

論 文

ホットストリップミルの仕上スタンド用ワークロール  
のバンディングについて\*

白岩 俊男\*\* 松野二三朗\*\*\* 田頭 一\*\*\*

On the Work Roll Banding of the Hot Strip Mill Finishing Stand

Toshio SHIRAIWA, Fumio MATSUNO, and Hajime TAGASHIRA

Synopsis:

An adamite work roll used in the hot strip finishing mill was examined to investigate the banding of work roll. Defects observed on the roll surface are heat cracks, pits and shallow hollows. The banded surface is dense aggregation of pits and shallow hollows.

Heat cracks are observed at all roll surface and they are about 100-200 $\mu$  deep. It is ascertained from their fracture surface that they are formed by thermal fatigue.

Pits are about 100-120 $\mu$  deep and it is considered that heat cracks and large cementites cause the local crumbling which develops into pits.

Shallow hollows are observed only in the banding zone and moreover the greater parts of the banding zone are occupied by them. They are about 0.2-0.5mm wide, 0.5-2.0mm long and less than 20 $\mu$  deep. The observation by electron scanning microscope shows that they are formed by the abrasion by hard substances. It is suggested from the hardness measurements at high temperature that large cementites in the roll and magnetites in the scales of hot strips may be abrasive substances.

Scales on the surface and in the cracks are studied by X-ray diffraction and electron probe micro-analyser. The scale on the surface are considered to be attached ones from hot strips and these in the cracks are considered to be oxides of the roll material.

(Received Sept. 8, 1970)

1. 緒 言

ホットストリップミルの仕上スタンド前段に使用されるワークロールの肌荒れの一つにバンディング (banding) がある。この肌荒れはロールの全周に帯状に発生する。

W. J. WILLIAMS<sup>1)</sup>によればバンディングという用語は1956年に F. H. ALLISON<sup>2)</sup>がロールの廃却に関して用いたのがはじめである。W. J. WILLIAMS<sup>1)</sup>はバンディングとは「ロールの全周に発達した一様な肌荒れとは本質的に異なる肌荒れで、圧延材の表面形状に影響を与えるようなロールの胴部に発達した平らでない面」のことであると定義している。

仕上スタンド用ワークロールはホットストリップの発達した初期においてはチルド鑄鉄が使用されたが、生産量の増大に伴ってチルはげ、折損などの問題が起こり、

Niなどを加えた合金鑄鉄によるいわゆるグレンロールが使用されるようになった。しかるにこのグレンロールにはバンディングが多発し、その対策として中抜き鑄造を行なつたりしてある程度の効果をあげたが、ロールの使用条件が過酷になるにつれて現在使用されている鑄鋼ロールに変わつたと新山ら<sup>3)</sup>は報告している。このようにバンディングはグレンロールに多発した肌荒れであるが鑄鋼系ロールでも報告されている<sup>4)</sup>。

鑄鉄系ワークロールのバンディングについて G. E. PETERSON<sup>5)</sup>は、圧延材のスケールがロール表面に付着しその一部が剝離するときにロール表面に不規則なパターンを残していくという機構すなわちスケールピックアップ

\* 昭和45年9月8日受付

\*\* 住友金属工業(株)中央技術研究所 理博

\*\*\* 住友金属工業(株)中央研究所

Table 1. Chemical composition of examined work roll (in wt %).

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
1.50	0.64	0.76	0.024	0.020	1.15	0.34

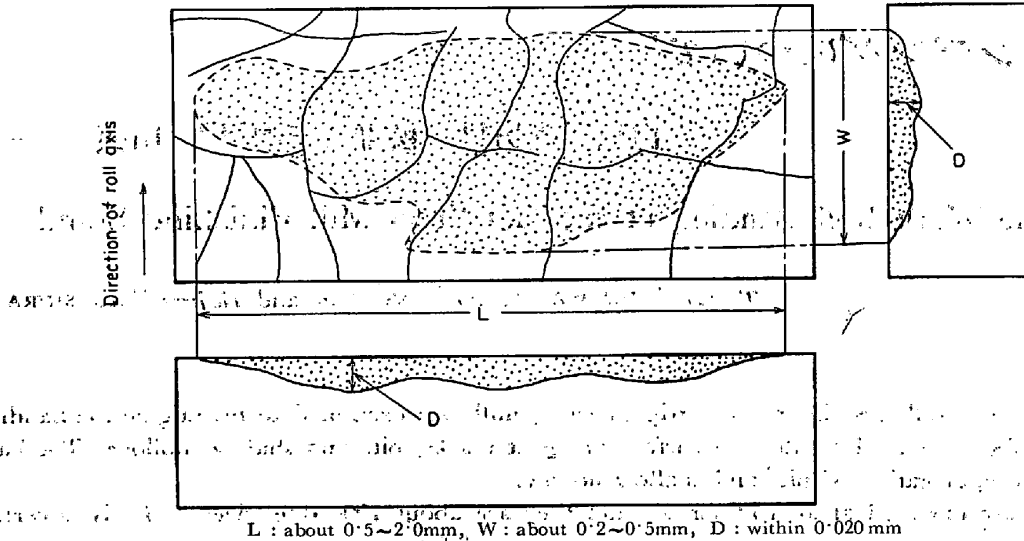


Fig. 1. Schematic illustration of shallow hollow in the banding zone.

(scale pick up) を考えた。このスケールピックアップ機構において W. J. WILLIAMS<sup>1)</sup> はそのような現象が起きている形跡は認められないと報告しており、新山ら<sup>2)</sup> も鑄鋼ロールの肌荒れには表面スケールは直接関係してないと報告している。

ロール表面は圧延時にスケールで覆われることが観察されており<sup>3)5)7)8)</sup>、ロール表面のスケールについては C. E. PETERSON<sup>9)</sup> のスケールピックアップ機構もある<sup>10)</sup>のでその生成機構が論じられており、ロール表面のスケールは圧延材のスケールが付着したという考え方<sup>11)</sup>とロール自身が酸化されて生成したという考え方<sup>12)8)</sup>がある。バンデングの発生に関し、スケールピックアップ機構のほかにもロール表面層に発達するクラックに起因する表面層の脱落という考え方がある。W. J. WILLIAMS<sup>1)</sup> は鑄鉄系ワークロールのバンデングはロールの表面から金属が脱落することによって生じた肌荒れであり、金属の脱落は摩耗によって生ずるのではなく、圧延スケジュールの初期にロールの表面下に形成されるロール表面に平行なクラックに関連してロールの一定の深さの表面層が脱落することを報告している。

新山ら<sup>2)</sup> は鑄鋼系ロールの場合も表面に平行なクラックによる表面層の剝離と剝離された物質によるロール表面の摩耗によって肌荒れが生じうるが、鑄鉄系ロールの場合のように全面へ拡がった肌荒れへ進展しがたいことを述べ、その理由として鑄鋼の場合基地が全体として靱

性に富むことをあげている。田部ら<sup>3)</sup> はアダマイト系鑄鋼ロールの肌荒れは表面層に存在する軸方向のクラック上またはその交点を起点として起こり、これがロールの転動方向に伝播しつつ軸方向のクラックに到達するとそのクラックが起点となつ

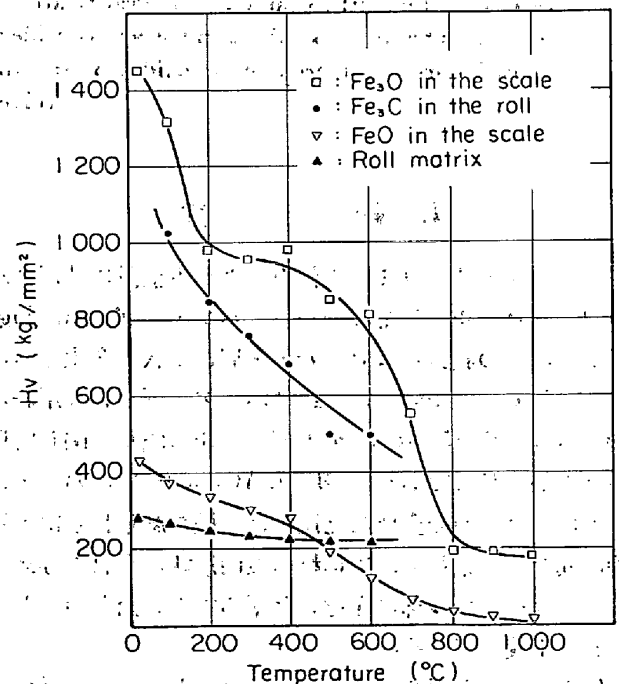


Fig. 2. Hardness of roll matrix, cementite in the roll, FeO and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> in the scale at high temperatures.

