

技術報告

冷間圧延用作用動ロールの寿命についての考察*

池 高 聖**・野 原 薫**

Some Considerations on the Life of Work Rolls for Cold Rolling

Satoshi IKETAKA and Kaoru NOHARA

Synopsis:

The life of work rolls for cold rolling has a very important role on productivity.

Factors affecting the life of the work rolls are considered in three categories; (1) resistibility to cracking, (2) thickness of the hardened layer, and (3) resistibility to spalling.

The results of this investigation are as follows; (1) The frequency of the "burning" when the strip was broken reaches 13.5% of the total times of roll changing, and the sum of ground thickness attributable to the cause of burning amount up to about 70% of the total ground thickness. (2) The improvement of the quality of rolls by changing the chemical composition and the heat treatment resulted in the reduction of the average grinding loss to 60% and the increase of rolling tonnage to twice. (3) The roll with thicker hardened layer shows better rolling tonnage and good surface quality of strip and button marks, nonmetallic inclusions, dendrite structure, etc. are minimized. (4) The spalling phenomena of rolls are different by the type of the rolling mill. Band-type fatigue fracture is chiefly seen in cold rolling and in rather large diameter roll, and on the other hand, shell-type fatigue fracture is seen in temper rolling and in small diameter roll. Moreover, the spalling occurs easily in winter and especially in thermally by unequivalent conditions when the roll is warmed up in operation and when the roll is cooled down after operation.

(Received Oct. 19, 1970)

1. 緒 言

最近の冷間圧延機はミルの高速化, ミルの大型化, さらに自動化の面で長足の進歩を示している. しかしこの進歩の過程の中でロールの果たした役割は非常に大きく, 特にロールの品質の向上, 寿命の延長, コストの低下はめざましいものがある.

ロールの寿命に及ぼす要因として

- (1) 耐事故性(耐焼付性)の良否
- (2) 焼入硬化層の深さ
- (3) チル剝事故の有無

の3点が考えられる.

著者らはロール使用上の立場からロール使用時の各種データの解析, ならびに機械的性質, 冶金的性質の調査を行ない, ロールメーカーの協力のもとに各種耐事故性ロールの開発, 圧延テストを行なってきたのでその結果について報告する.

2. 調査方法

2.1 調査対象ロール

調査対象ロールは主として板厚 2.0~3.0 mm, 0.05~0.12% C の極軟鋼コイルに 60~90% のリダクションを与える冷間圧延用作用動ロールであるが, 数%の伸びを与える調質圧延用作用動ロールも含む. なおロール寸法は Table 1 に示す.

2.2 解析方法

これらのロールは通常の摩耗組替時の圧延実績の調査をはじめとして事故発生の都度ロール事故記録表を作成し圧延条件, 圧延履歴, さらにナイトル腐食試験, 硬度測定, 顕微鏡観察などにより事故の究明を行なってきたものの記録結果より, 事故発生原因とその分類, 事故の発生頻度ならびに特徴などを解析した.

* 昭和45年10月19日受付

** 東洋鋼板(株)下松工場

Table 1. Dimensions of rolls.

| Mill type | Rolling speed | Roll dia. × length (mm) |
|---|---------------|-------------------------|
| 4-high 5-stand tandem cold reduction mill | 1 360 mpm | 533φ × 1 422 |
| 4-high single stand temper-rolling mill | 505 | 495 × 1 422 |
| 4-high 2-stand tandem temper-rolling mill | 1 520 | 533 & 584 × 1 220 |
| 4-high 2-stand tandem cold reduction mill | 605 | 533 × 1 220 |

3. 調査結果と考察

3.1 耐事故性(耐焼付性)について

3.1.1 事故の発生状況

冷間圧延時に発生する事故には大別して(イ)材料不良(溶接不良,同溶接部フラッシュトリミング不良,カキ疵,へげ疵,巣,スケール疵,過酸洗,耳手,不良,耳切れ,パイプ,厚み不同,押え跡疵,耳折れ,つぶれなど),(ロ)圧延ミス(通板絞り,尻抜絞り,テンションロス,操作ミス,圧延絞り,バランス不良,減速遅れなど),(ハ)品質欠陥(ヒゲマーク,ボタンマーク,絞りマーク,ロール疵,スリップ,摩耗,補強ロールのチル割,作動ロールのチル割・クラック,筋,再発マーク,介在物,

組込疵など),(ニ)その他(定期サイズ変更,作動ロール定期総替,電気事故,機械事故,計器事故,ロール再研摩など)がある. Fig. 1に組替原因別の研摩量と発生率を示す. このうちコイル切断による焼付事故はロールの研摩量が 1.96 mm/回 と非常に高く(通常平均研摩量は 0.37 mm/回),かつ事故の発生率(13.5%)ならびに損失研摩量の占有率(69.7%)も高く,ロールの寿命を著しく低下させるいちばん大きな要因となつている. また絞りマークによる事故は使用1回当たりの研摩量は小さい(0.09 mm/回)が,事故の発生率が高く(34%)したが損失研摩量の占有率は8.1%と比較的高く,ロールの寿命を低下させる第2の要因となつている. 正常な使用状態である摩耗組替,定期サイズ変更組

替は,ロール寿命を低下させる要因として3,4番くらいに位し研摩量の占有率もおおの7.7%,5.2%となつている.

以上のように組替の原因別研摩量から判断しても切断事故などの発生したときに耐焼付性のよいロールの開発が望まれるわけである.

3.1.2 焼付により発生するクラック,またはチル割の発生機構^{1)~3)}

焼付により発生するクラック(チル割)は圧延中のコイルの絞り込みによる焼付時に発生する熱でロール表面が局部的に焼戻され,マルテンサイトがトラスタイトへと組織変化し,そのとき生ずる比容積変化が焼付クラックの発生する原因と考えられており,さらにロールの残留応力および外的な熱衝撃が付加的に作用することによりチル

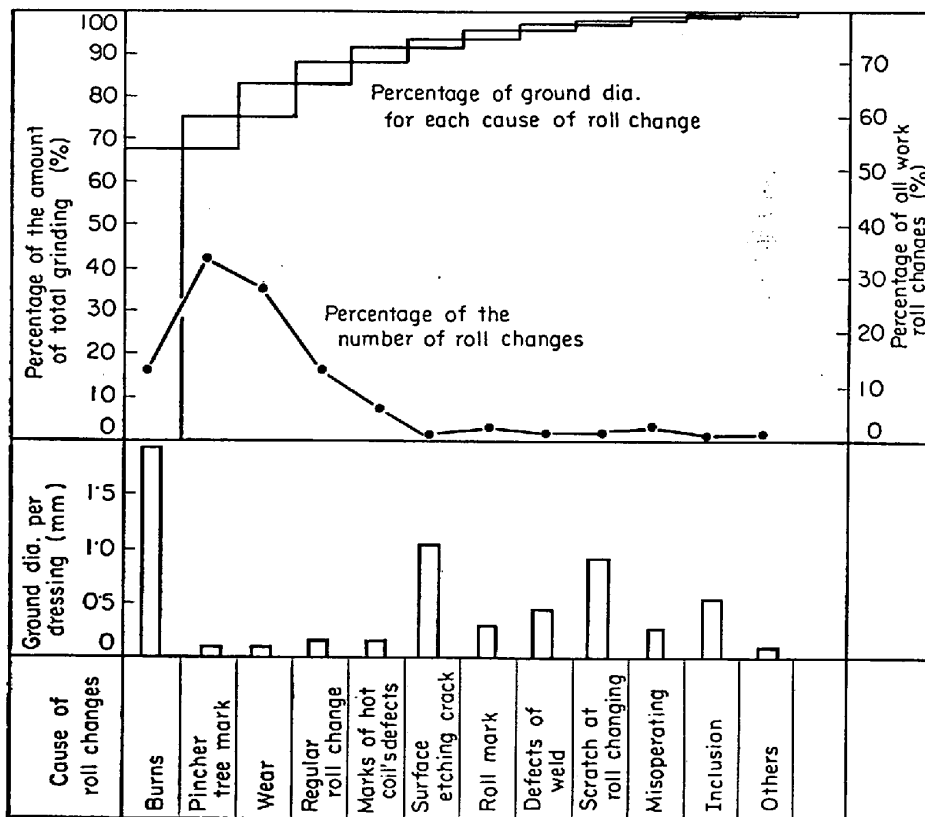
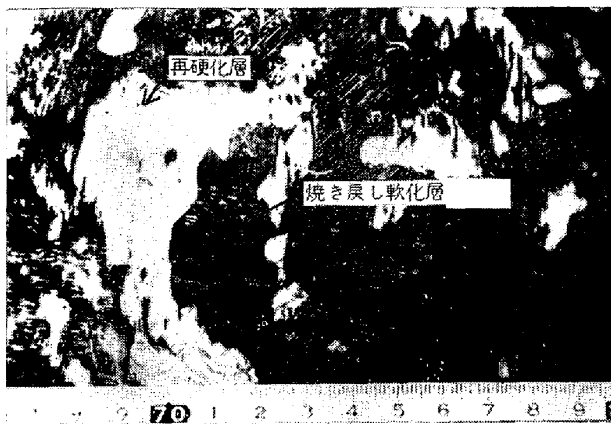


