

厚板仕上圧延機用補強ロールの疲労層と改削基準について*

70507

長瀬光夫**・清水茂成**・清水英明***

田部博輔****・工藤浩一****・後藤 宏****

Some Investigations on the Fatigue Layer and Dressing Programme of Plate Finisher Mill Backup-Roll

Mitsuo NAGASE, Shigenari SHIMIZU, Hideaki SHIMIZU,

Hirotsuke TABE, Koichi KUDO, and Hiroshi GOTO

Synopsis:

This report described the results of our two years' joint research between Nippon Kokan Kabushiki Kaisha and The Japan Steel Works, Ltd. On the plate finisher mill backup roll at N.K.K. Keihin Plant. The problems examined here were the fatigue layer of backup roll by cyclic loading, suitable dressing programme and the wear patterns and surface temperature of work rolls.

The main results obtained were as follows:

(1) The wear patterns of top backup roll were concave and those of bottom backup roll were almost flat. The affected layer of top rolls extended within 1.0 mm depth from the surface, while that of bottom rolls somewhat deeper than 1.0 mm. Hardness measurement of the roll surface is considered to be one of the suitable means to ascertain the degree of fatigue.

(4) The suitable dressing programme of this plate mill backup roll is 2.0 mm in dia. Everytime for top rolls and 2.0mm in dia. at initial 3 times and 8.0mm in dia. at the 4th time for bottom roll.

(Received June 20, 1969)

1. 緒 言

一般に圧延ロールの良否が製品の良否にも影響を及ぼし、さらには作業の能率、合理化にも関係深いことは周知のとおりである。

しかし、ロール良否の目安である圧延実績はミル特性圧延作業条件、ロール特性など多くの因子によつて左右されるため、これを向上させる手段、方法は多方面にわたるであろう。これらのうちの1つに適正な改削基準を定めることがあげられる。すなわちロール表面の摩耗による変形の矯正並びに転動疲労層の改削除去によるスポーリングの防止のための適正改削基準が必要である。改削基準を定めることはかなり困難なため、必要以上に改削量をふやしたりスポーリングの発生をみてから改削を行なつたりするのが通常である。厚板圧延機用補強ロールの改削の問題についての研究は国の内外を通じても見あたらず、わずかに関連するものとして K. N. TONG および M. K. CHAKKO らの研究¹⁾さらには N. A. BRACHT および A. A. BRADD²⁾の報告があるのみである。これらの報告では経験的に改削量を求めており、疲労現象として定量的な追跡はなされていない。

著者らは、実験室的にスポーリングの発生と防止方法に関する研究を行ない、改削法の問題については、ロール表面の疲労層の発生および発達状態について知ることが第一と考え、X線回折による半価幅の変化およびかたさ変化について研究を行なつた。その結果、かたさ変化および半価幅変化についてある対応関係を得た。すなわちかたさの上昇は半価幅の変化すなわち疲労の蓄積とほぼ一致することである。

そこでこの考え方を実体ロールにあてはめ、適当な改削基準をより定量的に求めるためロール使用の立場にある日本鋼管(株)とロール製造者である(株)日本製鋼所とが共同して日本鋼管京浜製鉄所板仕上圧延機用補強ロールを対象に、約2年間の長期にわたり研究を行なつた。

本研究は昭和41年4月より開始され、まず作動ロールの使用状況を把握し、さらに新製の補強ロール4本について2とおりの改削方法を決めロール組替ごとにプロ

* 昭和43年9月大会講演大会にて発表

昭和44年6月20日受付

** 日本鋼管(株)京浜製鉄所

*** 日本鋼管(株)福山製鉄所

**** (株)日本製鋼所室蘭製作所

フィル、表面硬度を測定した。また各ロールとも4回目および8回目の使用終了後にX線背面反射写真法による疲労層の測定を行なった。

本報告はまず基礎試験において、かたさ変化および半価幅変化が疲労の目安となることを述べ、この考え方にもとづいて行なった現場実験をとりまとめたものである。

2. ロール表面に発生する疲労層に関する基礎試験

圧延圧力によつてロールの受ける疲労層の深さを知ることは改削基準を決めるに当たつて不可欠なことである。この測定方法としては2つの方法が考えられる。その1つはHERTZおよびFÖPPL³⁾などによつて解析された応力計算を行ない、その応力分布から疲労被害を受けたと考えられる範囲を求めることである。他の方法は実際のロールについて疲労層を実測することであり、その方法としてX線回折を用いることがあげられる。