てつきつきと肌荒れが起こりバンディングへと発展することを述べている。

新山ら<sup>9)</sup>、田部ら<sup>10)</sup>および添野ら<sup>11)</sup>は肌荒れのもととなるクラックはロール中に存在する巨大セメントイトより生成することを指摘している。R. V. WILLIAMS は圧延時にロールの表面が加熱されることによつてロールの表面層には圧縮応力が形成されるが、表面層に塑性変形が加えられると引張応力が生ずることを考察し、ワークロールの肌荒れの要因としては加熱、冷却のくり返しによる熱疲労と圧延材表面の硬い酸化鉄による摩耗がおもな要因であると報告している。

ロールの肌荒れについては圧延操業、ロール製造の両面からも種々検討されている。圧延操業の面からはロールの温度上昇が肌荒れの主要な原因の一つであることが指摘されており、ロールの有効な水冷が肌荒れ防止に効果的であることが報告されている<sup>12)</sup>。ロール製造の面からは巨大セメントイトの分散、分散が有効であることが報告されている<sup>13)</sup>。

ワークロールの肌荒れはロール替えの主要な原因となるのみならず製品である熱延鋼板の表面品質を低下させる原因となるので、ホットストリップミルの操業上重要な問題である。そこで本研究においては実際に仕上スタンドで使われバンディングを生じたアダマイト系鋳鋼ワーク

ロールについて表面状態、断面組織を顕微鏡および走査型電子顕微鏡で観察し肌荒れの実態を解明することとした。その結果肌荒れはロール表面が硬い物質で削られて起こることが判明したので、削る物質として可能性のあるロール中の巨大セメントイト、圧延材表面のスケールを構成している FeO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> について高温における硬度を測定した。

またロール表面に付着しているスケールはロールの肌荒れとは直接関係がないと判断されたのであるが、その生成機構について X 線回析、EPMA による分析から検討した。

## 2. 供試ワークロールおよび実験

バンディングの発生した供試ワークロールはアダマイト系鋳鋼ロールで和歌山製鉄所熱延工場の仕上スタンド

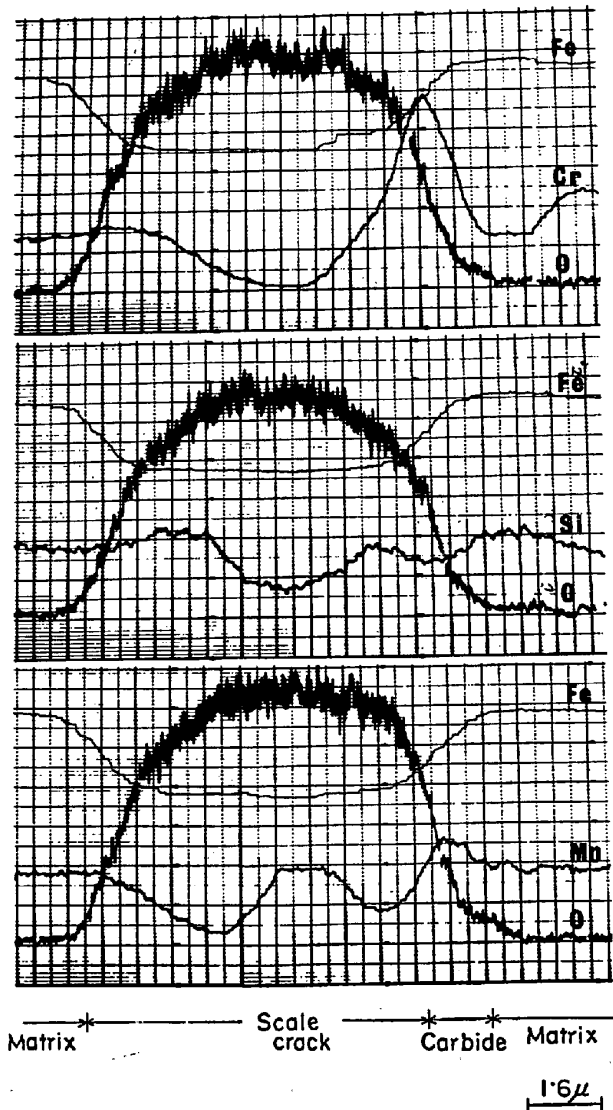


Fig. 3. Results of line analysis of the scale in Photo. 9.

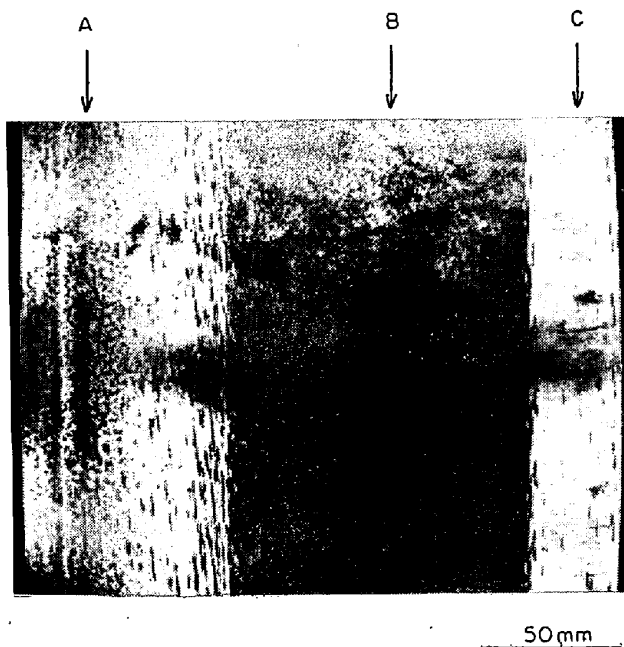


Photo. 1. Appearance of the examined barrel surface of a banded roll. Three distinct zones are indicated as "A", "B", and "C". "A" is the zone covered with scales and "B" is the banding zone and "C" is the normal surface zone.

