質レベルが従来と何ら変わっていないことを確認している。

3.3 ミスロール減少対策

3.3.1 ミスロールの発生場所と発生率

線材工場におけるミスロールの発生場所および発生率はその工場の圧延設備、鋼種、サイズ、圧延速度などによつて大きく左右される。たとえば、レピーター圧延とタンデム圧延、単ストランドと多ストランドというような設備の違いによつてミスロールの発生率は異なる。

8線材は既に述べたように4ストランドの大量生産工場であり、ミスロールの減少、品質改善をねらい、我国で最初に高速ミルの中間列へのH-V配置および傾斜型レイングヘッドを採用した。しかし、5.5mmφで68m/sという高速圧延における特徴的なミスロール発生場所としては、仕上げ列後の水冷帯およびコイル集束装置がある。Table 3は1979年1月～3月と1980年5月～7月における8線材でのミスロールの発生場所と発生率である。この表よりミスロールの発生率は約1年半の間に粗ミル、中間ミル、仕上げミル、捲き取り設備の各設備で減少しており、合計発生率では約半分になっていることがわかる。

3.3.2 ミスロール対策事例

Table 3にみられるようなミスロールの発生率の減少は小さな設備改善、作業改善の積み重ねによつて達成されたものであるが、それらの改善例について、ミスロールの発生場所別に述べる。

(1) 粗列 中間列

粗列、中間列におけるミスロールは仕上げ列ほど顕著ではないが着実に減少している。その対策として下記のような事項を実施した。

① 誘導装置の見直し

(i) 角カリバーの出口ガイドを改造し、先端部曲りを防止した。

(ii) オーバルカリバーの入口ガイドの寸法を変更して、熱鋼先端部がカリバーの中心に誘導されるようにした。

(iii) No. 4 スタンド、No. 6 スタンド共用のツイスターガイドをそれぞれ専用化して、熱鋼の大きさに合わせたガイドにした。

(iv) ローラーガイド、ツイスターガイドへの給脂を自動化した。

Table 3. Frequency of cobble in No. 8 rod mill.

Name of equipment		Frequency of cobble			
		Average (Jan.~Mar. '79)		Average (May.~Jul. '80)	
		Freq./Month	%	Freq./Month	%
Roughing mill	No. 1 stand	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	1.0	0.002	0.7	0.001
	4	0.7	0.002	0	0
	5	1.0	0.002	1.0	0.002
	6	0.3	0.001	0	0
	7	0.7	0.002	0.7	0.001
	Crop and Cobble shear Down Looper	0 0	0 0	0 0	0 0
Intermediate mill	No. 8 stand	0	0	0	0
	9	1.3	0.003	2.3	0.005
	10	1.0	0.002	0.3	0.001
	11	0.3	0.001	0.7	0.001
	12	1.3	0.003	1.7	0.003
	13	2.7	0.006	1.7	0.003
	No. 1 Looper	0	0	0	0
	No. 14 Stand	1.7	0.004	0	0
	15	2.0	0.004	2.0	0.004
No. 2 Looper Crop and Cobble shear	1.0 1.0	0.002 0.002	0.7 0.7	0.001 0.001	
Finishing mill	No. 16 stand	2.0	0.004	1.0	0.002
	17	0	0	0	0
	18	1.3	0.003	0	0
	19	0.7	0.002	0.3	0.001
	20	2.3	0.005	0	0
	21	1.7	0.004	1.0	0.002
	22	0.3	0.001	0	0
	23	1.7	0.004	0.3	0.001
	24	1.7	0.004	1.3	0.003
	25	2.7	0.006	0.7	0.001
Coiling equipment	Spray Nozzles	5.3	0.012	2.7	0.005
	Pinch Roll	0.3	0.001	1.0	0.002
	Laying Corn	3.0	0.007	1.3	0.003
	Collecting Facilities	3.0	0.007	2.3	0.005
	Down Ender	0	0	0	0
Total		42	0.093	24	0.048

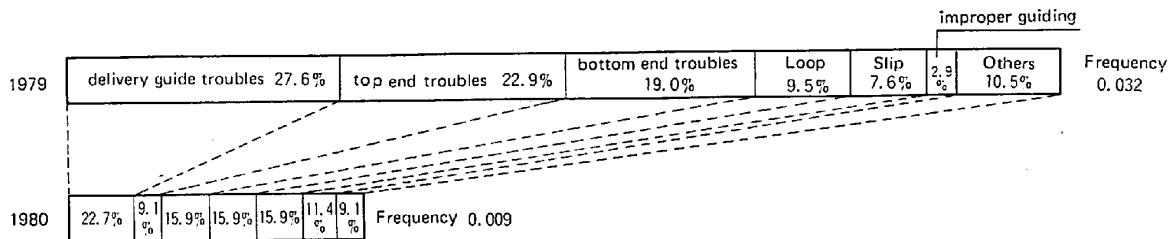


Fig. 8. Causes for cobble in finishing block mill.