従来からX線による疲労の研究は種々行なわれており⁴⁾、疲労程度の判定としては回折写真の強度分布曲線から半価幅を求めてそれを比較することによつて行なっている。

改削方法を決定する基礎データを得るために、疲労層の測定をモデルロールについて行ない、疲労の蓄積とかたさ変化の関係を求めた。

0.8% C-1.0% Cr-0.4% Mo 鋼ロール材から、直径70 mm 表面かたさ Hs 46~47 のモデルロールを製作し、これを3段ロール形式のころがり疲れ試験機⁵⁾によつて転動し、一定の繰り返し回転数ごとに試験ロール表面のかたさの変化を、微小かたさ計にて測定した。かたさ測定と同時にX線による回折像を背面反射写真法によつて撮影し、その回折線の半価幅の変化を測定比較した。Fig. 1は繰り返し数とかたさの関係を、Fig. 2には繰り返し数と半価幅との関係をそれぞれ示したものである。かたさはころがり接触数の増加にしたがつて急激に上昇し、その後の増加はゆるやかとなつている。また半価幅はかたさの変化と同じように試験の初期で急激に増加し以後ころがり接触数の増加とともにばらつきはあるがごくゆるやかな曲線で、上昇している。半価幅の増加はこの場合、破壊にいたる疲れの進行を示すものと考えてよいので、疲れは回を追うごとに蓄積されていくことになる。

本実験においては、試験片表面にきわめて小さな亀裂が発生した時点までで試験を中止した。とくに急激なかたさ変化および半価幅の変化は認められていない。

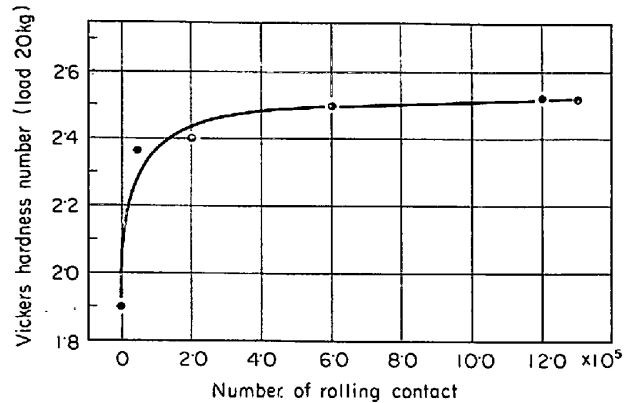


Fig. 1. Relation between hardness variation and number of rolling contact.

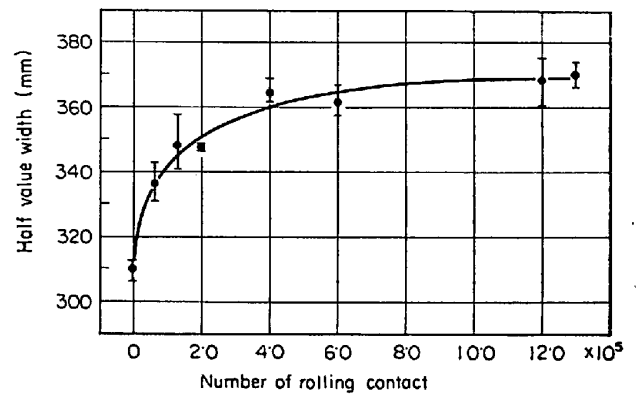


Fig. 2. Relation between half value width and number of rolling.