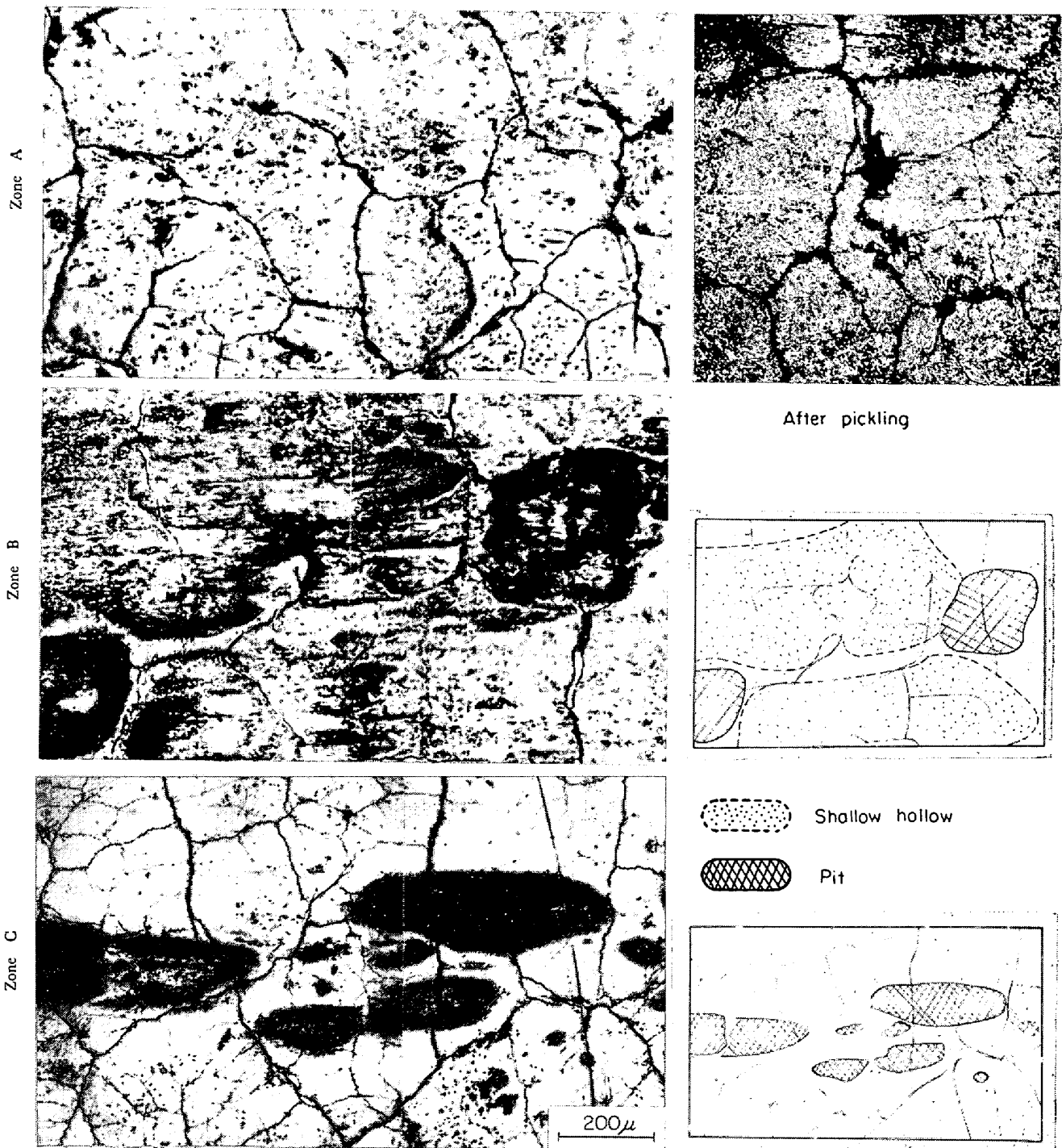


Photo. 2. Showing the roll surface of "A", "B", and "C" zone in Photo. 1.

F3 ロールとして最終的に使用されたものである。供試ワークロールの化学成分をTable 1に示す。

本供試ワークロールによる総圧延トン数は約9万6千トンであり、最終的に使用された場合の圧延トン数は約2千トンである。

バンデングはロールのトップ側約600mmの場所から約100mmの幅で帯状に全周にわたって発生しており、バンデング部から約50mm離れたトップ側に5~10mm

の幅で全周にわたって表面にスケールが付着していた。その他の部分は金属光沢を有する比較的なめらかな表面であった。調査材としてはロールからバンデング部を中心として約200mmの幅で表層部を切出して用いた。Photo. 1に供試材の外観写真を示す。

調査はバンデングを中心として行ない、バンデング部、スケール付着部および金属光沢を有する部分（以下正常部と称する）について表面から顕微鏡、走査型電子顕微

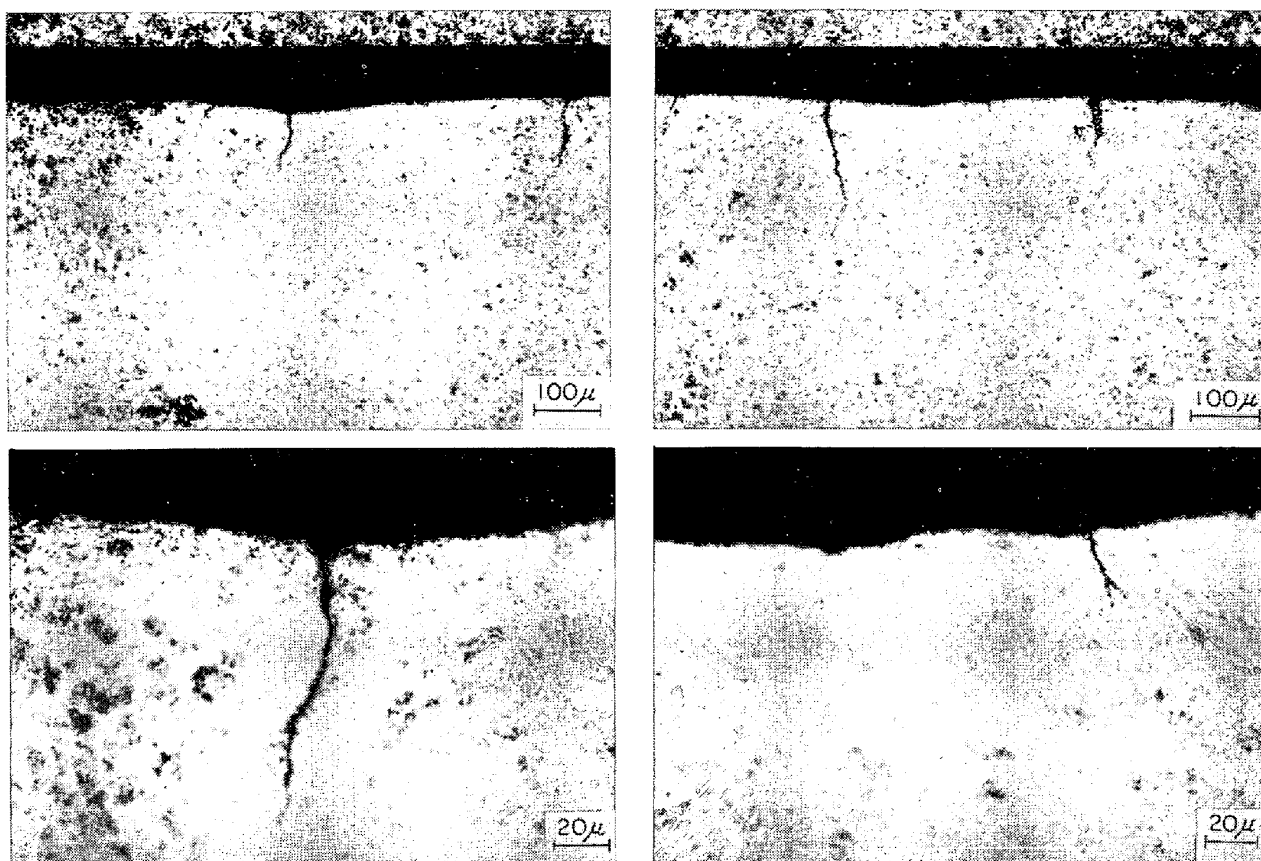


Photo. 3. Section of the shallow hollow observed in the banding zone.

鏡による観察を行なうとともに断面からも組織観察を行ないバンデングの発生原因を調査した。その結果、ロール表面が硬い物質で削られることによつてバンデングが生ずることが明らかになつたので、600°Cまでのロールのマトリックスとロール中に存在する巨大炭化物の高温における硬度と圧延材の表面に存在するスケールを構成している FeO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> の 1000°C までの硬度を測定した。ロールの表層部に多数存在するクラックについては走査型電子顕微鏡で破面観察を行ない生成原因を解明した。ロールの表面およびクラック内のスケールについては X線回析、EPMA で組成分析を行なつた。

### 3. 調査結果

#### 3-1 バンデング

スケール付着部、バンデング部、正常部の表面組織を Photo. 2 に示す。正常部の表面は全般的に滑らかであるが、Photo. 1 の外観写真にも示すようにロールの回転方向に延びた小さな凹み疵が散在する。Photo. 2 に示した正常部表面の断続したピット状凹みはこの表面の小さな疵部を示したものであり、正常部に散在する小さな表面疵はピット凹みが断続して連なつたものであることが観察された。正常部の表面はこのピット状凹み以外は滑ら

かである。Photo. 1 に示したバンデング部の表面は凹凸が激しい。バンデング部を観察した結果バンデングを形成しているのは 2 種類の凹みであることが判明した。1 つは、正常部においても観察された深いピット状凹みであり、他はピット凹みより浅いが面積の大なる回転方向に延びた凹みである。Photo. 2 にはバンデングの一部だけしか示してないが、バンデング部の表面はどの部分も Photo. 2 に示すような形態であり、バンデングとは上述の 2 種の凹みの密集であるといふことができる。

スケール付着部の表面はスケールで覆われているので判然としないが、酸洗によりスケール除去後の表面を観察すると Photo. 2 に示すようにロール表面はなめらかで正常部のなめらかな表面と同一であつた。ロール表面へのスケールの付着状況は、Photo. 2 に示すように全面スケールが付着しているのではなく、ところどころロールの地肌が露出しているのが観察された。

Photo. 1 の外観写真から、バンデング部とスケール付着部の中間のロール表面には、正常部で観察された回転方向に延びた凹み疵より大きな凹み疵が散在するのが認められるが、この疵はバンデング部と同じく、ピット状凹みと浅い大きな凹みからできていることが観察された。バンデング部は全周に凹みが密集しているのに対し、