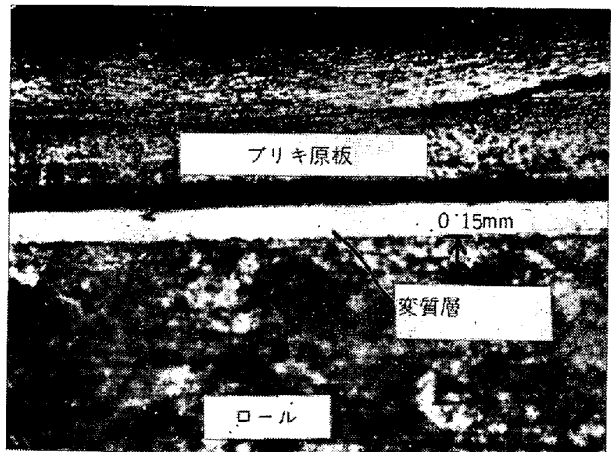
Fig. 1. Relationship between causes of roll changing and ground dia. per each dressing or percentage of the number of roll changes.



(a) Appearance of the burnt strip.



(b) Appearance of the transmuted layer and micro-cracks.



(c) Cross-section of the transmuted layer.

Photo. 1. Micro-cracks and the transmuted layer on roll surface caused by the burning.

剝を発生するものと考えられている。Photo. 1 にその破壊例を示す。この写真(b), (c)でわかるように、焼付発生部は高温加熱、急冷により再硬化層となり、その周辺に焼戻し軟化層が発生している。

したがって、耐事故性の向上を計るためには、(イ)材料の熱膨張係数が少ないこと、(ロ)材料の高温降伏強さ

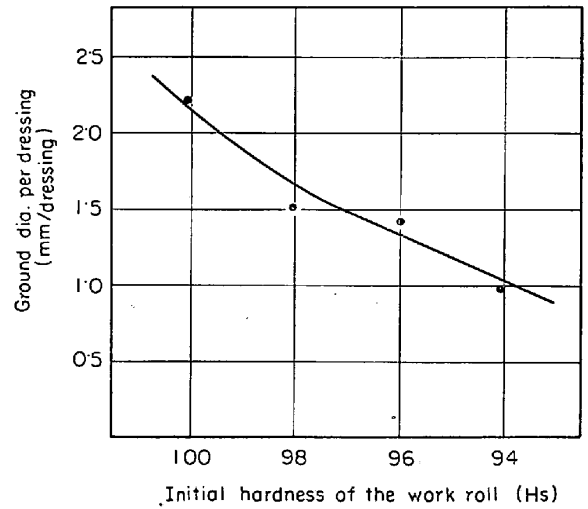


Fig. 2. Relationship between initial hardness and the ground dia. of burnt rolls.

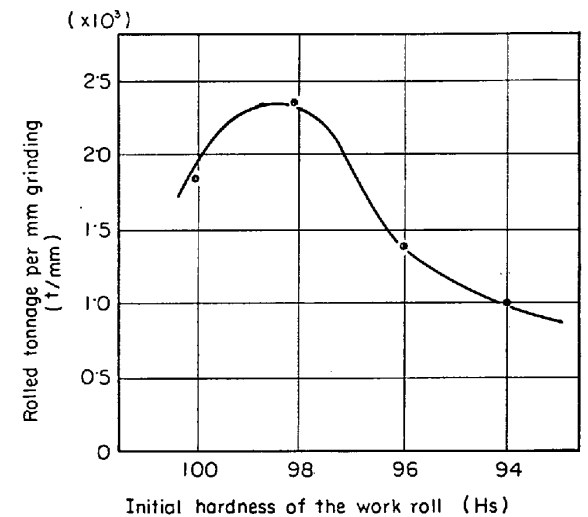


Fig. 3. Effect of initial hardness of the work roll on the rolled tonnage.

が高いこと、(ハ)焼戻し収縮量の小さいこと(組織が均一なこと)、(ニ)表層の残留応力(圧縮応力)が小さいことなどが加味されたものでなくてはならない。

また、一般的にロール表面かたさと耐事故性の関係については、表面かたさが低いほど耐事故性がよい。Fig. 2 はタンデム仕上スタンドにおける同一時期に使用した多数のロールについて、初硬度 Hs 100 前後のグループ、初硬度 Hs 98 前後のグループ、初硬度 Hs 96 前後のグループおよび初硬度 Hs 94 前後のグループについて、ロールの焼付発生時の1回当たり平均修正研磨量の実績を示したものであるが、前述のように低硬度のほうがよい成績を示していることがわかる：これは主として熱処理の影響によつて生ずるロール表層の残留応力の差によるものと考えられている。

ただし、このように表面かたさを下げることは耐事故性改善の1つの方向ではあるが、これでは耐肌荒れ性、耐摩耗性が劣り、Fig. 3に示すように圧延成績が低下するので、根本的な改善にはならない。

以上のような解析結果から、耐事故性のよいロールを開発するため、ロールメーカーから化学成分（主としてCr, Mo, VあるいはCoなど）および熱処理を改善した試作ロールの供給をうけ、各種圧延テスト、調査を行なった結果、硬化深度、耐摩耗性、顕微鏡組織、デンドライト模様などの点ですぐれ、しかも同時に耐事故性が大幅に改善されたロールの開発がすすみ、これがひろく入手可能となった。

以下これらのロールの性能を紹介する。

3.1.3 耐事故性ロールの硬化深度、および化学成分

この耐事故性ロールの硬化深度曲線の一例をFig. 4に示す。本ロールは硬化深度が十分大きく、内部に入ってもかたさの低下が少ない、腰の強いロールといえることができる。

現在A, B, Cの3つのタイプのロールが試作されテスト中であるが、これらは使用上おのおの特徴があり、冷間圧延用としては焼付事故発生が多いためCタイプロールが効果的であり、調質圧延用としては耐摩耗性およ

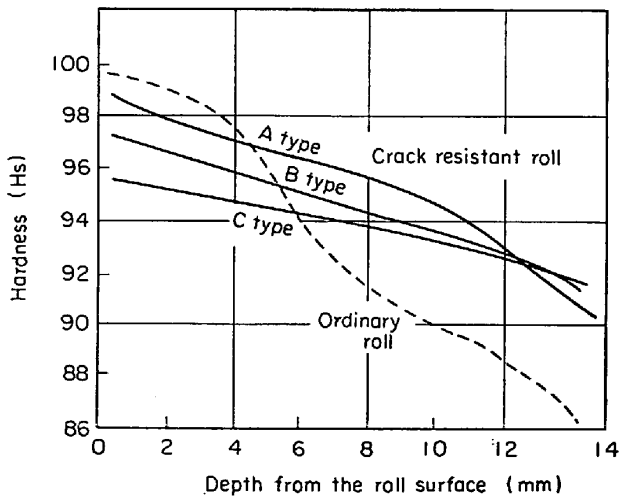


Fig. 4. Hardness distribution of the crack resistant roll compared with the ordinary roll.