このことは、かたさおよび半価幅の変化が、ほとんど認められなくなつてから、スポーリング発生までにかんりの潜伏期間があることを意味している。

この潜伏期間を知ることが、スポーリング発生時期の厳密な予測へ結びつくものと考えられるが、この点に関してはまだ十分なデータを得ていない。

しかし、かたさ測定とX線による半価幅の変化を知ることが、疲労程度の把握の目安には十分なりうるということが判明した。

3. 厚板補強ロール表面の疲労層についての実体試験

前記の考え方にに基づき、実体の補強ロールの疲労層の状態を判定するための1つの手さぐり試験として、研削法の異なる2つのペアーロールについて調査した。

3.1 対象圧延機

実験工場	: 日本鋼管(株)京浜製鉄所厚板工場
型式	: 4重可逆圧延機
製作者	: United Engineering & Foundry Co.
電動機	: 3500HP × 2

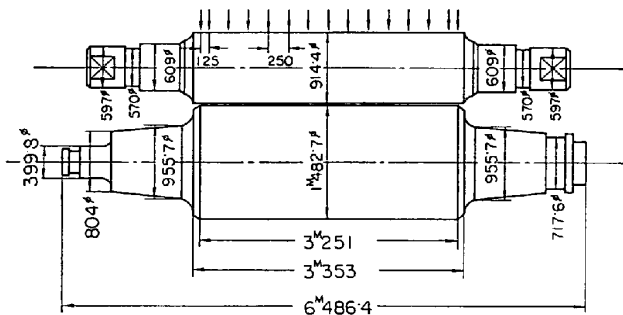


Fig. 3. Shapes and dimensions of plate mill backup roll and work roll locations of profiles measurement (Arrow).

Table 1. Subjects and procedures of experiments.

Subjects	Procedures
(1) Measurements of work roll profile	Profilemeter
(2) Measurements of work roll surface temperature	Contact thermometer
(3) Measurements of backup roll profile	Micro meter
(4) Measurements of backup roll surface hardness	Shore scleroscope "D" type
(5) Measurements of fatigue layer of backup roll surface	X-ray diffraction method

作動ロール : 高合金中抜チルドロール Hs 73~76°
 補強ロール : Cr-Mo 鋳鋼および鍛鋼 Hs 40~50°
 ロール回転数 : 作動ロール 0~35~80rpm
 使用水量 : 540 t/hr
 圧延作業条件
 材料重量 : 1.5~20 t (平均 5.7 t)
 製品寸法 : 4.5 mm~200 mm×3 100 mm
 ×40 000 m×40 000 mm
 パス回数 : 6~8 パス
 圧延開始温度 : 1 050°C
 圧延終了温度 : 800~900°C
 なお作動ロールおよび補強ロールの形状および寸法を Fig. 3 にあわせて示す。

3.2 調査項目

作動ロールおよび補強ロールの使用状況を把握するために、まずプロフィールおよび表面温度の変化を測定した。次に補強ロールの疲労層を知るために、補強ロール表面のかたさ変化および X 線回折像の半価幅を測定した。調査項目を Table 1 に一括して示す。

3.3 補強ロールの改削方法および組み合わせ

本圧延機に使用された補強ロールに一時スポーリングが多発したことがあり、以来改削量を増加し使用 4 回目ごとに直径で 8.0 mm の重研削を行ない疲労層の除去をはかっていた。そのためロールのスポーリングは完全に防止しえたがその反面ロールぐりを悪くし、かつロールの有効使用量を減少させていた。

そこで最も合理的な改削基準作成の基礎資料を得るため、Table 2 に示したごとく新品ロールについてロール使用 4 回目ごとに重研削を含む "A" 改削法、および使用ごとに一定の研削量で重研削のない "B" 改削法の 2 方法をそれぞれ 1 ペアのロールにあてはめ、その各ペアロールを交互に使用して両者の比較を行なうこととした。

A および B 改削法を採用したのは、次の考え方に基づいている。

A 改削法は従来から経験的に行なわれてきた改削方法である。

B 改削法は圧延力から計算によつて求めた τ_{45max} の位置を一応の目安として、スポーリングの発生機構を考慮し、また従来の改削方法より、工業的な意味で効率をよくし、経済性を持たせるという前提で決定した。