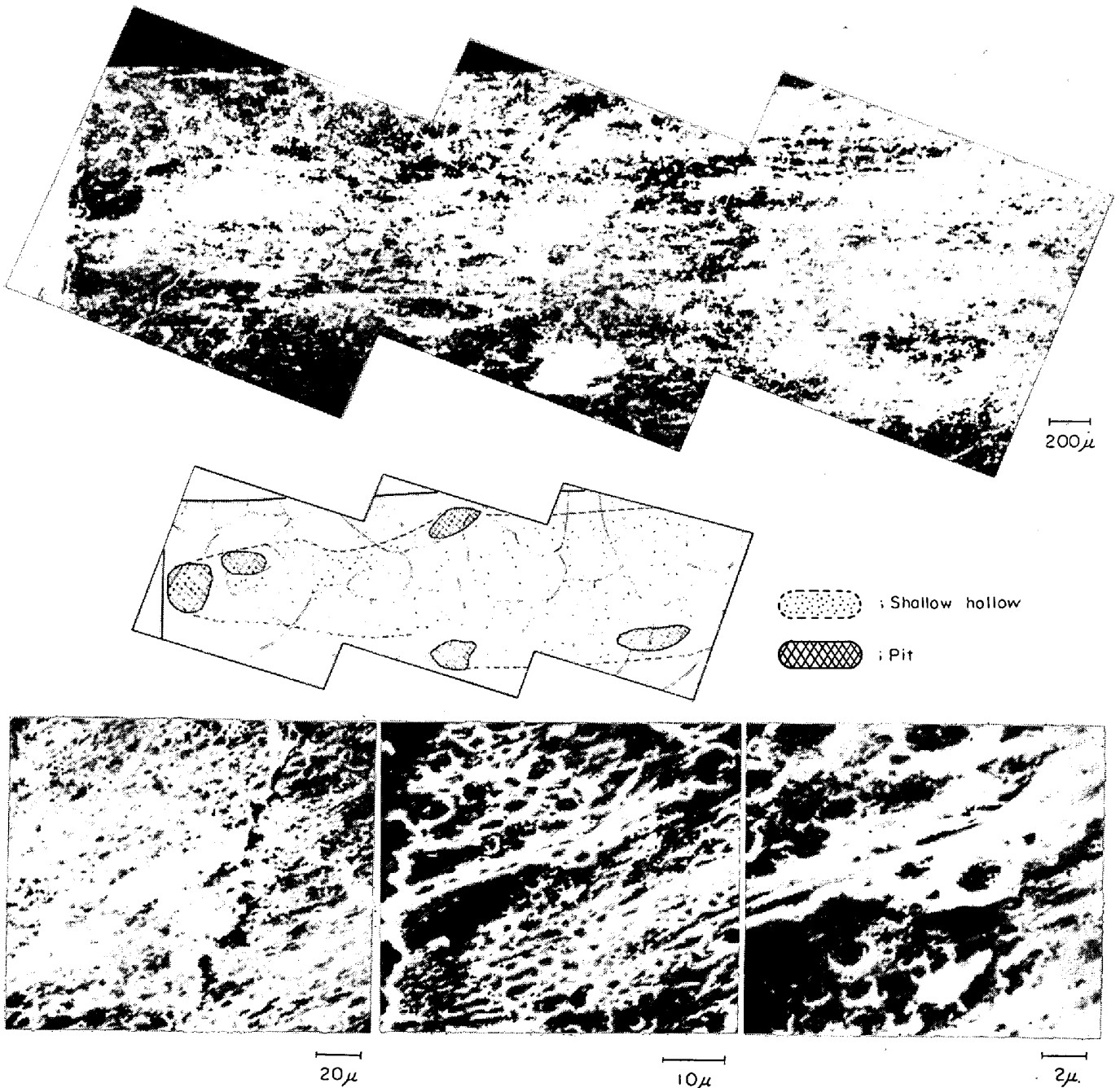


Photo. 4. Secondary electron images of the surface of the shallow hollow in the banding zone.

この疵は局部的に生じているのが特徴であるが、形態から見てバンデングと同じ原因で生成したものと考えられる。

ロールの表面の形態は上述のとおりであり、ロール表面の肌荒れを形成しているのはピット状凹みと浅い大きな凹みであり、バンデングは両者の密集である。ピット状凹みについては後述することにして、まず浅い大きな凹みに関する調査結果について報告する。

浅い大きな凹みはバンデング部の大部分の面積を占め、大きさは幅が  $0.2 \sim 0.5 \text{ mm}$  ほどでロールの回転方

向に  $0.5 \sim 2.0 \text{ mm}$  ほど延びたものである。凹みの深さは断面からの観察の結果、深いところでも  $10 \sim 15 \mu$  くらいであることが観察された。

Photo. 3 に断面を示すが、表面がわずかに凹んでいる場所が浅い凹み部に相当する。バンデング部を表面から  $20 \mu$  研磨したところ浅い凹みはなくなり、ピット状凹みだけ残ることが観察されたことから、全般的に見てもこの浅い凹みは  $20 \mu$  以下の深さしかないことが判明した。以上の観察結果から、浅い大きな凹みを図式的に示すと Fig. 1 のようになる。

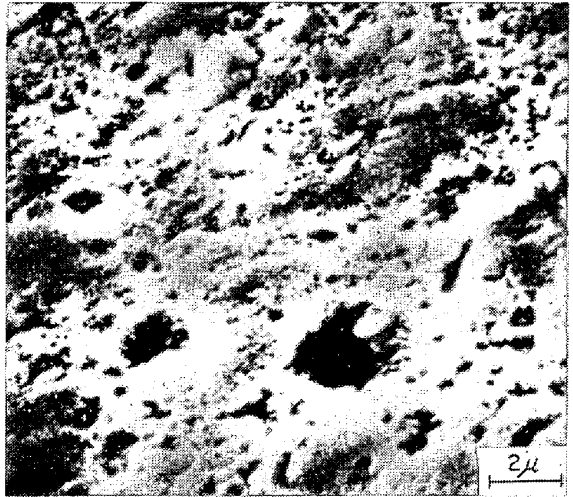
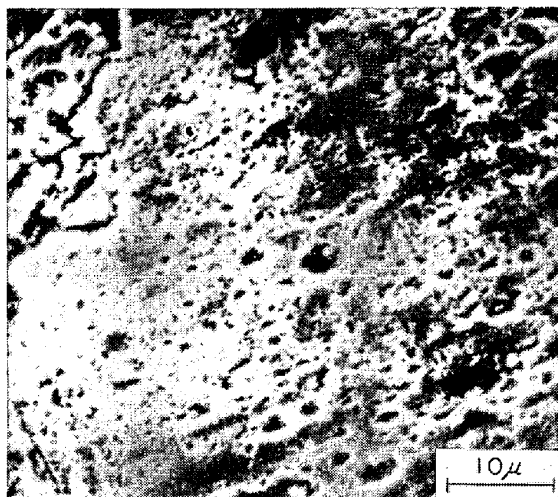
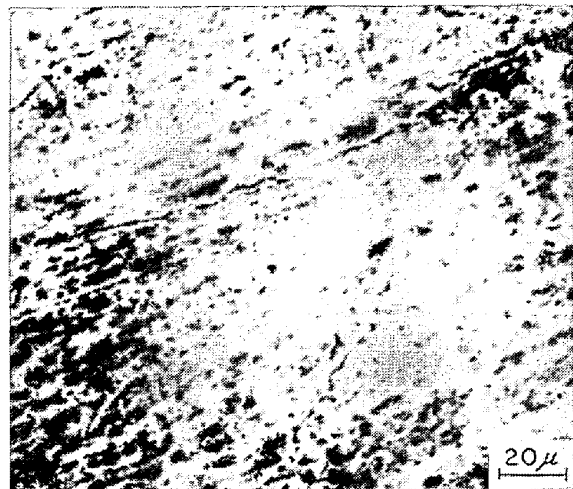
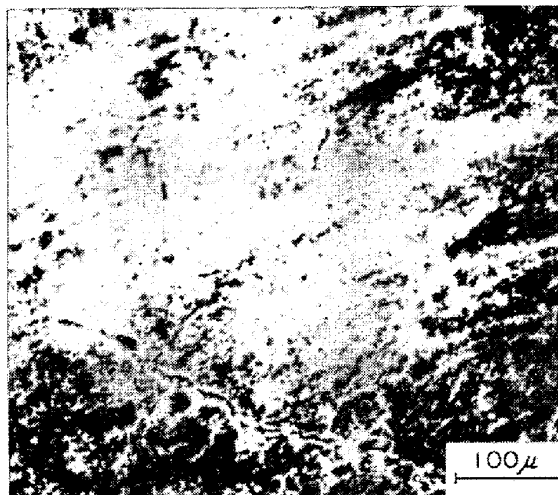


Photo. 5. Secondary electron images of the surface of the normal surface zone.

