

技術報告

ホットストリップミル用ワークロール使用経緯\*

山田 浩蔵\*\*・松本 最幸\*\*・沼田 国雄\*\*

Experience in the Application of Work Rolls for Hot Strip Mill

Kozo YAMADA, Shukō MATSUMOTO, and Kunio NUMATA

Synopsis:

The quality of rolls for hot strips has a significant effect on the surface condition of the strip and the productivity of hot strip mill. In addition, the roll cost is an important part of the total production cost of the strip. For the achievement of a more economical production, it is essential to improve the quality of rolls and use the rolls more effectively.

This paper presents some of the measures taken for this purpose and results of application of hot strip mill work rolls.

(Received Sep. 14, 1970)

1. はじめに

薄鋼板の圧延に使用されるロール材質の種類は多く、また圧延される鋼板の種類、および圧延方法もさまざまである。

近来、高品位の製品の要求により、圧延作業での使用条件がしだいに過酷となつてきており、ロール品質の良否は鋼板の品質や、生産能率、作業率面に少なからぬ影響をおよぼすものであり、ロール折損、スポーリング、その他の欠陥によるトラブルは生産工程をみだすとともに生産性の低下となりロール費の増加となる。薄鋼板製造コスト上、ロール費の占める割合が大きいので、高性能ロールの合理的な使用を、はかることがたいせつである。

ロール事故の原因、およびその対策もさまざまであるが、圧延に際して絞り込みなどの異常作業の低減をはかるとともに圧延に付随してロールに現われる種々の現象を解析し、評価して圧延品種に適合したロール材質を選択することが製品の品質、生産性、コスト面からきわめて重要なことである。

京浜製鉄所 68" 半連続式ホットストリップミルにおいて使用している作動ロールの材質の経緯、ロール寿命(ロール原単位低減)延長対策について、以下にその概略をのべる。

2. 材質の経緯について

2-1 粗圧延機作動ロール(RW)

逆転式粗作動ロール(RW)には、従来まで中抜 Ni グ

レンロール(硬度 Hs 66~74)、またはダクティルロール(硬度 Hs 62~70)が使用されていた。その間スケールバンディングを起し、これが圧延機の片延びの原因となり作業上の隘路となつていた。これの防止のため圧延機側の種々の対策、作業方法の一部改善のため、この種の欠陥も少なくなつたが、その後の生産性の向上により、スラブ寸法、高圧延ピッチの関係から圧延材料のスリップの問題がおこり、種々トラブルの原因となつた。

その後、高炭素(C 1.4~1.8%) Cr-Mo 鋼ロール(硬度 Hs 45~50) がクローズアップされてきた。使用試験の結果、スケールバンディングによる圧延材の片延びがなくなり、圧延作業が順調に行なわれるようになり、材料のスリップの問題もほとんどなくなつた。

最近、押疵や摩耗の軽減をはかるため各種の高硬度ロール(硬度 Hs 50~55)を試用しているが、そのおもなものは

- ① アダマイト高硬度ロール
- ② 合金アダマイトロール
- ③ 複合鋳鋼ロール などである。

2-1-1 RWロール材質の変遷と問題点

低合金中抜 Ni グレンロール(硬度 Hs 55~60)

↓

高合金中抜 Ni グレンロール(硬度 Hs 66~74)

↓

ダクティルロール(硬度 Hs 62~70)

↓

\* 昭和45年9月14日受付

\*\* 日本鋼管(株)京浜製鉄所

高炭素 Cr-Mo 鋼(アダマイト)ロール  
(硬度 Hs 45~50)

↓  
Hs 50~55

各材質にはそれぞれ下記のような、長短所があり総合してアダマイトロールがもつとも秀れている。

低合金グレン……①スケールバンディングを越こしやすく、肌荒れが大である。

高合金グレン……①スケールバンディングを部分的に発生する。

②板の咬込み悪く圧延中スリップしやすい。(Photo. 1 参照)

ダクティルロール……①板の咬込み悪く圧延中スリップしやすい。

アダマイトロール……①スケールバンディングを生じない。

②板の咬込み良好、スリップを起こしにくい。

③冷却水の消費量が他のロールより大きい。

## 2.2 仕上圧延機前段用作用動ロール(FW)

仕上圧延機前段スタンドは粗圧延機スタンドと同様、従来まで中技 Ni グレンロール(硬度 Hs 69~75)か、ダクティルロール(Hs 69~75)を使用してきたが、グレンロールのグラファイト粒はヒートクラックを防止するが、逆にスリップを起こしたり、肌荒れを促しスケール疵(いわゆる散砂状スケール)の原因となりやすい。

前段作用動ロールの肌荒れは直接成品品質に影響するので、1、2号スタンドを鋼系ロール(アダマイト)に材質変更、引続いて従来のグレンロールに変わって3号スタンドにも鋼系ロールを使用し始め今日にいたっている。

