

a) Slowly cooled to room temperature after forging at 1000°C., ×10,000 (1/2)    b) Air-cooled after forging at 1000°C. ×20,000 (1/2)    c) Air-cooled after forging at 800°C. ×10,000 (1/2)

Photo. 1. The AlN precipitates extracted from steels.

のにはフェライトの各所に短い柱状晶をなした AlN が認められた。低温で加工されているために加工中の結晶の迂りおよびその後の再結晶の段階に AlN が析出し、その段階では核の生成頻度が大きいために比較的均一に AlN が分布したものと考えられる。

オーステナイト結晶粒の粗大化阻止作用の点から AlN がフェライトとパーライトの境界面に多く析出した場合には粗大化阻止効果が大きく、比較的均一に AlN が分布した場合、いいかえると微細な AlN がまばらに分散している状態では粒界面の移動を阻止する効果が比較的小さいことを物語っている。粗大化阻止効果をあげるためにはオーステナイト結晶粒の小さい状態でフェライトとパーライトの境界面に AlN を偏析せしめることが望ましい。

## V. 結 言

- (1) 加工温度は高い方が結晶粒の粗大化温度は高い。
- (2) 本実験の加工温度範囲では加工後の冷却速度は遅い方がオーステナイトの結晶粗大化温度は高かった。
- (3) オーステナイトの結晶の粗大化温度の高い鋼材の AlN はフェライトとパーライトの境界面に偏析する傾向があり、粗大化温度の低い鋼材の AlN は比較的均一に分布する傾向にある。

## 文 献

- 1) 荒川, 小田: 鉄と鋼, 46 (1960), p. 1354.

## (95) ホットストリップ仕上圧延機 1 号および 2 号スタンド用ロールの肌荒れの実態およびその機構について

(ホットストリップ仕上圧延機用粗ロールの肌荒れ防止に関する研究—I)

関東特殊製鋼 岡 友 美

Actual Conditions and Mechanism of Roll Wear in No. 1 and No. 2 Stands in Finishing Trains of a Hot Strip Mill.

(Study on prevention of roll wear in roughing stands in finishing trains of a hot strip mill—I)

Tomomi Oka.

## I. 結 言

ホットストリップ仕上圧延機用ワークロールの肌荒れ

は、1号～2号スタンドにおいて、特に大きな問題となつている。これらのロールに特有なある種の肌荒れが冷延コイルのスケール疵の原因をなしているからである。

従来は、ホット

ストリップ仕上用ワークロールとしては、1～6号の各スタンドに共通にいわゆるニッケルグレンロールが用いられてきたが、この種のロールは耐肌荒れ性の要求される1～2号スタンドでは、その要求を満たし得なくなつているため、性能の向上が要望されている。

本研究は、この問題を、1～2号専用の新規の鑄鉄ロールを制作することによつて解決しようとして行なつたものである。そのためにまず、従来のロールの肌荒れの実態をしらべ、その発生機構に関して考察を加え、これによつて肌荒れしにくいロールの具備すべき必要条件を導きだした。本報告はこれらをまとめたものである。

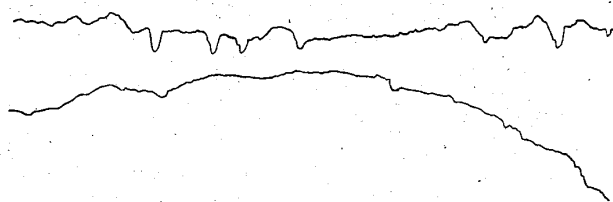
ロールは圧延の進むにつれて摩耗し、次第に平滑さを失い直径を減少してゆくが、摩耗は必しも均一には進まないで、ロールの表面に緩やかな凹凸ができてくる。同時にマイクロホール、微小クラック、スケール被膜も形成される。本研究では、この状態を摩耗による肌荒れとよぶこととする。さらに圧延を続ければ、遂には特有の引かき疵を発生して、これがストリップにスケール疵を与えるようになる。わが国では、この肌荒れ状態がバンディングとよばれている場合もあるが、この疵は一種のミクロスポーリングがロールの周方向に連続的に起ることによつて生じるものであつて、本研究では、これを streak spalling による肌荒れとよぶこととする。バンディングは、文献によれば、スケール巻きを指しているものと解せられる。