(v) 中間列のHスタンドの出口ガイドを水冷式として、焼付けの防止をはかると共に固定方法を強固にして、突掛けも防止した。

② ロール隙管理の強化
ロールの摩耗に応じた圧下調整を行って、熱鋼の形状を安定化した。

③ ロール冷却水管理の強化

粗列でのロール冷却水の水切り装置の改善によつて、熱鋼の冷却による先端部の割れと曲がりを減少した。

以上のように、粗列、中間列におけるミスロールの原因は主として、スタンド出入口の誘導装置にあり、これらを改善することによつてミスロールが減少された。

(2) 仕上げ列

仕上げ列はノーツイストブロックミルによる高速圧延のために、粗列、中間列に比べて、従来はミスロールの発生率は高かったが、現在はかなり低いレベルに抑えられている。Fig.8 は Table 3 に示した仕上げミルでのミスロールの原因別構成を示したものであるが、デリベリーガイド抜け、突掛け、尻ハネ、その他の要因によるミスロールが大きく減少していることがわかる。次にそれぞれの要因に対してとつた対策を示す。

① デリベリーガイド抜け

デリベリーガイドボックスとデリベリーガイド固定用のくさび形状を変更し、ガイドの固定を強固にした。

② 突掛け

突掛けの原因となる熱鋼先端部の曲がりを上流スタンドのデリベリーガイドの先端形状の変更によつて防止した。

③ その他

仕上げローラーガイドへの潤滑油（オイルミスト）配管システムの改善によつて、ローラーガイドの焼付けが減少した。

(3) 捲き取り設備

捲き取り設備には水冷誘導管、ピンチロール、レイングヘッド、コイル集束装置、ダウンエンダーが含まれているが、この中でも、特にレイングヘッドは成品コイルの荷姿という面で、その巻形状が線材工場の歩留りに大きく影響をおよぼす。このレイングヘッドによる巻き乱れと水冷誘導管における細径線材の腰折れ（バックリング）、それに集束装置における設備的トラブルの三つが大きなミスロールの原因となつていたが、それらに対して、次のような対策がとられた。

① レイングヘッドによる巻き乱れ

レイングヘッドまで直進して来た線材は、らせん形状をしたレイングヘッドパイプを通ることによつてリング状に巻かれるが、パイプ形状不良、熱膨張によるパイプの変形、偏摩耗などがリング形状を乱す、これに対し、次の二つの対策がとられた。

(i) パイプ内にスケールが溜り、バランスが崩れるため、エアによつてスケールを除去する装置を設置した。

(ii) パイプの曲げ精度を向上させるためにゲージパイプを作成した。またそのゲージパイプによつて各列のレイングヘッドのパイプホルダーの位置を統一した。

② 捲き取り水冷誘導管における腰折れ

(i) パスラインの不良を防止するために誘導管などの取り替え基準を見直し、パスラインの定期的チェッ

クを行うようにした。

(ii) 突掛けを防ぐために誘導管の入口部の形状を改善した。

(iii) 熱鋼先端部の無水冷長さの制御精度を向上させた。

③ 集束装置における設備トラブル

集束装置を構成している各設備のシーケンス制御の回路変更を行い、トラブルに対して迅速なアクションがとれるようにした。

以上の対策をとることによつて、Table 3 に示されているように捲き取り設備におけるミスロールの発生頻度は約 40% 減となつた。

4. まとめと今後の進め方

以上、8 線材における歩留り向上活動の概要を報告したが、内容的には、線材の場合、孔型圧延理論に未知の分野を多く残しているため、現場的な試行錯誤によるものが多く、また、部分的には結果のみの報告になつたものもある。

しかしながら、これら一連の活動は決して個人的活動によるものではなく、技能者の高い士気により、全員参加の QC サークル活動として取り組んで成し遂げられるもので、この活動基盤の存在は貴重である。

今後も歩留り向上の必要性はさらに高まるが、歩留りを左右する要素は今回取り上げた以外にも多数残されており、材料要因の品質向上および圧延作業精度の工程能力を向上させ、歩留りの向上に結びつけて行く必要があると考えられる。

最後に、今後、さらに歩留りを向上させていくために検討すべき項目をいくつか挙げてみた。

(1) HCR——実施比率の向上、高温装入設備の設置と最適ヒートパターン確立。

(2) 在炉時間——最適炉床負荷の把握による後段燃焼負荷操業の確立。

(3) 素材単重の増大——需要家における設備能力も加味し、2 t 以上の成品コイル単重に増大する。

(4) フライイングシャー切断精度の向上
——シャーの制御回路の見直しによる切断長さばらつきの減少。

(5) 熱間疵見装置、熱間寸法測定器の採用
——異常の早期発見による歩留り低下の防止。

文 献

- 1) 日本鉄鋼協会：鉄鋼便覧Ⅲ(2) (1980), p. 840 [丸善]
- 2) 工業加熱 12 (1975) 3, p. 57