鋼系ロールは亀甲状のクラックが比較的早期に発生しはじめるが、浅く、やがては円周方向の流星状にスケール被膜が剝離する状況となり組み替えが必要となる(Photo. 2)。しかし十分な冷却水を施してやれば、グレン

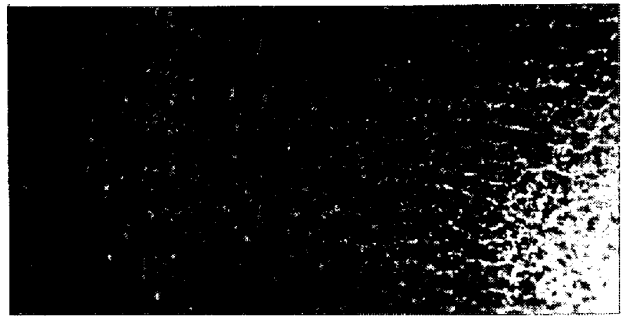


Photo. 2. Wear and surface deterioration of cast steel work roll, finisher.

ンロールに比較して組替周期が長くなっている。

また鋼系ロールを 980~1050°C の高温拡散処理によって鑄造組織のネットワーク状の炭化物を球状化せしめるよう改良を加えた。ロールは従来のものに比べて肌荒れの程度が改善され、流星状肌荒れ発生が減少している。

前記の熱処理法の改善によつて鋼系ロールの肌荒れに対する性能は大幅に改善されたが、さらに巨大炭化物の完全固溶、鑄造欠陥に基づくマイクロホールが存在や、熱疲労亀裂そのものの発生防止を積極的に行なつたものが軽鍛造ロール(light forging)であり試作使用し良成績を収めた。

また近年ホットスリップ用ロールの耐摩耗性および生産性向上のため圧延潤滑油が関心的になり、ラインテストが盛んに行なわれ実用化について、試験検討が進められている。

そのほか、外殻を 0.5~0.8%C, 3~10%Cr などを含有特殊成分とし酸化スケールの生成傾向を改良し、耐肌荒れ性を向上、耐摩耗性をも確保し、ロール寿命を向上させるために高合金耐熱性ロール(硬度 Hs 57~63)も近い将来、実際作業に使用してみる予定である。

## 2.3 仕上圧延機後段用作用動ロール(FHW)

後段スタンドでは比較的圧延材の温度が低くなるので形状のコントロールを容易にするとともに、製品の表面性状の向上をはかるため、ロール胴表面の硬度の高い、中技 Ni 高合金グレンロールを使用してきた。

その間圧延作業中の鋼板の絞り込み、鋼板巻きなど

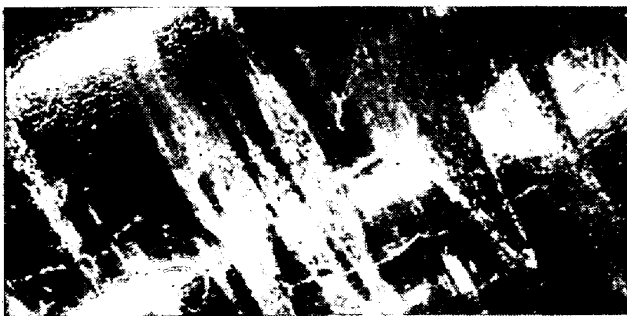


Photo. 1. Surface crack and banding of grain roll (rougner work roll).

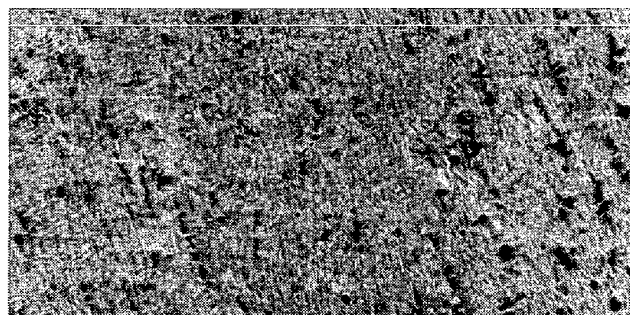
異常ショックの直接原因でクラック、スポーリングなどトラブルがあり、ロール製造技術のレベルアップとともに、ロールの使用方法、圧延技術の向上をはかり、最近では嚙止めにより問題を起こすことがきわめて少なくなつた。

次工程の冷延側よりの要求、形状の安定したコイルを生産する場合、熱延側の稼働率、生産性向上のためロール硬度 Hs 78±3 を Hs 81±3 と平均 3 up し、さらに Hs 83±3 と変更し今日にいたつている。