## II. 肌荒れの実態

1～3号スタンド用ロールの肌荒れは、摩耗による肌荒れと streak spalling による肌荒れとに大別される。後者は多くの場合、黒色のロール面上に、金属光沢をもつたザラザラした肌をもつて現われるので、外観的に容易に区別される。

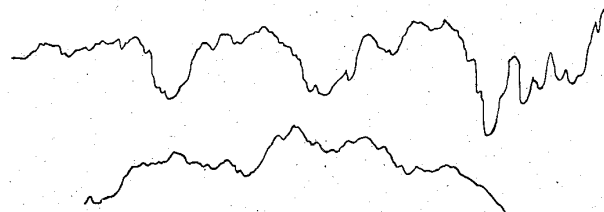
ロールの肌荒れ面に鉛の小円板をうちつけて肌荒れのプリントを採取し、低倍率の触針式粗度計によつてそのプロフィールを記録させると、摩耗による肌荒れは、ロールの軸方向には、解放時においても、高々 0.06mm 以下の高さをもつた緩やかな波として表わされる。円周方向ではさらに一層平滑であつて、これが一つの特徴となつている。この肌荒れが製品におよぼす悪影響は少ない。

しかしながら、その表面を被つているスケール膜の下には、肉眼的な大きさから顕微鏡的な大きさにおよぶ微小クラックの網目とマイクロホールが多数形成されている。マイクロホールは相互に微小クラックによつてつながれておりその中にはスケールが溜つている。大型のものは深さ 0.3mm 程度で口は大きく拡がっている。した



Top: Axial direction, bottom: circumferential direction  
Magnitudes: vertical×200, horizontal×10.

Fig. 1. Profile of lead disc printed from normally worn skin.



Top: Axial direction, bottom: circumferential direction  
magnitudes: vertical×200, horizontal×10.

Fig. 2. Profile of lead disc printed from streak spalling skin.

がつて摩耗による肌荒れの進んだ状態では、表面は比較的平滑ではあるがロールの表面層は著しく劣化している。

streak spalling による肌荒れは鉛プリントのプロファイルから、軸方向にも円周方向にも同程度のはげしい凹凸をもっていることが認められる。凹凸の深さは 0.15 mm またはそれ以上で、微小クラックの網目の深さと一致している。この肌荒れは、backward slip の方向に尾をひいた線状の疵から成っており、多くの場合、ロールをとり巻く帯状の部分内か噛み止めクラックの上に発生する。疵の肌は角張った微小な破面の集合から成っている。

streak spalling による肌荒れは圧延の初期には現われない。噛み止めクラックの上は最も発生しやすく、その他の場所ではある程度摩耗が進んでからでないと現れない。また硬度の下つたロールや、冷却の不足しているロールにも現われやすい。この肌荒れは、その進行が極めて速い。

### III. 肌荒れの機構に関する考察

1~3 号スタンドでは、ロールの表面は約 800°C の振幅で繰返し加熱冷却をうけるので、それによつて生じる繰返し引張り圧縮の応力によつて微小クラックの網目を生じる。表面が高温下で圧縮され塑性歪を生じることも高次の微小クラックの生成を助けている。グラファイトは切欠の作用をするので、微小クラックは特にモットル付近に発達しやすい。クラックから欠け落ちたセメントイトや板の表面の二次スケールは、板とロールの間のスリップによつてロール表面を摩耗させるが、摩耗を多くうける場所はモットルの部分であつて、大部分の大型のマイクロホールはこの部分につくられる。このようにして起る摩耗の不均一がロール表面に周方向にのびた緩やかな凹凸の波を形成してゆく。これが摩耗による肌荒れの発生機構である。