び表面品質上の点よりAタイプのロールが好ましい。

Table 2に耐事故性ロールの代表的化学成分を示す。

A社の耐事故性ロールは、Si, Cr%がそれぞれ増加されたものであり、Siは耐熱元素として耐熱効果を高めるとともに耐クラック性に効果があり、Crは焼入深度を改善し、焼戻し収縮量を少なくし、結果的には残留応力を低減するのに効果がある。

B社の耐事故性ロールは、Mo, V, Coなどが増加されており、CoはSiと同様耐クラック性に効果を有し、Moは焼入性をよくするとともに脆性を阻止するために増加されたものであり、Vはオーステナイト結晶粒度を微細化する効果を有している。

耐事故性ロールについては現在も各ロールメーカーによりいろいろ開発され、試用している段階であるが、現段階では決定的なものはなく、それぞれの用途に応じて使いわけらるべきであろう。

3.1.4 耐事故性ロールの顕微鏡組織およびデンドライト模様

この耐事故性ロールの電子顕微鏡組織写真の一例を普通ロールのそれと比較してPhoto. 2に示す。本ロールは微細炭化物の増加およびマルテンサイトの微細化がはかられていることがわかる。

Photo. 3に耐事故性ロールのデンドライト模様を示す。デンドライト模様は写真(b)のように微細になっており、このため耐摩耗性に好結果を与えていることが判明した。

3.1.5 耐事故性ロールの圧延成績

Table 3は耐事故性ロールの使用実績の一例である。この結果によれば1mm当たり圧延t数は40%向上し1回当たり焼付研削量は55%減少している。

さらに通常の摩耗組替時のみの圧延成績をTable 4に示す。

この表よりわかるように、耐事故性ロールは、成分および熱処理の改善により耐事故性が向上するのみでなく、耐摩耗性、耐肌荒れ性がすぐれており、さらに圧延した製品の表面性状も良好なため摩耗組替の圧延成績

Table 2. Chemical compositions (%).

| Roll type | C | Si | Mn | P | S | Cr | Mo | V |
|--------------------------------|------|------|------|-------|-------|-----|------|------|
| A maker's ordinary roll | 0.90 | 0.30 | 0.26 | 0.014 | 0.010 | 2.3 | 0.33 | — |
| B maker's " | 0.82 | 0.35 | 0.40 | 0.010 | 0.017 | 2.2 | 0.25 | 0.07 |
| A maker's crack resistant roll | 0.61 | 0.61 | 0.28 | 0.014 | 0.010 | 3.0 | 0.31 | — |
| B maker's " | 0.85 | 0.33 | 0.40 | 0.010 | 0.017 | 2.2 | 0.33 | 0.17 |



(a) Ordinary roll

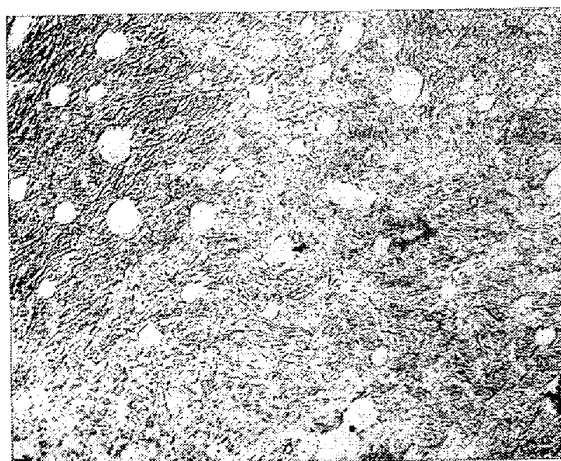
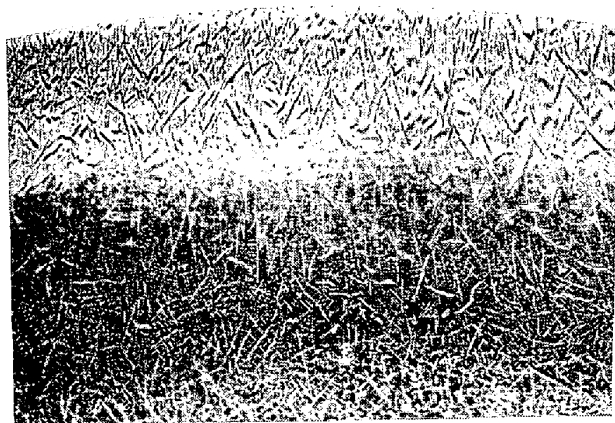
(b) Crack resistant roll $\times 5000$ (6/7)

Photo. 2. Electron microscopic structure of the crack resistant roll compared with the ordinary roll.



(a) Ordinary roll

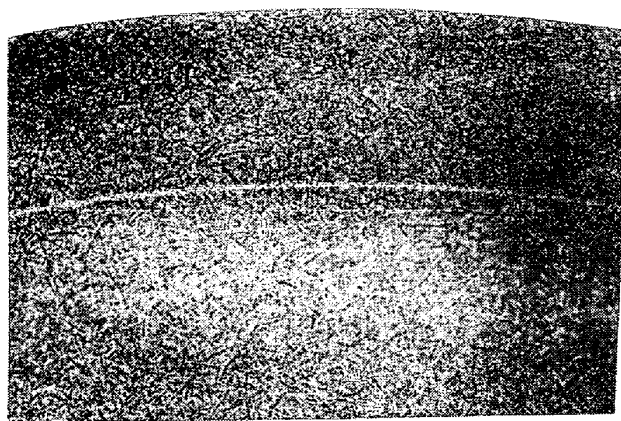
(b) Crack resistant roll $\times 1$ (3/4)

Photo. 3. Dendrite structure in section of the crack resistant roll compared with the ordinary roll.