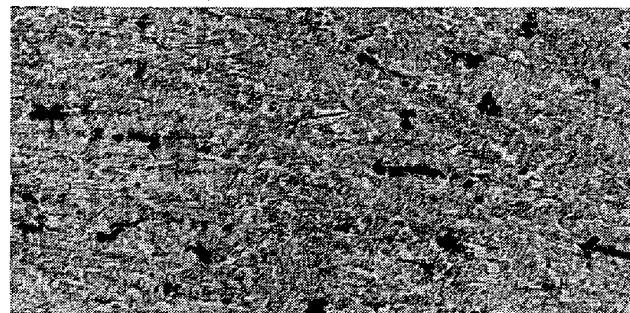
従来の高合金グレンロールは金型の急冷効果によつてロール表層部に樹枝状晶が発達し、黒鉛もこの樹枝状晶に沿つて発生する傾向がある。鋼板の絞り込みによるクラック、スポーリングおよび熱亀裂がこの樹枝状晶に沿つて発達するので好ましくない。組織を改良するために黒鉛を微細化し、粒数を増して組織中に分散したものを使用している。

最近にいたり、高炭素鋼板(C 0.5~0.8%)の需要が増し従来のグレンロールでは圧延材のトップおよびテールマークならびにロールの肌荒れが問題となつてきた。ロールの肌荒れ摩耗は、ロール硬度のみならず、組織中に析出している黒鉛の量とその粒径に関連がある。このような問題の解決のため、準チルドロールを今日まで多数使用し良結果を得ている(Photo. 4 参照)。

グレンロールの従来までの考え方はクラック、スポー



Grain roll, finisher ×20

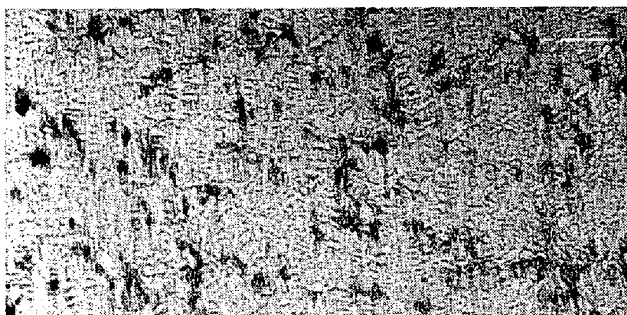


Semi-chilled roll ×20

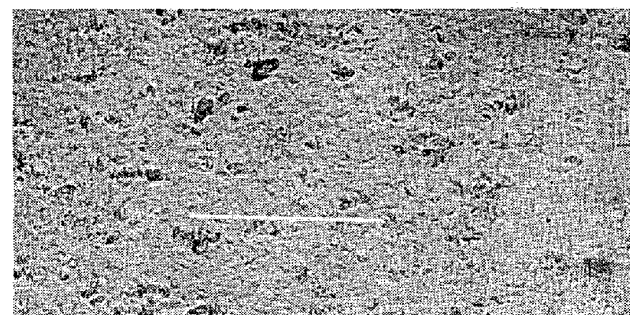
Photo. 3. Microstructures of grain roll and semi-chilled roll.

リングなどの防止に重点をおいていたが、今後さらに耐摩耗性や製品肌、製品形状に対する対策ロールを大幅に試用していく予定である(Photo. 3 参照)。

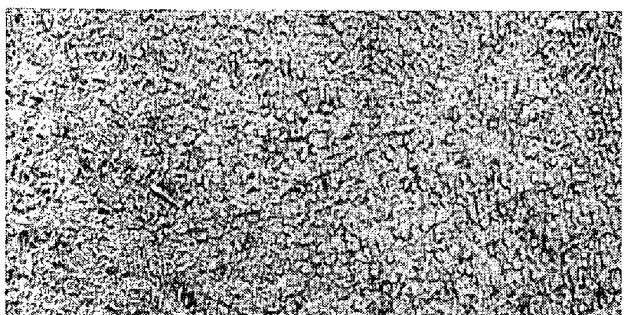
RW, FW, FHWそれぞれの材質の推移をまとめたのが Table 1 である。



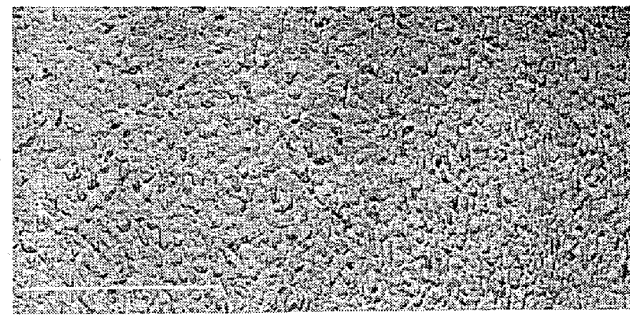
Surface condition of grain roll after removal from the finishing stand. ×20



Surface condition of strip rolled by grain roll (before pickling) ×20



Surface condition of chill iron roll after removal from the finishing stand ×20



Surface condition of strip rolled by chill iron roll (before pickling) ×20

Photo. 4. Surface condition of roll after removal from the finishing stand strip surface condition.