急熱されたロール表面層内には、径方向の引張り応力が生じるので、微小クラックはロールの横断面内でも網目状にならうとする。そのため、ロール表面は、微小クラックの網目に沿つて欠損しやすくなつてゆく。マイクロホールや噛み止めクラック内に溜つたスケールは、時として、backward slip によつて押し出されロール表面を摩擦する。たまたま押し出されたスケール量が多く、微小クラックの網目も欠けやすくなっている場合があれば、そこにマイクロスポーリングが発生し、その際欠け落ちた小片はスケールと一緒になつてロール表面を擦るのでマイクロスポーリングはその場所に連続的に発生する。これが streak spalling による肌荒れの発生機構であつて、これによつてこの肌荒れに関する種々の現象をよく説明することができる。

例えば、硬度の下つたロールは大型のモットルが多くなつていて、マイクロホールが発達しやすいこと、冷却の不足しているロールではスケールがロール表面に堆積しやすいこと、噛み止めクラックの周辺では、噛み止めによつて生じた顕微鏡的な微小クラックが残つているので微小クラックの網目が発達しやすいこと等によつて、それぞれの場合に streak spalling が発生しやすいことを説明することができる。

### IV. Streak spalling による肌荒れの発生条件と肌荒れしにくいロールの具備すべき条件

肌荒れしにくいロールとは、要するに、streak spalling の発生しないロールであると考えることができる。streak spalling による肌荒れの発生しやすい条件として、上述の考察から、つぎの点をあげることができる。

外的条件: (a) ロール冷却の不足、(b) デスケーリングの不足、(c) ロール表面温度の上昇を著しくするような作業。

内的条件: (a) モットルの存在、(b) 噛み止めクラックの存在、(c) 微小クラックの発達、(d) ロールの材質の機械的強度の不足。

したがつて、肌荒れしにくいロールの持つべき必要条件としては、上述の内的条件からつぎのような点をあげることができる。(a) 必要な深さまでグラファイトおよびモットルが存在しないこと。(b) 熱亀裂が発生しにくいこと。(c) セメントイト量が多すぎないこと。(d) 材質の機械的強度が高いこと。

### V. 結 言

ホットストリップ仕上用圧延機 1~2 号スタンド用ロールの肌荒れは摩耗による肌荒れと streak spalling による肌荒れに二大別される。その各々について肌荒れの実態をのべ、かつその発生機構を考察し、これによつて肌荒れしにくいロールの具備すべき必要条件を導きだした。

摩耗による肌荒れは、凹凸の波が浅く、ロールの周方向に一層凹凸が浅いことが特徴であるが、表面が比較的平滑であつても、ある程度圧延した後は、表面層は著しく劣化している。その発生機構は約 800°C の振幅をもつた繰返し加熱冷却による微小クラックの発生、主としてモットルからのマイクロホールの生成とその部分の摩耗の優先などによつて説明された。

streak spalling による肌荒れは、ある程度摩耗による肌荒れが進んだ後に発生し、特に噛み止めクラックの上にてきやすい。この肌荒れは周方向にも軸方向にも同程度のはげしい凹凸から成っておりその深さは微小クラックの網目の深さと一致している。肌荒れの面は角張った微小な面の集合したものである。その発生機構は大型のマイクロホールや噛み止めクラック内に溜ったスケールが backward slip によつて押しだされ、劣化したロール表面の微小クラックに沿つてミクロスポーリングを発生せしめることによるものであることを明かにした。

以上の考察から肌荒れしにくいロールの持つべき4項の必要条件を導きだした。

### 文 献

- 1) 野口宏一郎, 細木繁郎, 田中俊章: 富士製鉄技報 7 (昭和33年) 2, p. 179~p. 185.
- 2) R. A. SMITH, A. D. PATTON: Iron and Steel Eng., (1958), July, p. 92~p. 96.
- 3) C. E. PETERSON: Iron and Steel Eng., (1956), Dec., p. 98~p. 100.

## (96) 鶴見製鉄所厚板工場のシミュレーションによる工程分析と操業実績について

日本鋼管鶴見製鉄所

○勝江正満・羽鳥幸男・松原博義

Simulation Study of Operational Data of a Plate Mill Plant and Actual Operation at Tsurumi Iron Works.

Masamitsu KATSUE, Sachio HATORI and Hiroyoshi MATSUBARA.