Table 3. The result of cold rolling with the crack resistant roll.

| Roll type | Numbers | t/mm | Ground dia. per dressing |
|----------------------|---------|---------|--------------------------|
| Ordinary roll | 54 | 1 230 t | 2.29 mm |
| Crack resistant roll | 23 | 1 760 | 1.29 |

Table 4. The result of cold rolling with the crack resistant roll in case of only wearing.

| Roll type | Numbers | t/mm | Rolled tonnage per grinding t/time |
|----------------------|---------|---------|------------------------------------|
| Ordinary roll | 86 | 2 410 t | 433 |
| Crack resistant roll | 62 | 5 040 | 694 |

は、従来の普通ロールに比較して $t/\text{回}$ で 1.6 倍、 t/mm で 2 倍の向上を示している。

3.2 焼入硬化層について

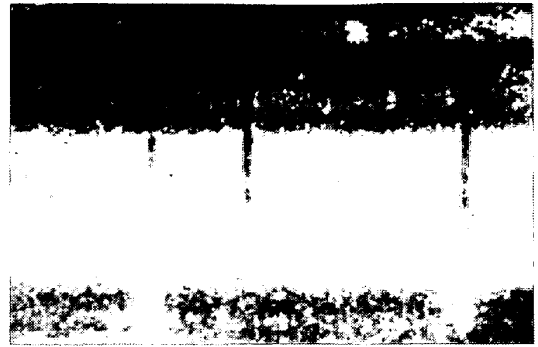
ロールの寿命におよぼす要因として、次に焼入硬化層の問題が取り上げられる。すなわち、ロールが初径より何 mm まで圧延上、表面品質上支障なく使用可能かということが問題であり、以下焼入硬化深度と各種表面品質上の問題を取り上げて述べる。

3.2.1 ボタンマーク

冷間圧延時発生するボタンマーク（ストリップ表面にボタン状に小さく散在する疵で、その部分は凸部になっているもの）は、ロール径の減少および硬度の低下にともない増加し、電気メッキぶりきのような表面性状のシビヤな要求のものについては、ロール硬度 Hs 92 以下では不良で、長期使用に耐えない傾向が見られる。Fig. 5 にその傾向の一例を示す。これはロール径の減少にともなう硬度低下および組織の劣化により、異物圧入時にロール表面に凹状の疵が入りやすいために生ずるものである。

3.2.2 介在物

一般にロール表面に発生する介在物は、冷間圧延において介在物を起点として Photo. 4 に示すようなスリッ



× 1

Photo. 4. Slip mark on the strip caused by the inclusion.



× 1

Photo. 5. Inclusion mark on the tinplate.

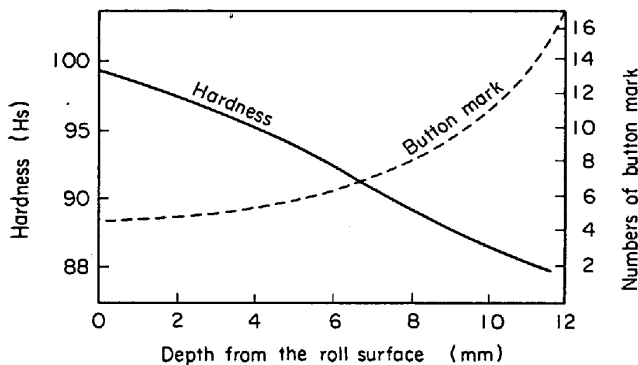


Fig. 5. Relationship between hardness and occurrence of button marks.

プ疵発生の一因となり、また調質圧延においては原板表面に押え跡として現われる。すなわち電気メッキ後は押え跡の周辺の光沢が異なり、Photo. 5 に示すような斑点模様として表われ、表面品質を著しく低下させる。

介在物のロール内部方向の発生状況については、表面から径で $-70\text{ mm} \sim 80\text{ mm}$ の範囲内は大差ないという説と内部になるにしたがい大きさ、個数が増加するという2つの説があるが、Table 1 の圧延機での使用範囲（ロール表面より径で 50 mm 程度）では、問題になるような介在物は最近ではほとんど発生を見ない状況である。

3.2.3 デンドライト模様

Photo. 6 で見るごとく、ロール表面よりの深さが大き

くなるほど、デンドライト模様の長さおよび幅が大きくなる傾向がある。

デンドライト模様の出現は、特に電気メッキぶりきのように表面性状のシビヤな要求のものについては、圧延製品の局部的厚み不同をもたらし、メッキ後の製品にそのままの模様として現われ、ぶりきの品質を低下させるので、冷間圧延の仕上ロールには、径の小さい低硬度ロールおよびデンドライト模様の大きいロールは、その使用をさげなければならない。

Fig. 6 は、低硬度ロールが高硬度ロールに比べ、デン

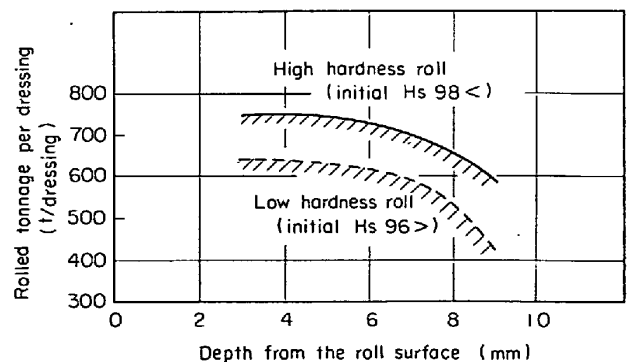
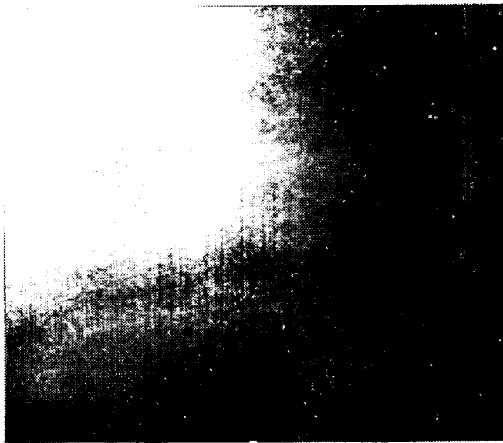
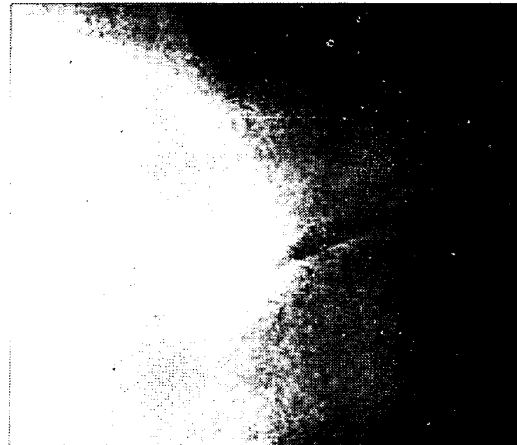


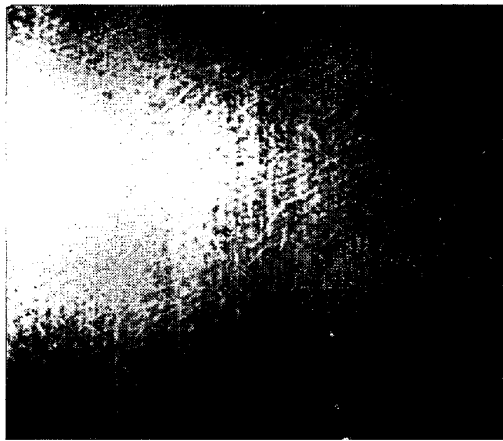
Fig. 6. Difference of maximum rolled tonnage in hardness rolls, due to developed dendrite structure.



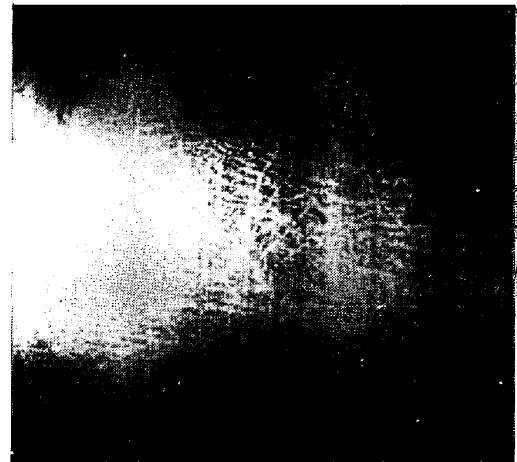
12.5mm from the surface



15mm from the surface



20mm from the surface



25mm from the surface

× 1

Photo. 6. Dendrite structure at each distance from the work roll surface.