Table 1. Improvement of work roll material.

| Year         | 1960  | 1961 | 1962                  | 1963 | 1964                           | 1965                | 1966 | 1967                    | 1968 | 1969 | 1970      |
|--------------|---|------|-----------------------|------|--------------------------------|---------------------|------|-------------------------|------|------|-----------|
| Type of roll | Frequent scale bandings                               |      |                       |      | Cast steel rolls adopted       |                     |      |                         |      |      |           |
| RW           | Hardness: Grain or DCI rolls used HS 66-74° HS 62-70° |      |                       |      | Hardness: HS 45-50°            |                     |      |                         |      |      | HS 50-55° |
| FW           | Serious wear  |      | Cast steel rolls used |      | Cast steel rolls adopted       |                     |      |                         |      |      |           |
|              | Hardness: Grain or DCI rolls used HS 69-75° HS 69-75° |      |                       |      | Light forged rolls partly used |                     |      | Rejected rolls utilized |      |      |           |
|              |   |      |                       |      | Hardness: HS 47-52°            |                     |      |                         |      |      |           |
| FHW          | Grain rolls used                                      |      |                       |      | Semi chilled rolls partly used |                     |      |                         |      |      |           |
|              | Hardness: HS 75-81°                                   |      |                       |      | HS: 78-84°                     | Hardness: HS 80-86° |      |                         |      |      |           |

3. 原単位推移概況

ロール原単位の低減は、ロール費が製造コストに占める割合が大きいため、ロール使用条件、ロール研削代など常に検討する必要がある。したがってロール品質の維持向上および作業能率向上を第一前提とした。ロール利用径の増大、研削の合理化などあらゆる手段を用いてロール費=ロール原単位の低減を考慮すべきである。

3.1 ロール利用径の増大

ロール購入径を圧延設備上支障のない範囲でできるだけ大きく、廃却径をより小さくということは何回となく新品胴径および廃却径を変更してきた結果下記のごとき現在の寸法にし、原単位低減をはかり、あわせてロール1本あたりの寿命、圧延t数の大幅な増加を得ている。

当所で使用している原単位は次式を用いる。

$$\text{消耗原単位 (kg/t)} = \frac{\text{ロール重量 (kg)}}{t(\text{mm}) \times \text{利用径 (mm)}}$$

kg/t: 板 1t あたりのロール消耗量 (kg)

t/mm: ロール 1mm あたりの圧延 t 数 (t)

最近の原単位の推移を Fig. 1 に示す。

利用径の増大の経過は次のとおりである。

RW

|                 |            |
|-----------------|------------|
| 稼動当初より41年4月まで   | 41年4月より    |
| 購入時径 920.4 mm φ | 924.4 mm φ |
| 廃却時径 866.8 mm φ | 863.8 mm φ |
| 利用胴径 53.6 mm φ  | 60.6 mm φ  |

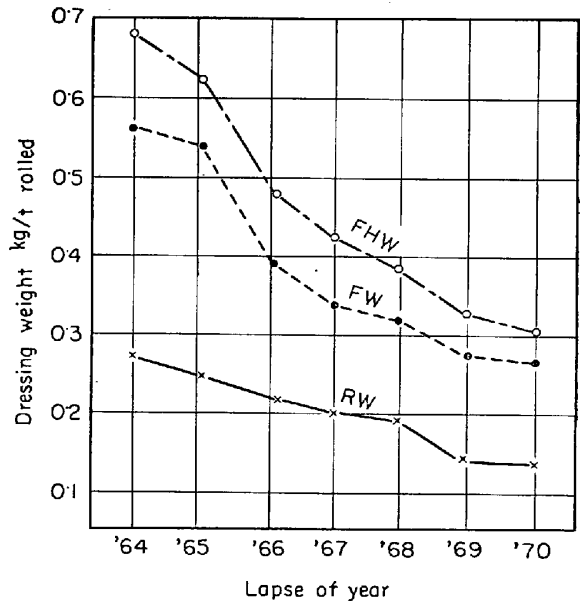


Fig. 1. Consumption of hot strip mill work rolls.