浅い凹みの生成機構を明らかにするために走査型電子顕微鏡で観察した。Photo. 4に観察結果を示す。バンディング部でも凹みの表面にはスケールが部分的に付着していたのでスケール除去後観察を行なった。Photo. 4で表面の亀裂上または亀裂の交点に観察される凹みはピット状凹みである。浅い凹みの表面にはロールの回転方向に筋状の凹凸が多数走っているのが観察される。この凹凸はPhoto. 2に示すように顕微鏡でも観察される。またPhoto. 4の高倍率の写真に示すように筋状の凹凸以外に丸い凹みが多数存在することが観察される。Photo. 5に正常部表面の走査型電子顕微鏡観察結果を示すが正常部表面は浅い凹みの表面とは明らかに形態が異なっている。Photo. 4に示した表面形状は硬い物質によつて削り取られた場合に観察される形状と同一であり、このことからバンディングを形成している浅い凹みは圧延時に硬い物質で削られて生成すると考えられる。これに対して正常部の表面には削り取られた形跡は認められない。

ピット状凹みはバンディング部のみならず正常部にも認

められるがバンディング部のほうがはるかに数は多い。

Photo. 6にバンディング部および正常部に存在するピット状凹みの断面組織をおのおの二例ずつ示す。ピット状凹みは、Photo. 3に示した浅い凹みに比べ深く100~120μ位のもので多く認められた。Photo. 6に示すようにピット状凹みはクラックの位置に認められるものがほとんどで、Photo. 4に示した2次電子による表面観察でも、ピット状凹みはクラック状あるいはクラックの交点に認められる。このことからピット状凹みの生成の原因の一つはロール表面に亀甲状に発達したクラックであると考えられる。また断面組織を観察するとピット状凹みは巨大なセメントイトの存在する場所に一致して存在するものが多く (Photo. 6-a, b, d) 巨大セメントイトもピット状凹みの生成原因の一つであると考えられる。この巨大セメントイトはロールの casting時に Fe-Fe<sub>3</sub>C の共晶反応で晶出したものと考えられPhoto. 7に示すようにバンディング部、正常部ともにロール中に散在しているのが観察された。以上の観察結果からピット状凹みは、ロール



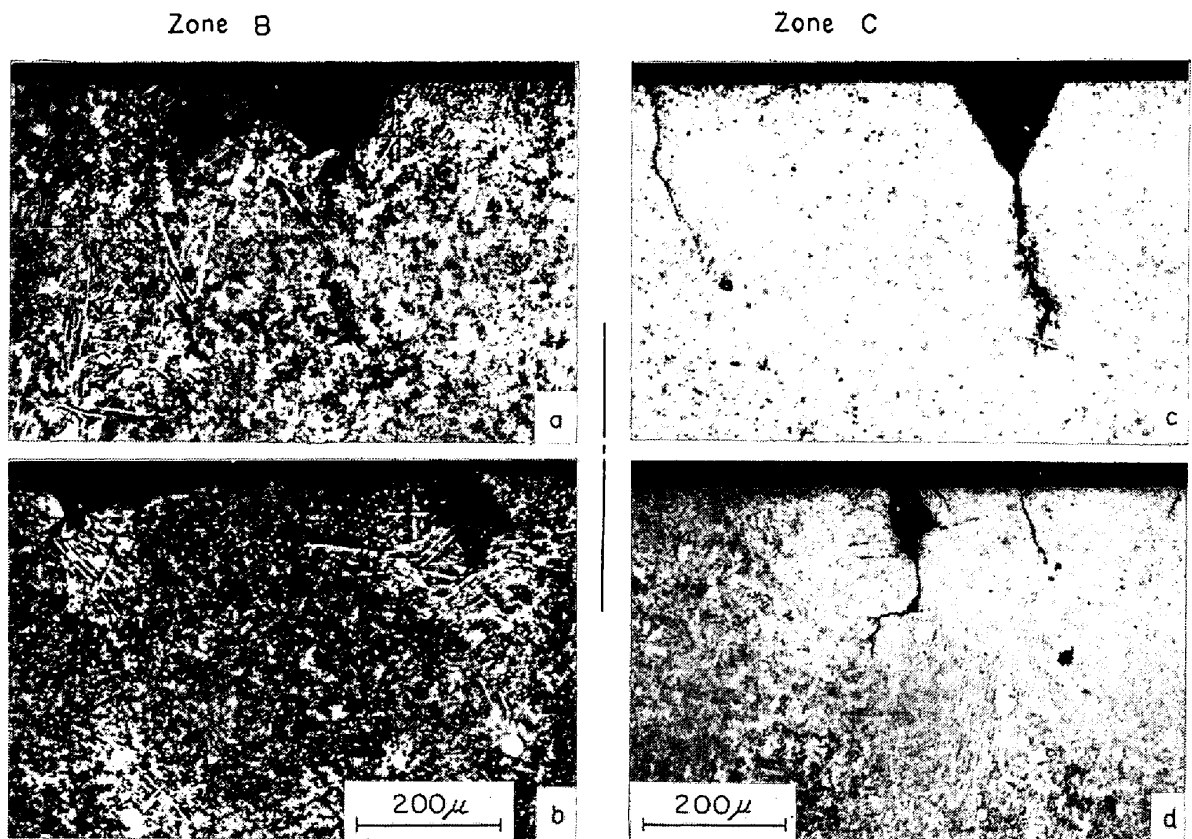


Photo. 6. Sections of pits in the banding zone (a and b) and in the normal surface zone (c and d).

表層部のクラックおよび巨大セメントイトが原因となつて表層部が脱落したものと考えられる。バンディング部、正常部について巨大セメントイト、クラック、ピットの数を測定したところ Table 2 のような結果が得られている。

バンディング部の大部分の面積を占める浅い凹みはロール表面が硬い物質によつて削り取られた凹みであると考えられるが、ロール表面を削る物質としては R. V. WILLIAMS<sup>9)</sup> の指摘している圧延材表面のスケールと上述のピット状凹みの生成のさいのロール表面からの脱落物が考えられる。

脱落物中には Photo. 6 に示すように巨大セメントイトを含むもので多いと考えられ、ロール表面を削ることが予想される。このことは新山ら<sup>9)</sup>によつても指摘されている。圧延時にはロール表面の温度は上昇することと圧

延材表面の温度は高いので、スケールとかセメントイトの高温における硬度が問題となる。このためロールのマトリックス部および巨大炭化物の硬度を 600°C まで、圧延材のスケールを構成している FeO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> の 1000°C までの硬度を高温ピッカース硬度計で測定した。測定結果を Fig. 2 に示す。Fig. 2 から巨大炭化物は高温においてもロールのマトリックスに比べると非常に硬く、ロール表面を削る能力を十分有していることが明らかとなった。スケールを構成している物質は普通鋼の場合、FeO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> であるが、α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は表面にごくわずかに存在するだけなので測定は行なわなかつた。FeO は Fig. 2 に示すように高温では非常にやわらかく研削能力はないと考えられる。Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> の 1000°C の硬度は 600°C におけるロールのマトリックスの硬度と同程度であり、圧延材の表面温度はロールの冷却水とかあ

Table 2. Results of counting the number of large cementite particles, cracks, and pits along the roll axis (number/mm).