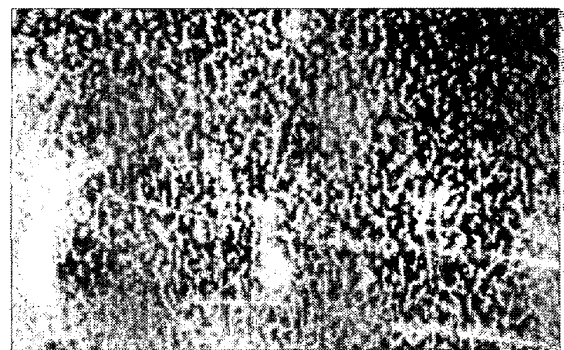


× 1

Photo. 7. Dendrite structure of the work roll surface.

ドライト模様で品質上問題となる時期が早いことの一例を示したものであり、Photo. 7, 8 はそれぞれロール表面およびブリキ板表面に現われた光沢むらのデンドライト模様を示す。

最近では、耐事故性ロールの項でも述べたように、製鋼、造塊技術の進歩により、径小にいたるまでデンドライト模様の発生は少なくなっている。



× 1

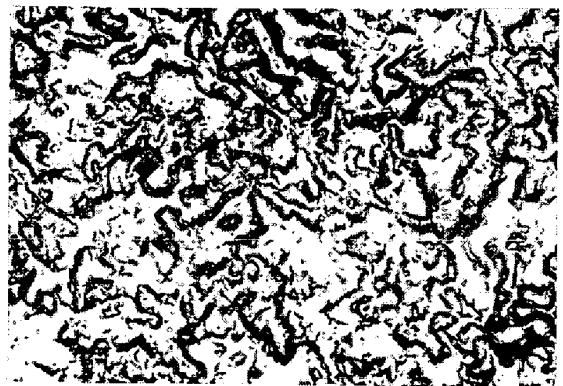
Photo. 8. The printed dendrite structure on the tinplate surface.

3.2.4 摩 耗

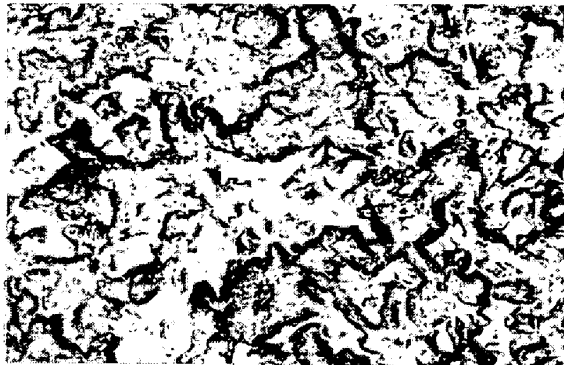
ロールの摩耗は一般に硬度と組織に大きく左右され、低硬度および不完全焼入・焼戻し組織になるにしたがい早くなる傾向がある。このことは粗度の荒いロールにおいて容易に確認することができる。たとえばFig. 7, 8 および Photo. 9 に示すようにダルの加工性は低硬度ロールほどよいにもかかわらず、低硬度ロールほど圧延



(a) After 10t rolled



(b) After 20t rolled



(c) After 50t rolled



(d) After 100t rolled $\times 100 (5/5)$

Photo. 9. Worn surface of the dull roll after temper rolling.

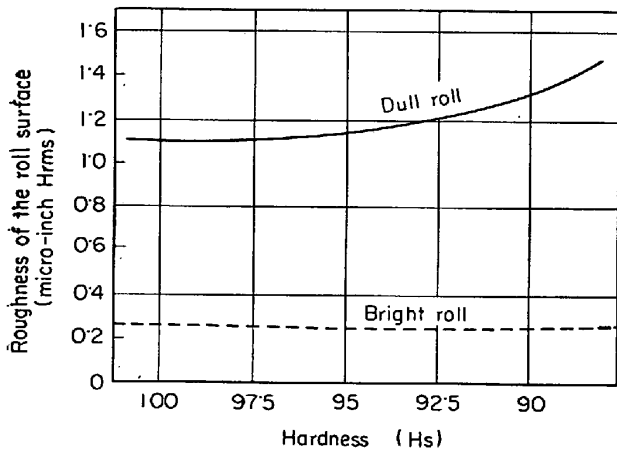


Fig. 7. Relationship between hardness and roughness of the work roll surface.

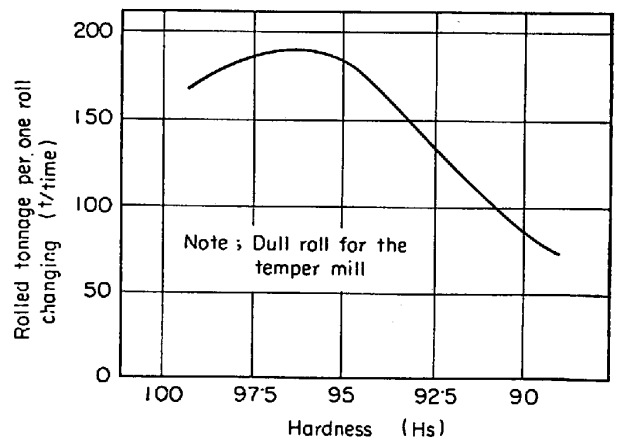


Fig. 8. Relationship between hardness and rolled tonnage per one roll changing.

時のダルの摩耗は早い。砥石加工ロールでは、グリット加工ロールほど研削性および圧延時の摩耗過程は顕著ではないが、低硬度になるほど光沢がにぶくなり、肌荒れを起こしやすい傾向がある。

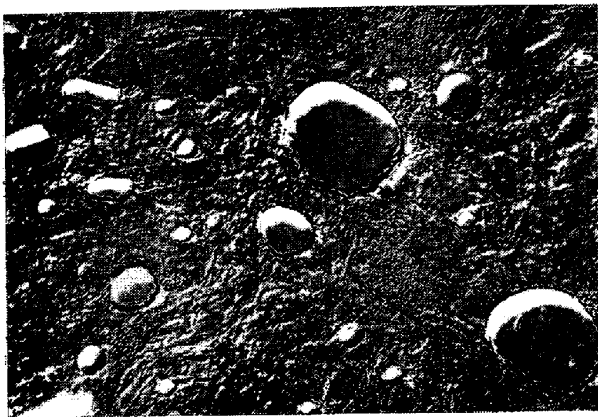
耐摩耗性を改善するため、化学成分の検討が種々行なわれているが、炭化物形成元素としての Cr, Mo の増加およびマトリックスの強化元素としての Co, Si などが効果があるといわれているが、摩耗の評価が複雑であるだけに今後の研究に期待したい。

3.2.5 組織と圧延性⁴⁾

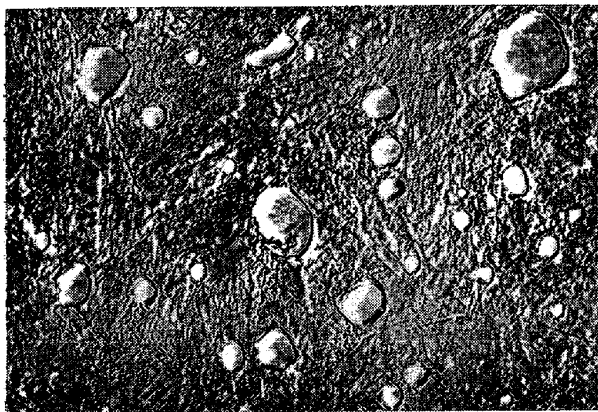
ロールは径小になるにしたがい、Photo. 10 に示すように球状化炭化物が減少または不定形化し、軟質なペーナイト組織が現出してくる傾向がある。こうしたロールは(新品時でも起こりうるが)、必要以上の圧延圧力を与えても、規定板厚に仕上げることは困難である。