### I. 新厚板製造工程およびその特色

当工場の今回改造の主体は逆転式二重 140 in 粗圧延機の新設(分塊圧延も兼ねる)で、これに伴う一連の設備、すなわち加熱設備・鋼片処理設備・精整設備および熱処理設備の新設ないし改造であり、完成後の設備配置は Fig. 1 に示すとおりである。

以上の改造によつて従来構造上不可能であつた大型鋼塊の処理が可能になるばかりでなく、分塊圧延によりキルド鋼・セミキルド鋼など対象鋼種の圧延比率の増大にあわせて、能率および歩留りの向上が期待されるにいたつた。

したがつて他の厚板工場と異なる点は粗圧延機によつて分塊を行うため、この時間だけ仕上圧延機の稼働率は低下するので、いかにすれば両者の能率を低下することなく予定鋼種の生産を行えるかという点が鍵となる。

また当時の精整設備は日産 1000~1200 t 程度を対象としていたため問題はなかつたが、鋼板の大型化につれ能率および歩留りの点から、ラインの延長および剪断能力の増大がさらに必要となり、現在第2期改造工事とし

て精整増強工事が進められ、昭和 37 年3月完成の予定となつている。

### II. シミュレーションによる工程分析

シミュレーションによる工程分析は設備の変更にしたがい数回行ない検討資料とした。実施した時期およびその時の設備条件を Table 1 に示す。

厚板製造工程は Fig. 2 のとおりで、各工程の能力は既設設備についてはタイムスタデーを行ない、新設設備については設計仕様から推定を行なつて能力の  $\bar{x} \cdot \sigma$  を求め、また寸法別・用途別圧延予想から必要な鋼塊 t 数・脱酸型式別圧延割合・平均単重を求め計算の基礎データとした。

可変条件としては加熱炉抽出方法・シーメンス炉稼働状況・分塊圧延方法・精整ラインの流し方・設備能力に對し条件を選び、おのおのの組合せによるモデルを設定した。

以上により求めた工程分析の結果の要点を述べると、

第1回: 1. 抽出方法は均熱炉抽出優先の場合が全体の加熱能力が最大となる。2. ライトレベラー・アップカットシャーのアイドルタイムが約 17% で、圧延機のそれに比しかなり小さく、作業上のネックとなるので改善の必要がある。3. 生産能力は月産約 45,000 t と推定される。

第2回: 1. ライトレベラー前後のテーブル速度の上昇および作業方法の改善により、アイドルタイムが約 20% となつた。2. 均熱炉3ホール増設により加熱能力が増加した。3. 生産能力は月産約 48,000 t と推定される。

第3回: 1. 平炉の改修により炉容が拡大され均熱炉加熱能力が増加した。2. 作業方法・設備の改善により圧延能率が上昇した。3. 生産能力は月産約 57,000 t と推定される。

第4回: 1. 精整ラインの増強によりライトレベラーのアイドルタイムは約 40% となり、圧延をデスターブしない処理能力を有する。2. 分塊圧延時の分塊とスラブ圧の交互圧延は均熱炉の加熱能力が低下するので好ましくない。3. シーメンス炉は休止しても生産能力には影響しない。4. 生産能力は月産約 72,000 t と推定される。

### III. 操業実績

昭和 35 年5月それまで三重式 110 in であつた粗圧延機を逆転式二重 140 in と置換え、ライトレベラーを移設し精整ラインを一部延長し、アップカットシャーを設置するとともに連続炉一基を設置した。また第1回のシミュレーションによりライトレベラーのアイドルタイムが少ないことが判明したので、前後のテーブル速度を上昇した。5月は設備の切替のため作業は2週間休止し生産 t 数は少なかつたが、作業に習熟し6月には推定能力に達した。

昭和 35 年12月よりサーフェス均熱炉3ホールが稼働し加熱能力が増加し、4 HI の通過 t 数はそれほど上昇しなかつたが分塊 t 数が上昇した。

昭和 36 年2月には平炉炉容拡大工事が完了し、したがつて均熱炉加熱能力が増加し、材料のターニング装置などの改善により生産は急激に上昇し、ほぼ推定能力を