FW, FHW

|                 |            |            |
|-----------------|------------|------------|
| 稼動当初より41年4月     | 41.5~44.3  | 44.4 より    |
| 購入時径 628.3 mm φ | 637.3 mm φ | 642.3 mm φ |
| 廃却時径 593.7 mm φ | 590.5 mm φ | 590.5 mm φ |
| 利用胴径 34.6 mm φ  | 46.8 mm φ  | 51.8 mm φ  |

3.2 研削基準の改訂

3.2.1 RWの研削基準

スケールなどの落ち込みによりラウンドな凹み疵を生ずる。(ロール本体には対策をとった) 従来はこれをきれいに削り落していたが、その必要はないと判断し、鋭

いクラックの除去だけを行なうようにした。

3.2.2 FWの研削基準

従来は微細な亀甲状クラックの影響を恐れてロール肌の良否に関係なく、研削量を 0.6 mmφ以上と定めていたが特に深いピットがない限り 0.45 mmφ くらいを目標に削るようにした。

3.2.3 FHWの研削基準

従来の研削は摩耗+何mm, たとえば F<sub>6</sub> スタンドは摩耗+0.2~0.4 mmφ, F<sub>5</sub> スタンドは摩耗+0.3~0.6 mmφと定めていたものをロール1本ごとのロール肌状況を調査し、僅少の削りにした。

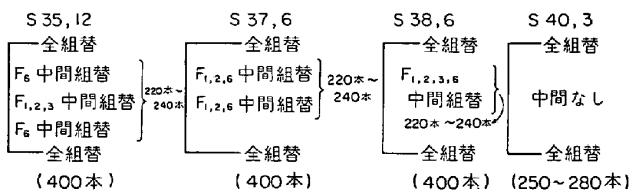
3.3 1回あたりの圧延量の増加

成品の肌や形状をよくするために圧延中、種々の考慮がはられるが、板と直接接している各スタンドのワークロールの肌荒れ、および摩耗を特に考慮する必要がある。圧延材の品種によつて異なるがロールの肌荒れや摩耗を考慮してサイクルの圧延t数が決められる。

また肌荒れ、および摩耗の防止対策としてとくに、たいせつなのはロール冷却水である、ロール冷却水の水質、水温、水量、水圧、冷却方法などを十分に考慮する必要がある。

ロール材質の向上とともに圧延設備を種々改善し、FWの荒肌程度が比較的よいほうに安定していると判断し1回あたりの圧延量を増加させることにした。その結果 Fig. 2, 3 のとおり研削基準の改訂とあわせ研削量は変わらないというより、少なめにしたので t/mm は増加した。

ロール組替基準の変遷は次のとおりである。



各スタンド別ロール直径は

|                     | 上ロール径 (mmφ) | 下ロール径 (mmφ) | 硬度 (Hs) |
|---------------------|-------------|-------------|---------|
| F <sub>1</sub> スタンド | 627.81      | 627.85      | 50~55   |
| F <sub>2</sub> スタンド | 619.64      | 619.65      |         |
| F <sub>3</sub> スタンド | 594.18      | 594.65      |         |
| F <sub>4</sub> スタンド | 591.36      | 591.47      | 80~85   |
| F <sub>5</sub> スタンド | 625.06      | 625.11      |         |
| F <sub>6</sub> スタンド | 632.85      | 632.94      |         |

Fig. 4 に一例として1サイクル(仕上全スタンド組替まで)のスタンド別上下ワークロールの摩耗量およびロール抜出後のロール表面の写真を示す。

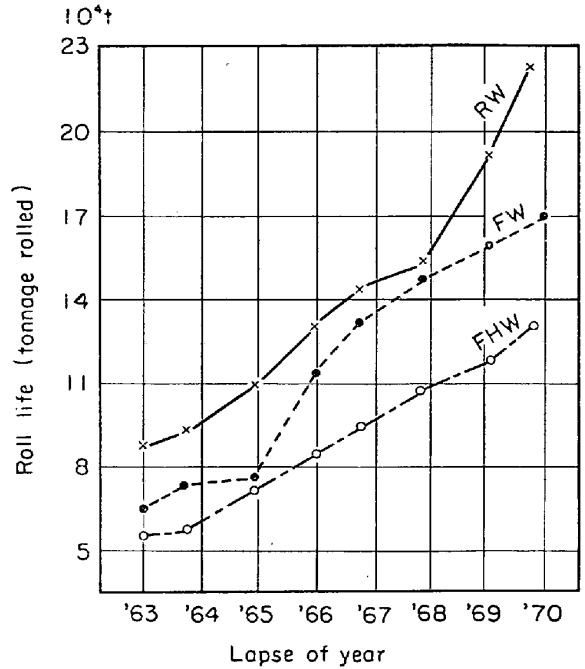


Fig. 2. Annual increase in total life (tonnage rolled) of work roll on finisher.