なお、良、不良ロールの伸びの差は、パス回数が増加し圧延材が加工硬化を受けるにつれ顕著となる。

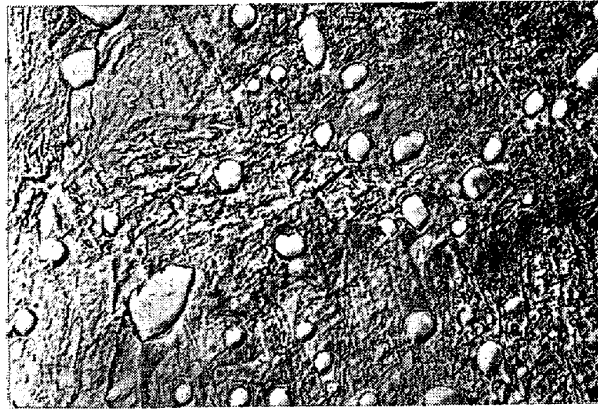
Photo. 11 に圧延性の良好なロールと不良なロールの



(a) 3 mm from the surface



(b) 6 mm from the surface



(c) 10mm from the surface

Photo. 10. Electron microscopic structure of the spheroidal carbide.

電子顕微鏡組織写真の一例を、Fig. 9 に良、不良ロールでの圧延時のスクリュエダウンカウンターの変動状況の一例を示す。

以上のことを総合すると、ロール径に対する圧延成績の関係については、Fig. 10, 11 に示すように径の減少および硬度の低下に伴い圧延成績は劣下するので、焼入深度の深いことが要求される。したがって、径小になつても摩耗および圧延性を良好に維持するようなロールを

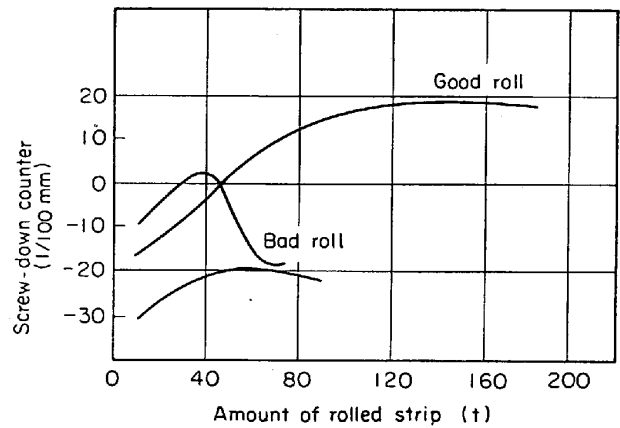


Fig. 9. The fluctuation of the screw-down counters during cold rolling.

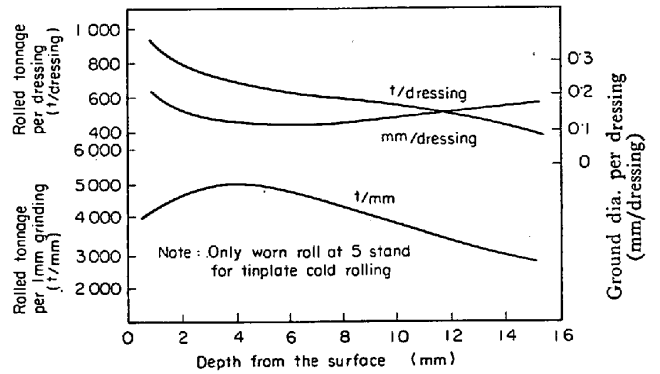


Fig. 10. Relationship between roll dia and cold rolling performance.

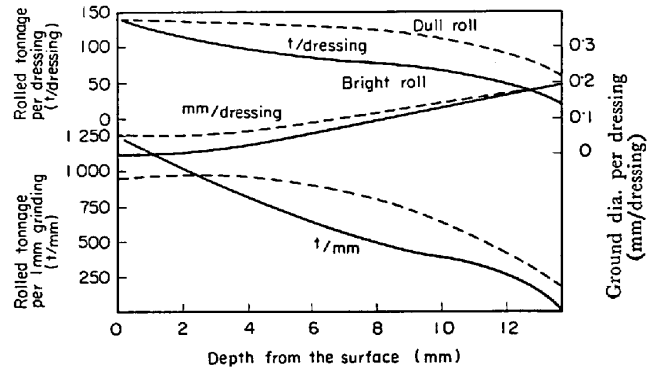


Fig. 11. Relationship between roll dia. and temper rolling performance.

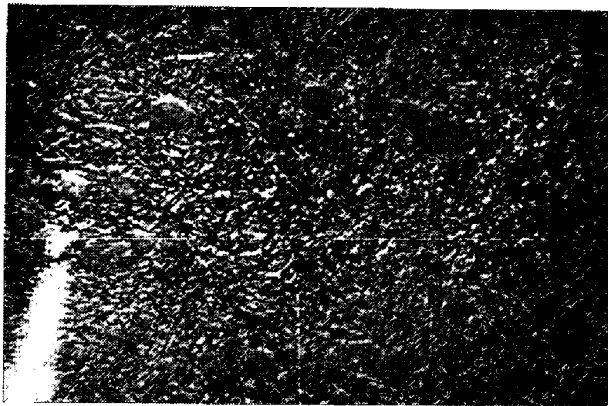
開発するために、組織の改善および熱処理技術の改善が大きな課題となる。

3.3 チル剥事故について⁵⁾

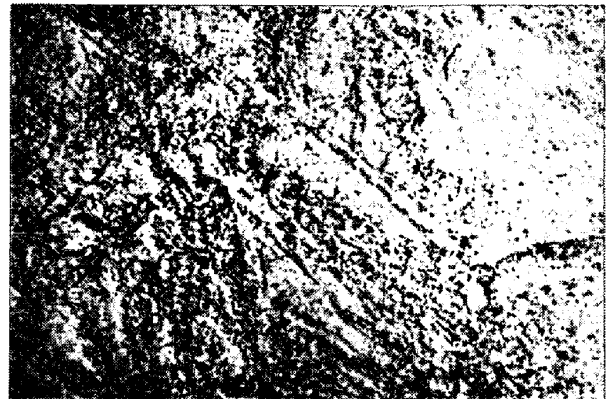
これまでロールの寿命におよぼす要因として、耐事故性、焼入硬化層について述べたが、次に件数は少ないが発生した場合には決定的なロール廃棄要因となるチル剥事故について述べる。

3.3.1 チル剥事故の分類

チル剥を発生原因別に分類すると、ほぼ次の4つの



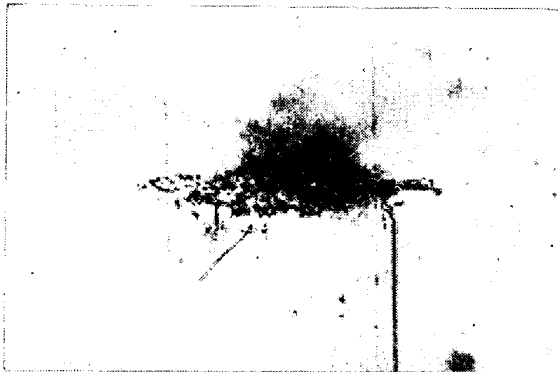
(a) Good roll



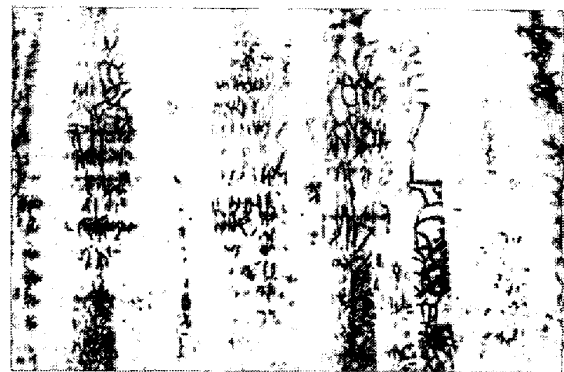
(b) Bad roll

× 5000 (3/4)

Photo. 11. Electron microscopic structure of the good structure roll compared with the bad roll.