Position	Large Cementite	Cracks	Pits
Normal surface	1.2	5.6	1.8
Banding surface	2.4	6.7	2.5



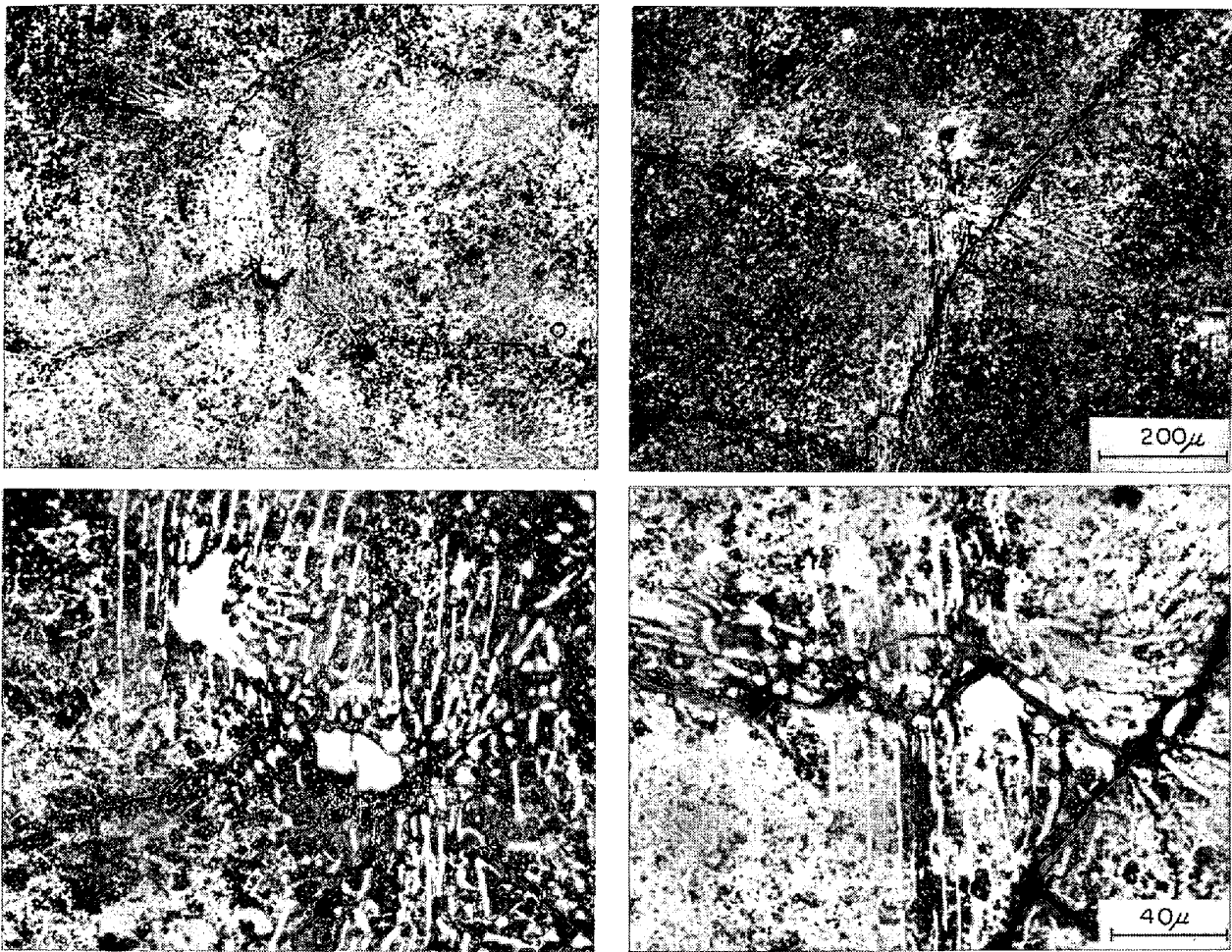


Photo. 7. Microstructures of the roll surface in the banding zone and the normal surface zone.

るいはロールと接触することにより低下すると考えられるので、 $Fe_3O_4$  もロール表面を削り取る能力を十分有していると考えられる。

### 3.2 ロール表層部のクラック

ロール表層部には大小のクラックが認められる。バンディング部と正常部のクラックを比較すると Photo. 2 Photo. 6 に示すように形状、深さに大きな差は認められない。クラックの深さは平均して  $100\sim 200\mu$  のものが多く、バンディングの特徴である浅い凹みとクラックの間には関係は認められない。クラックは表面から垂直あるいはやや斜めに入ったものがほとんどで、W. J. WILLIAMS<sup>1)</sup> 新山ら<sup>3)</sup> の観察したロール表面に平行なクラックは数例観察されたのみで、数はきわめて少なかった。

クラックは一般に熱亀裂と称されているが、生成原因を確かめるためにクラックの破面を走査型電子顕微鏡で観察した。ロールの表層部から試験片を切り出した後、クラックの部分の裏面からノッチを入れ、クラックを損傷しないように折り取った後クラックの破面に付着しているスケールを除去し破面を観察した。バンディング部の

クラックの破面観察結果を Photo. 8 に示す。Photo. 8 に示した破面の形状は疲労破面であり、クラックは疲労によつて生成したことを示している。疲労の原因としてはロールが圧延時に圧延材と接触することによる加熱と、冷却水による冷却がくり返されることによつて生成する応力による疲労が考えられる。

### 3.3 ロール表面およびクラック内のスケール分析

ロール表面に付着しているスケールおよびクラック内に詰まっているスケールについて X 線回析、EPMA 分析を行なった。クラック内には断面写真で明らかなように、いずれもスケールが詰まっており、スケールの詰まっていないクラックは観察されなかつた。

X線回析でロール表面のスケールとクラック内に詰まっているスケールを分析したところ、両者とも  $Fe_3O_4$  のみが検出され  $FeO$ 、 $\alpha-Fe_2O_3$  は検出されなかつた。表面および断面からの顕微鏡観察でもスケールは一相でできていることが観察された。クラック内のスケールは破面観察と同様の手法で破面を作成後 X 線回析を行なった。