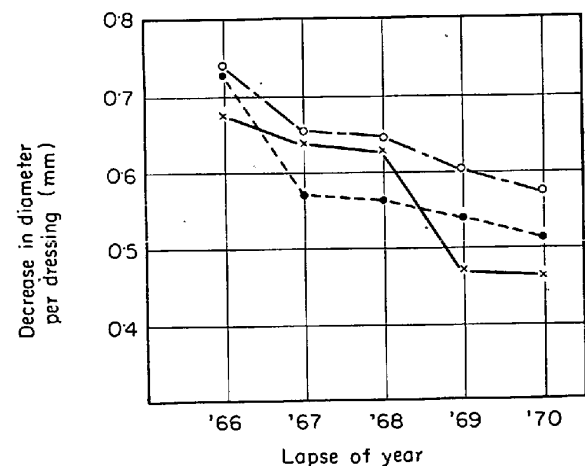
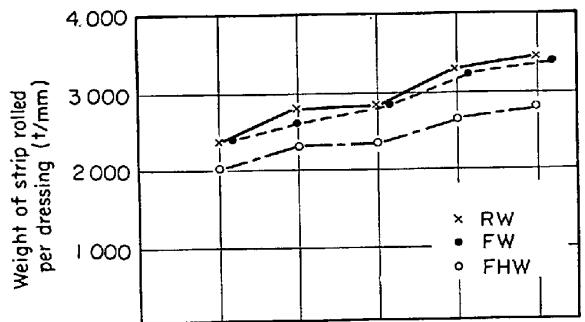


Fig. 3. Decrease in diameter per dressing and tonnage rolled per dressing.

註) F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> スタンド アダマイトロール 圧延 t 数 2010 t 冷却水 約300m<sup>3</sup>/hr/スタンド  
 F<sub>4</sub>, F<sub>5</sub>, F<sub>6</sub> スタンド グレンロール 圧延 t 数 2010 t 冷却水 約200m<sup>3</sup>/hr/スタンド