(a) Non-metallic inclusion



(b) Micro-crack during grinding



(c) Crack caused by roll slip



(d) Crack caused by preceding burning



(e) Fatigue fracture caused by the rotationally repeated stress

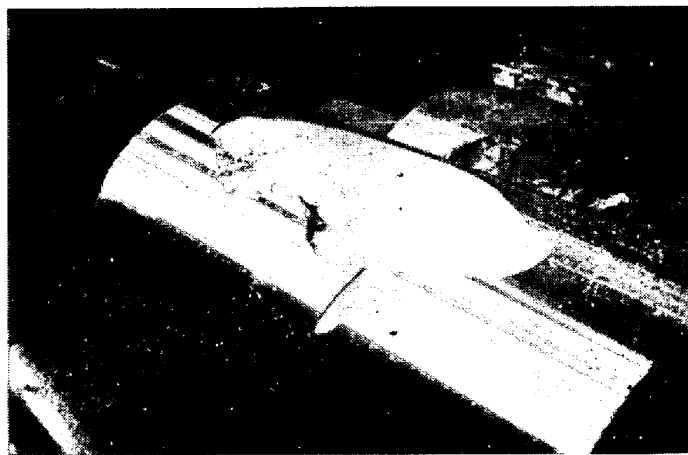


(f) Appearance of the band-type fatigue fracture

Photo. 12. Band-type fatigue fracture.

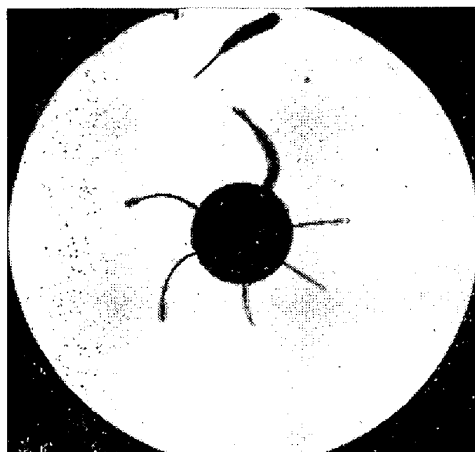


(a) Origin of the crack



(b) Appearance of the shell-type fatigue fracture

Photo. 13. Shell-type fatigue fracture.



(a) Origin of crack



(b) Appearance of the spalling

Photo. 14. Fatigue fracture generated at the center hole of the roll.

type に分けることができる。

分類A：(3.1.2)項で述べた type のもの

分類B：Photo. 12(a~e) に示すような(イ)非金属介在物，(ロ)研削焼クラック，(ハ)スリップ圧延によるクラック，(ニ)前回の焼付反応よりのクラック，(ホ)転動疲労クラックなどのロール表面疵部を起点に，Photo. 12(f) に示すような帯状の疲労破壊を起こす type のもの

分類C：Photo. 13(a) に示すようなロール内部に存在する密生介在物，あるいは砂疵などを起点に Photo. 13(b) に示すような貝殻状の疲労破壊を起こす type のもの

分類D：Photo. 14(a) に示すようなロール中心孔壁の疵を起点に Photo. 14(b) に示すような疲労破壊を起こす type のもの

ここで分類Aについては，(3.1)項で詳細を述べており，分類Dはごくまれな事故であるので省略し，おもに分類B，Cについて述べる。

なお，分類Bについては以降“帯状の疲労破壊事故”分類Cについては“貝殻状の疲労破壊事故”と呼ぶことにする。

3.3.2 チル剝発生状況

Fig. 12 に年度別チル剝事故発生状況を示す。ここで貝殻状の疲労破壊事故が年々減少の傾向にあるのは，超音波探傷器によるロール探傷の実用化の効果が現われているためであり，帯状の疲労破壊事故は逆に増加の傾向を示しているのは，おそらく，圧延作業の苛酷性（スピードアップ，荷重増加など）からくるものであろうと思われる。

3.3.3 チル剝の特徴

チル剝の特徴としては，特に次の4つを取り上げることができる。

(1) チル剝の発生状況および発生形態は圧延条件に大きく影響される。すなわち，Fig. 13 に示すように，帯状の疲労破壊は冷間圧延用ロールに，貝殻状の疲労破壊は調質圧延用ロールに発生しやすい。

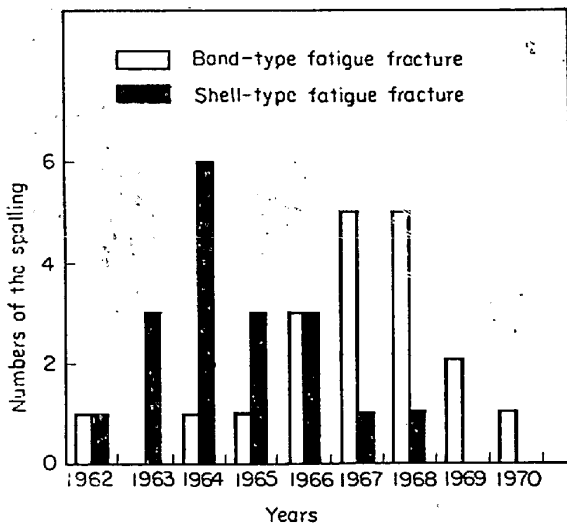


Fig. 12. Numbers of the spalling.

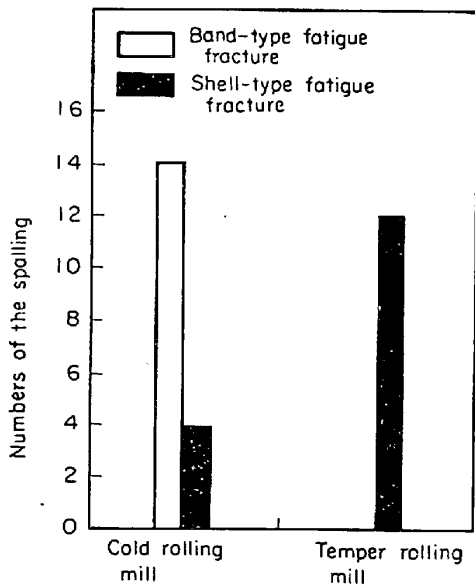


Fig. 13. The spalling of work rolls in cold rolling and temper rolling.