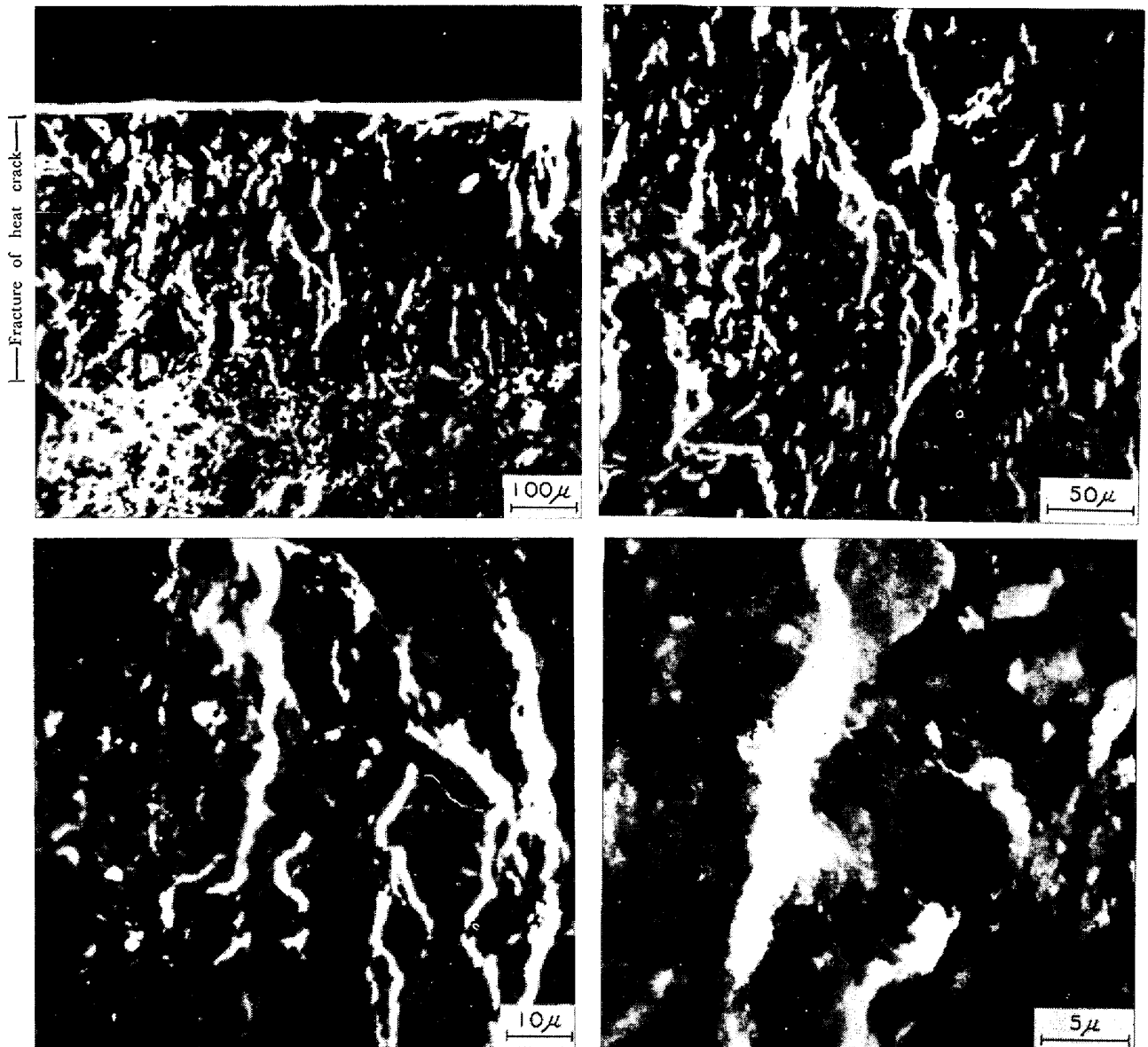


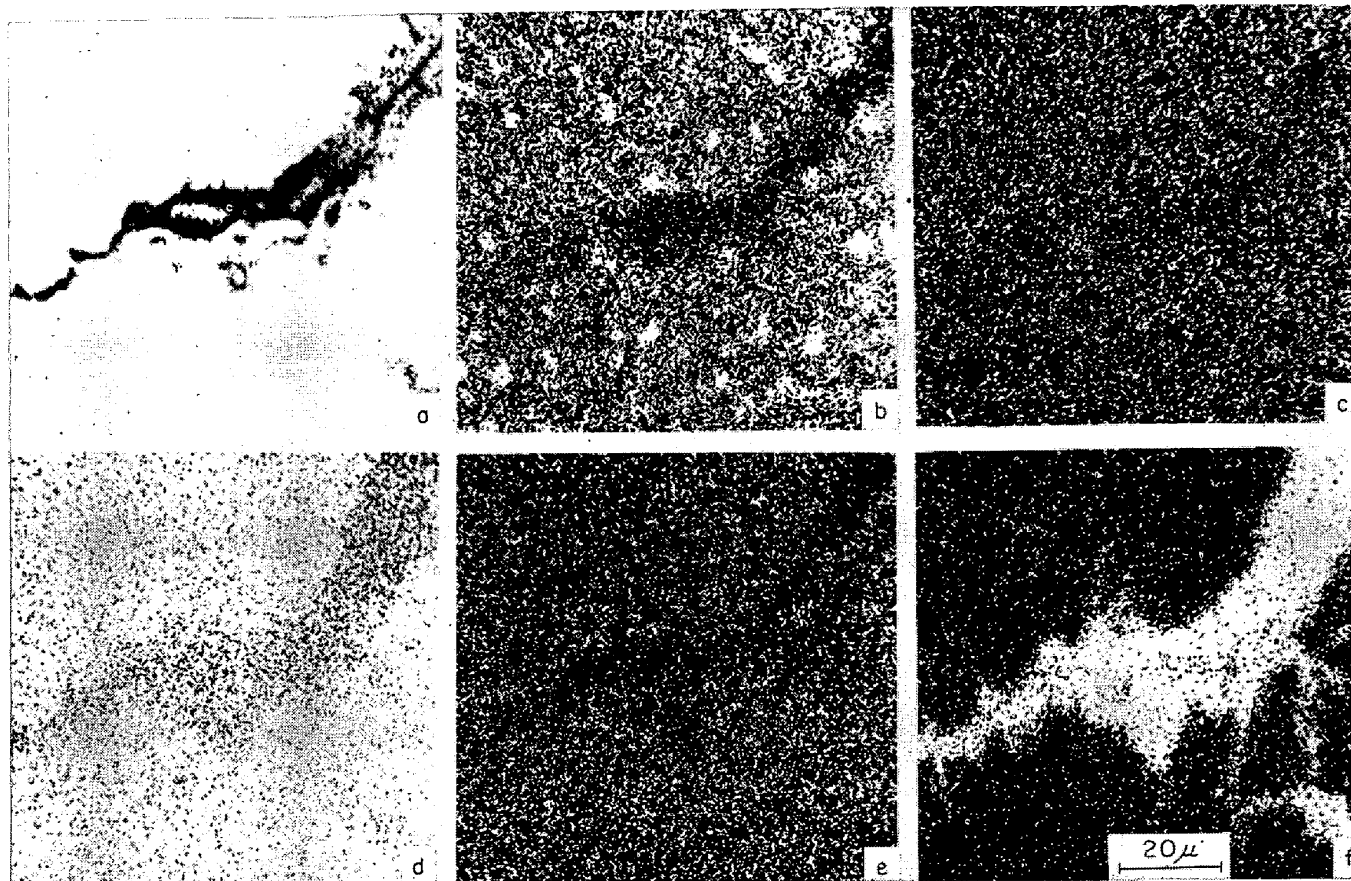
Photo. 8. Secondary electron images of the fracture surface of a crack in the banding zone.

EPMA による分析結果をPhoto. 9, 10 およびFig. 3 に示す。Photo. 9, Fig. 3 に示したのはクラック内のスケールの分析結果である。Photo. 9 に示した EBS 像 (electron beam scanning image) で酸素の X 線像がスケールの存在位置に相当するが, Cr, Mn, Si の X 線像と比較すると Cr, Mn, Si がスケール/鋼の境界からスケール内に相当入った位置まで分布していることが明らかである。Fig. 3 に示した線分析はPhoto. 9 と同一場所の分析結果であるが, スケールの中心部で Mn が多くなっているのに対し鋼/スケールの境界近傍のスケール中には Cr, Si が鋼中の濃度と同程度だけはいつていることが認められる。Fig. 3 で Cr が富化している場所は炭化物の存在している場所である。

このような Cr, Mn, Si の元素分布は鋼の高温酸化時

に生成するスケールの元素分布と同じであり, クラック内のスケールはクラック生成後にロールの表面温度が上昇することによって酸化が起こった結果生成したものと考えられる。

Photo. 10 に示したのはロールの表面に存在するスケールの EBS 像であるが, スケール中の Cr, Mn の分布を見るとPhoto. 9 に示したクラック内のスケールに比べスケール中の Cr, Mn の濃度はロールマトリックス中の濃度よりも低いことがわかる。クラック内で酸化が起こると考えられるのであるからロール表面でも当然酸化が起こると考えられるが, Photo. 10 に示したスケール中の元素分布から考えて表面のスケールは外部から付着したものが大部分であると判断される。おそらく田部ら<sup>3)</sup>の指摘しているようにロールの表面ではスケールの付



a : back scatter electron, b : CrK $\alpha$ , c : SiK $\alpha$ , d : FeK $\alpha$ , e : MnK $\alpha$ , f : OK $\alpha$ .

Photo. 9. Electron scanning images of the scale in a crack observed in the normal surface zone.

着，剝離がくり返し起こっているため酸化によつて生成するスケールが安定に存在できないのであろう。

#### 4. 考 察

ロール表面に生ずる肌荒れの発生機構として今までに考えられたことは、C. E. PETERSON<sup>6)</sup>のスケールピックアップ機構を除けばロール表面層からの脱落物<sup>1)3)7)9)</sup>とか圧延材表面のスケール<sup>9)</sup>とかの硬い物質によつて削られるということが共通している。本研究ではバンデングはピット状凹みと浅い比較的大きな凹みの密集であり、バンデング部の大部分の面積を占めたバンデングの特徴であることが判明した浅い凹みは硬い物質によつて削られることによつて生成したことを明らかにした。このことは従来から考えられている硬い物質によつて削られることによつて肌荒れが進展するという考え方に一致する。C. E. PETERSON<sup>6)</sup>の報告しているスケールピックアップによる肌荒れはバンデングの形態から考えて生じているとは考えがたい。