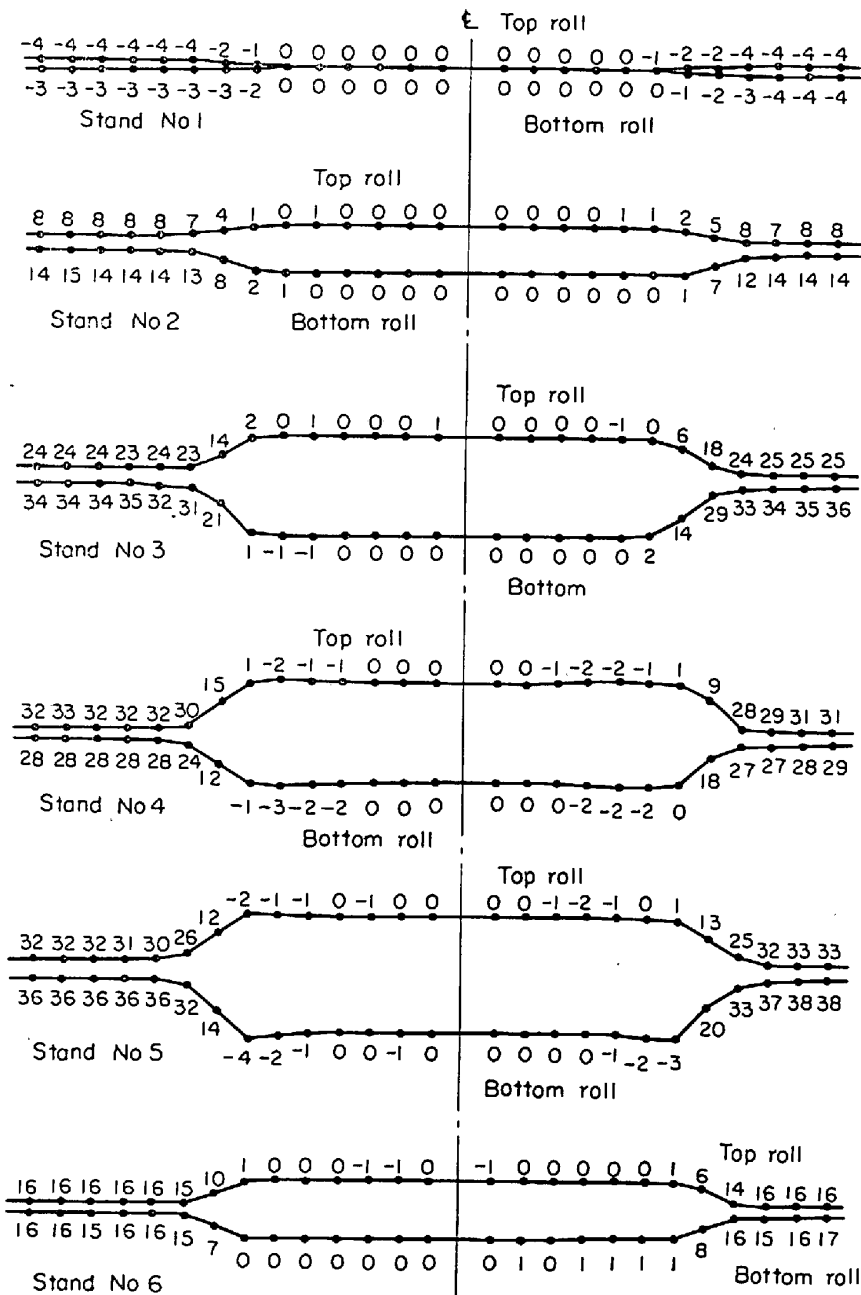


Fig. 4. Wear contours of work rolls (finisher).

圧延材 C : 0.08~0.17% Mn : 0.30~0.90%  
 スピード  $F_6$  にて最高 9.5m/sec  
 圧下率  $F_1, 35\%$   $F_{2,3,4} 35\sim40\%$   $F_5, 25\%$   $F_6, 8\sim10\%$

1 サイクルのホットコイルの圧延内容

| 厚み (mm)   | 幅 (mm)      | 圧延 t 数 (t) |
|-----------|-------------|------------|
| 3.0~3.2 × | 930~940     | 40         |
| 3.2~3.8 × | 1 200~1 245 | 120        |
| 2.3~2.6 × | 1 045~1 245 | 930        |
| 3.0~3.8 × | 930~980     | 250        |
| 2.3~2.6 × | 800~925     | 310        |
| 1.6~2.0 × | 780~800     | 360        |

### 3.4 ロール評価方法の制定

ロール品質の維持向上については冒頭にも述べたように鋼板製品におよぼす影響およびロール組替による作業能率の点からも改善しなくてはならない。

従来のロール使用成績は累計圧延高 (廃却ロール 1 本ごと) および t/mm で評価してきたが, 圧延量を成績の尺度とすることは圧延サイズ, 組み替え頻度, 途中の事故による径の損失などを考えると必ずしも十分とはいえない。