(2) Fig. 14 に示すように、チル削は熱変化に鋭敏であり、圧延開始または終了後の温度昇降時に発生しやすい。また、季節的には主として冬期に発生件数が多い。

冬期をはずれた4月、5月にもチル削はかなり発生しているが、これは貝殻状の疲労破壊事故のように、初期クラックは冬期に発生していたが、これが進行してチル削となるまでに少なくとも2~3カ月を要したものが含まれているためであろう。

(3) チル削はロール径によってもその発生状況および発生形態が異なる。すなわち Fig. 15 に示すように、帯状の疲労破壊事故は径大ロールに、貝殻状の疲労破壊事故は径小ロールに発生しやすい。

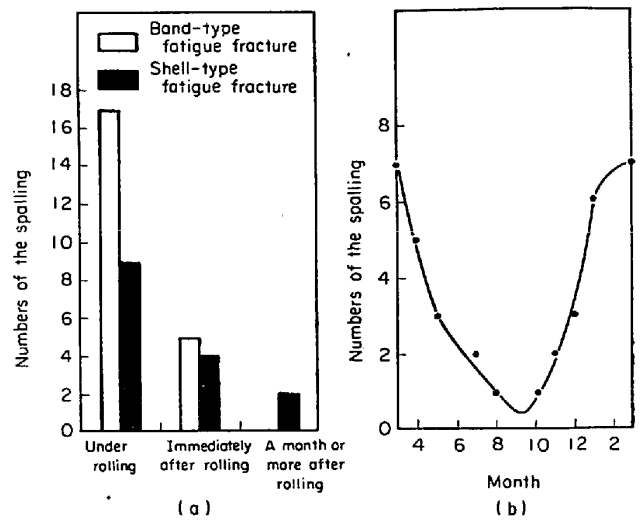


Fig. 14. Numbers of the spalling in different rolling conditions and the month.

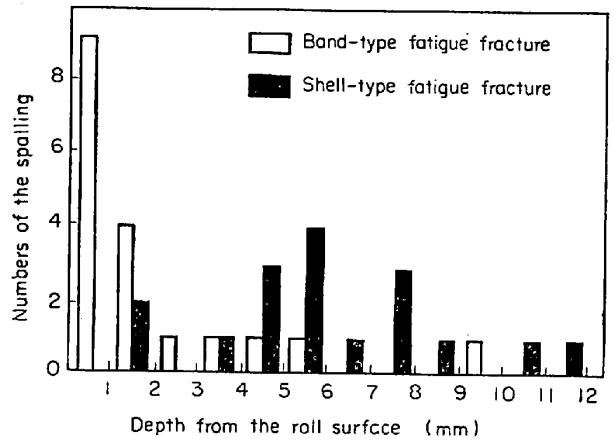


Fig. 15. Relationship between the spalling and the depth from the roll surface.

これはクラックの発生位置とロール内部の残留応力との相関性によるもので、ロール表面にクラックが発生した場合、ロール表面硬度およびロールの残留応力が高いほどチル削は発生しやすく、ロール内部にクラックが発生した場合、ロール表面よりのクラックと違って進行がおそく、ロール内部の残留応力のバランスを崩すまでにある程度の時間を要することを物語っている。

(4) 疵発生よりチル削発生までの期間は疵の発生箇所によつて大きく異なり、表面欠陥を起点としてチル削を起こすような帯状の疲労破壊は、少なくともロール使用2~3回のうち、早いもので使用1回のうちにクラック発生によりチル削を起こしており、ロール内部欠陥を起点にチル削を起こすような貝殻状の疲労破壊は、使用頻度によつても異なるが少なくとも使用2~3カ月、早いもので1カ月内にクラック発生によりチル削を起こすようである。

3.3.4 ロール使用上の対策

以上のことからロール使用上の対策としては次のようなことが考えられる。

(1) 帯状の疲労破壊事故に対しては、研磨のときに肉眼検査またはナイタル腐食法、ダブルエッチング法によつて表面欠陥の点検を十分に行ない、通板中においては板上にあらわれるロール疵に十分注意を払つておく必要がある。なお、超音波探傷器使用の場合は、使用1回ごとに行なわなければ効果がない。

最近ロールメーカーと共同開発した研磨中に超音波探傷をする装置は、表層の疲労破壊事故のもとになる疵の発見に効果をあらわしている。

(2) 貝殻状の疲労破壊事故に対しては、研磨時の砥石の当たりぐあい、圧延中の板の中膨れの有無、その他チル削前兆の金属音を確認するとともに、定期的(2~3カ月ごと)に超音波探傷テストを行なえばさらに効果的である。

このような対策を取ることにより、とくに貝殻状の疲労破壊事故に対し効果を上げており、最近の発生件数はFig. 12に示すように少なくなつている。

4. 結 言

以上、冷間圧延用作用動ロールの寿命におよぼす要因についての最近の傾向について、(1)耐事故性の向上、(2)焼入硬化層の深さ、(3)チル削事故の防止の3つの大きな課題を取り上げて述べてきたわけであるが、これらの問題について調査した結果を要約すると、ほぼ次のようになる。

(1) 通板中の焼付事故は発生率で、13.5%ロール費損失で全体の70%を占め、ロール寿命低下の最大の原因となつている。

(2) 焼付事故によるクラック(チル削)の発生原因は、圧延中のコイルの焼付により発生する熱変化、すなわち、温度の昇降にともなう比容積変化に起因し、さらにロールの残留応力の大小によりクラックの大小が決定される。

耐事故性ロールの具備すべき条件としては、(イ)材料の熱膨張係数の少ないこと、(ロ)材料の高温降伏強さの高いこと、(ハ)焼戻し収縮量の小さいこと、(ニ)ロール表層の残留応力(圧縮応力)の小さいことなどが考えられる。

(3) 耐事故性の向上をはかるもつとも簡単な方法としては、ロールの初硬度を低くする方法があるが、この方

法では圧延成績および製品の表面品質特性が劣下するので好ましくなく、根本的な解決にはならない。よつて現在では化学成分、主としてCr, Si, Mo, VあるいはCoなどを増加したロールおよび熱処理を改善したロールが開発され試用される段階にいたつている。

(4) 現在使用されている耐事故性ロールは、従来の普通ロールと比較して事故時の1回当たり修正研磨量が60%減、1mm当たりの圧延t数で2倍の実績を示すロールが開発されている。

(5) 圧延製品の表面品質特性におよぼす要因としてボタンマーク、介在物、デンドライト模様、肌荒れなどが考えられるが、これらのものは一般にロール径の減少、硬度の低下に伴い発生しやすくなり、圧延成績を低下させる原因となつているので、焼入硬化深度はできるだけ深く、表層と内部の組織ができるだけ均一なことが要求される。

(6) チル削のミル別特性として、帯状の疲労破壊は冷間圧延用ロールに、貝殻状の疲労破壊事故は調質圧延用ロールに発生しやすい。時期別の特徴としては、圧延開始または終了後の温度昇降時、とくに冬期のそのときに発生しやすい。ロール径別特性として、帯状の疲労破壊は径大ロールに、貝殻状の疲労破壊は径小ロールに発生しやすい。

(7) チル削前兆の発見は、定期的な超音波探傷テストおよび研磨時のエッチングテスト、あるいは通板中の諸前兆をつかむことにより大多数のものは発見できるようになつた。

以上ロールの寿命におよぼす要因および使用実績の解析ならびにそれらの若干の対策について述べてきたが、ロールの寿命の延長(ロールコストの低下)はロール使用方法の改善とロール製造技術の向上があいまつて達成されるもので、今後ともロールメーカーの一層の協力、指導をお願いしたい。

おわりに耐事故性ロールの開発、試用に当たつて協力、指導していただいた株式会社日本製鋼所および関東特殊製鋼株式会社の担当の各位にあつく謝意を表する。

文 献

- 1) 堀清, ほか: 塑性と加工, 8 (1967) 76, p. 261
- 2) 佐藤和紀, ほか: 塑性と加工, 10 (1969) 101, p. 405
- 3) 下田秀夫, ほか: 塑性と加工, 6 (1965) 59, p. 719
- 4) 安藤卓雄, ほか: 鉄と鋼, 46 (1960) 10, p. 1264
- 5) 松永晴男, ほか: 鉄と鋼, 55 (1969) 11, p. 286