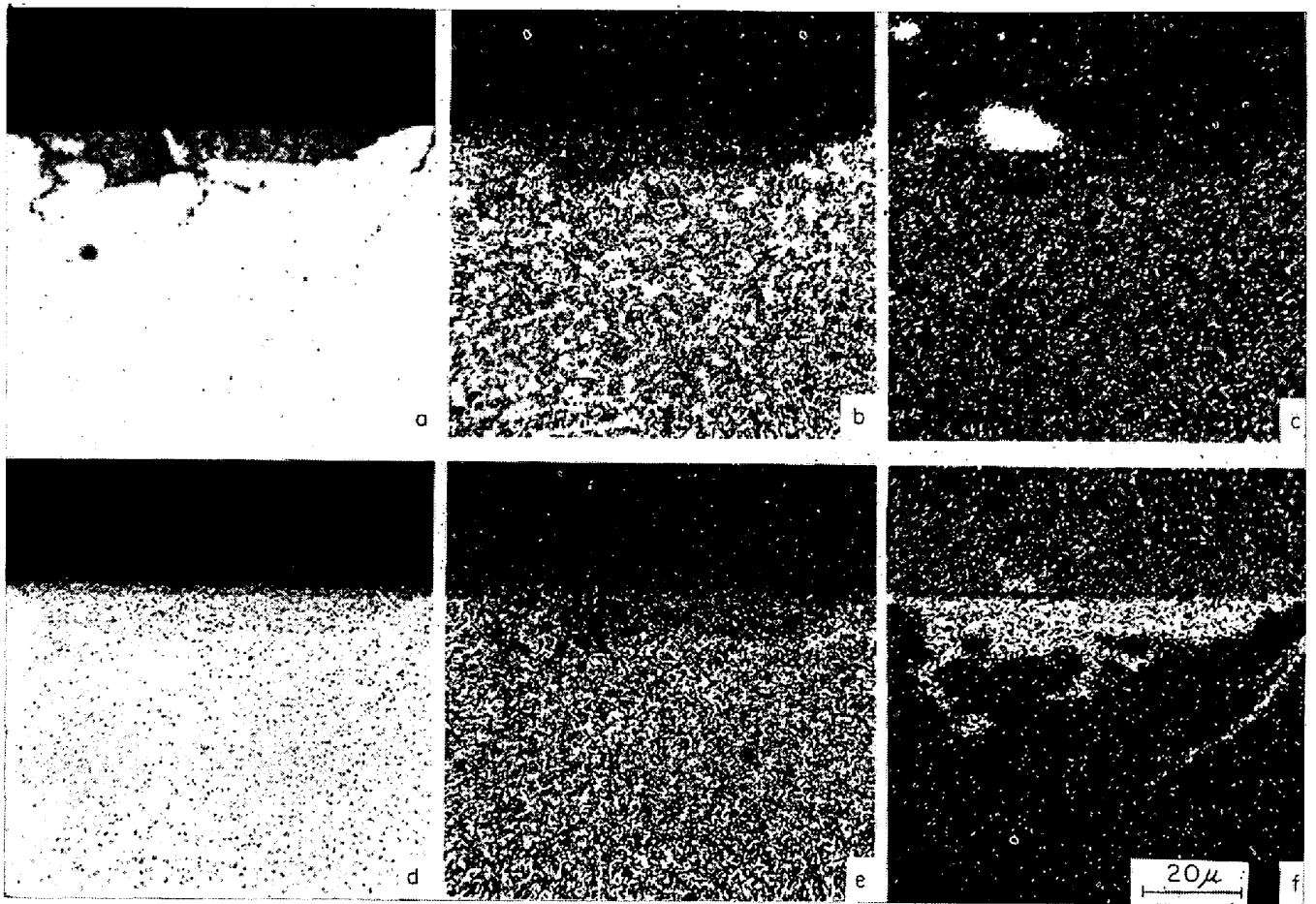
肌荒れの起点として、W. J. WILLIAMS<sup>1)</sup>は鑄鉄系ロールで新山ら<sup>3)</sup>は鑄鋼系ロールでそれぞれロール表面下に形成される表面に平行なクラックに関連したロール表層

部の崩壊を報告しているが、本調査では平行クラックは数例観察されたのみで数はきわめて少なく、供試ロールのバンデングが平行クラックによる表面層の崩壊で生じていることは観察されなかつた。

田部ら<sup>7)</sup>はロールの軸方向のクラック上またはその交点を起点とする肌荒れを報告しているが、バンデング部の特徴である浅い凹みはPhoto. 2, 6からわかるようにクラックの間隔に比べると大きく、凹みがとくにクラックの近傍から始まっていることは認められなかつた。

ロール表面に存在する深い欠陥すなわちピット状凹みは熱亀裂と巨大なセメントイトが原因となつてロール表層部が脱落することによつて生成したと考えられる。巨大セメントイトは熱亀裂の発生地点となりやすくクラックの伝達を早める作用を有することが報告<sup>8)7)8)</sup>されており、本調査でもロール表層部の巨大セメントイトの場所にはクラックが生じていることが観察されている。

ロール表面を削り浅い凹みを生成させる物質としては硬いセメントイトを含むロール表層部の脱落物とスケール中のFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>が考えられる。ロールの表面温度は最高600°C位と報告<sup>8)11)</sup>されており、これ以上に上昇する可能性も考えられるのでセメントイトはもちろんのことである



a : back scatter electron, b : CrK $\alpha$ , c : SiK $\alpha$ , d : FeK $\alpha$ , e : MnK $\alpha$ , f : OK $\alpha$ .

Photo. 10. Electron scanning images of the scale at the surface in the zone covered with scales.

が、圧延材のスケールを構成している  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  も十分ロール表面を削る能力を有すると判断される。しかるに圧延材表面のスケールはバンデングのみならず正常部とも接触しているのであるから、肌荒れの原因を圧延材表面のスケールだけとすることはできないが肌荒れを促進する物質としてスケールを考えに入れておく必要がある。

バンデングとロール表面に付着しているスケールとの間には直接の関係が認められないことを述べた。このロール表面のスケールの成因については、田部ら<sup>7)</sup>の考えに一致して圧延材のスケールが付着したものと判断される。生成原因を判断する場合、 $\text{FeO}$  の存在の有無によつて、ロールの酸化か否かを判断されている場合があるが<sup>8)</sup>  $\text{FeO}$  は  $570^\circ\text{C}$  以下では  $\text{Fe}$  と  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  に共析分解する<sup>12)</sup>ので、長時間使用したロール表面のスケール相の同定から成因を判断すべきでないと考えられ、スケールの元素分析によつて行なうべきであると考えられる。

## 5. 結 言

和歌山製鉄所熱延工場の仕上スタンドで使用されたア

ダマイト系ワークロールに生じたバンデングを中心として、ワークロールの表面層を観察し次のような結果を得た。

(1) ロール表面に存在する欠陥は亀甲状のクラック、浅い大きな凹み、ピット状凹みである。

(2) 亀甲状クラックはロール全面に観察され、破面観察から、熱疲労によつて生成したことが判明した。

(3) バンデングは浅い大きな凹みとピット状凹みの密集である。大部分の面積を占めるのは浅い大きな凹みでこの凹みがバンデングの特徴といえる。

(4) 大きな浅い凹みの表面は硬い物質で削り取られた形状を呈しており、表面が削り取られて生成したものと推定できる。物質としては、高温硬度測定結果から硬いセメントイトを含むロール表層部の脱落物と圧延材表面のスケールを構成している  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  が考えられる。

(5) ピット状凹みは、バンデングのみならず、正常部にも認められ、熱亀裂および巨大炭化物が原因となつてロール表層部が脱落してできたものと考えられる。

(6) ロール表面に付着しているスケールとバンデング

グとの間には関係が認められない。付着スケールは、 $Fe_3O_4$  で圧延材のスケールが付着したものと考えられる。

文 献

- 1) W. J. WILLIAMS: Iron Steel, 35(1962)8, p.372
- 2) F. H. ALLISON: 1956 AISE Proceeding, p. 480
- 3) 新山, ほか: 日立評論, 47 (1965), 9, p. 85
- 4) G. SACHS, et al.: Iron Steel, 34(1965), 12, p. 71
- 5) 河原: 鉄と鋼, 56 (1970), 4, p. 279
- 6) C. E. PETERSON: Iron Steel Eng., (1956), 12, p. 98
- 7) 田部, 鈴木: 日本製鋼所技報, No 26, p. 3024
- 8) 添野, ほか: 日立評論, 50 (1968) 6, p. 63
- 9) R. V. WILLIAMS: JISI, (1965), 4, p. 369
- 10) 有村, ほか: 鉄と鋼, 56 (1970), 4, p. 283
- 11) 新山, ほか: 日立評論, 日研 30 周年記念論文集, (1964), 11, p. 122
- 12) 白岩, 松野: 鉄と鋼, 51 (1965) 11, p. 2158, 住友金属, 19 (1967), 1, p. 33