40年後半より RW は総圧延 t 数, FHW は板厚による係数を乗じた修正総圧延 t 数をもつて評価することに

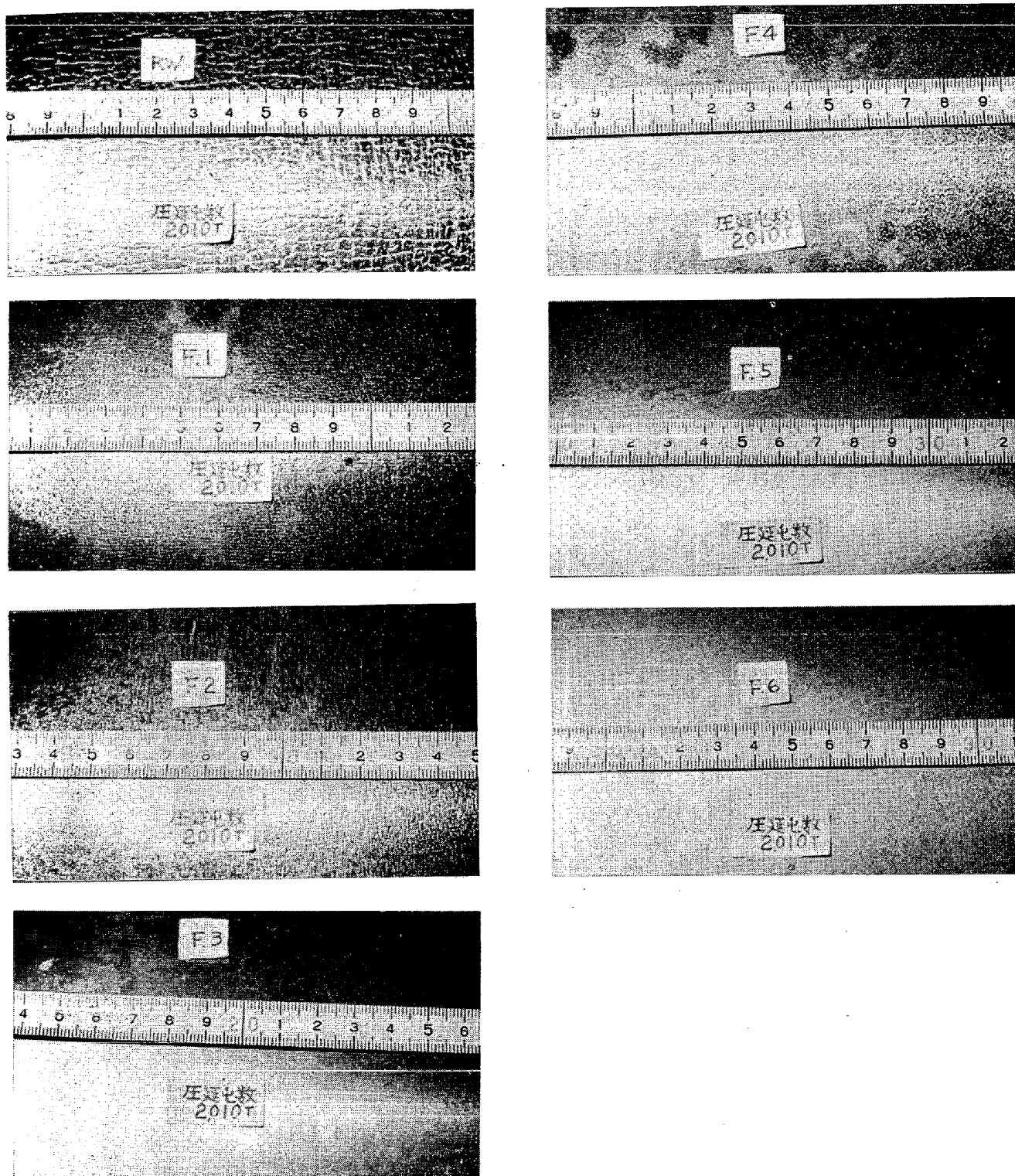


Photo. 5. Roll surface, tonnage rolled : 2000.

し、FW はロールの肌荒れが品質や稼働率の低下をきたすことが大きいので、ロール使用後の肌の管理を強化した。そこで FW 鋳鋼ロールに対しては ㊸ロール肌荒れがでにくいこと、㊹耐ファイヤクラック性があること、㊺摩耗が少ないこと、を具備すべき条件とし次のように成績を評価することにした。

総合点 = 平均ロール肌荒点 + 修正圧延高点

3.4.1 ロール肌荒点

肌荒れ程度を5段階に分け、研削前にロール肌荒れ限度見本写真を参照にし、肌荒れの評点をつける。判定するロールは F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub> スタンドに使用したロール全数を行なう。また判定時の個人差が問題となるので、各直で専

門の判定者を定めできる限り公平を期すようにしている。

### 3.4.2 修正圧延高(FW, FHW)

実際の圧延量を主要サイズについて修正係数で修正した圧延量で、現在の計算方法、および修正係数は次のとおり。

| コイル厚     | 修正係数 |
|----------|------|
| 1.4 mm以下 | 1.8  |
| 1.4~1.7  | 1.4  |
| 1.7~2.0  | 1.2  |
| 2.0~2.9  | 1.0  |
| 2.9~3.9  | 0.8  |
| 3.9~5.9  | 0.6  |
| 5.9 mm以上 | 0.4  |

修正圧延高 = 実際圧延量 × 圧延主要コイル厚の係数

修正圧延高点は修正圧延高により0.5点きざみに0~5.0点を与える。また評価の比重については若干の疑問もあるが、冷延向の被覆鋼板を特に考慮し肌点のほうに、よりウェイトを置いている。

### 3.4.3 その他

RW, FW, FHWとも最近硬度が徐々に上がる傾向にある。硬度と使用成績の間は、あまりはつきりした相関は見られないが、1回当たりの圧延量を増す上で陰の効果があつたとも思える。またロール評価方法を制定したことにより、各メーカー内、および各メーカー間のバラツキを少なくし品質維持向上を促進するとともにロール

原単位の低減に努力している。

上述の評価方法は、あくまでも現当所生産上でのものであり圧延品種、圧延ピッチ、その他の条件の変更により変えていく必要がある。

### 3.5 廃却ロールの転活用

ロール費低減の一方法として従来使用後の廃却ロールはすべてスクラップとして売却していたものを鋼系ロール(アダマイト)については活用可能ではないかと、ロールメーカーと共同調査に入り、検討使用の結果、転用可能と結論を下し、新品ロールに匹敵する使用成績を残し大幅なロール費低減に効果を上げ今日にいたつている。

廃却時胴径 665 mm φ — 新品時胴径 642 mm φ  
転用要領……………機械加工, 熱処理

## 4. お わ り に

以上、京浜製鉄所のホットストリップミルの作動ロールの改善経緯について、若干の対策、実績をのべてきたが、今後もホットストリップミルは、さらに大型化、高速化、高稼働率による生産性の向上、ならびに鋼板の品質向上が、ますます要求されているので各種ロールに対する要求は非常に過酷なものになりつつある。圧延技術の向上によるロール使用方法の改善と、ロール製造技術の向上とが、あいまつて画期的な新種ロールの出現も望まれる。

今後ともロールメーカーのいつそうのご協力、ご指導を切にお願いしたい。