正常圧延における 3 000 t の圧延力の場合計算により求められる τ_{45max} の位置は深さ 4.2 mm となる。この値は、かなり大きなものであり、工業的には実際的ではないと考える。またスポーリングの発生位置は表面、または表面のごく近くであるという考え方⁶⁾に基づき、上ロールについては深さ 1.0 mm までの研削とした。なお下ロールの研削深さは 1.5 mm とした。この理由は下ロールの場合スケールが補強ロールと作動ロールとの間

Table 2. Dressing programs of plate mill backup rolls.

Dressing program	A Method		B Method
	1st~3rd time	4th time	Every time
Roll pair {top roll bottom roll	R/# 10 (C. S)* R/# 8 (F. S)		R/# 9 (F. S)** R/# 7 (F. S)
Dressing amount {top roll bottom roll	1.3 mm(ϕ) 2.0 mm(ϕ)	8.0 mm(ϕ) 8.0 mm(ϕ)	2.0 mm(ϕ) 3.0 mm(ϕ)

* C. S; cast steel roll, ** F. S; forged steel roll

Table 3. Usage order of plate mill backup roll.

Usage order	Period in mill	Roll pair	Time in mill	Remark
1	1966 ~ 4/23	R/# top/bottom 2/7	/1	
2	4/24~ 5/21	10/8	1/1	
3	5/22~ 6/18	2/3	/	
4	6/19~ 7/16	9/7	1/2	
5	7/17~ 8/13	10/8	2/2	
6	8/14~ 9/10	9/7	2/3	
7	9/11~10/ 8	10/8	3/3	
8	10/10~10/31	9/7	3/4	X-ray
9	11/ 7~12/ 4	10/8	4/4	X-ray
10	12/ 4~12/31	9/7	4/5	X-ray
11	1967 1/30~ 2/16	10/8	5/5	PB 10 broken
12	3/ 6~ 4/ 1	9/7	5/6	
13	4/ 2~ 4/29	/8	/6	
14	5/13~ 6/ 9	9/7	6/7	
15	6/10~ 7/ 7	/8	/7	
16	8/ 5~ 9/ 2	9/7	7/8	X-ray
17	9/ 2~10/ 2	/8	/8	X-ray
18	10/30~11/27	9/	8/	X-ray

に噛みこんでおしこみきずがつくが、この深さは最も深い場合でも 0.5 mm 以下であることによる。

昭和 41 年 4 月より新たに使用を開始した 4 本の補強ロールを研究対象としたが、これらの改削方法およびロール組み合わせを Table 2 に、またこれらのロールの使用順序を Table 3 に一括して示した。

A 法および B 法の改削方法を研削量によつて比較すると B 法は A 法より 1 回ごとには約 50% 多く、4 回ごとの総研削量では約 25% の節約となる。

3.4 調査結果

3.4.1 作動ロール表面温度の測定

作動ロールは直接被圧延材と接触するためかなりの温度上昇が考えられる。したがつて熱膨張によるロール形状の変化も補強ロールとの接触を論ずる際には考慮すべき大きな因子である。さらに作動ロール研削の際に胴部内に温度差のあることは、ロール形状の管理からも好ましくないことである。そこで圧延直後から時間の経過とともに変化する胴表面温度を連続的に接触温度計（サーミスター）により測定した。測定は 8 ペアのロールについて行なつた。測定結果の一例を Fig. 4 に示す。圧延終了後 40hr 経過した後でのロール胴長方向の温度差は 1~2°C 程度で測定上の精度を考慮しても、温度差はほとんどないといえよう。

3.4.2 作動ロールのプロフィール

圧延終了後のロールの摩耗形状を把握することは、ロールに与えられる負荷を予測し、さらにロールへの被害の程度を推定しようという点で必要である。そこで作動ロールを 1/1 000 mm まで測定可能なプロフィールメーターによつてロール胴部の表面形状を測定し相対的変位を

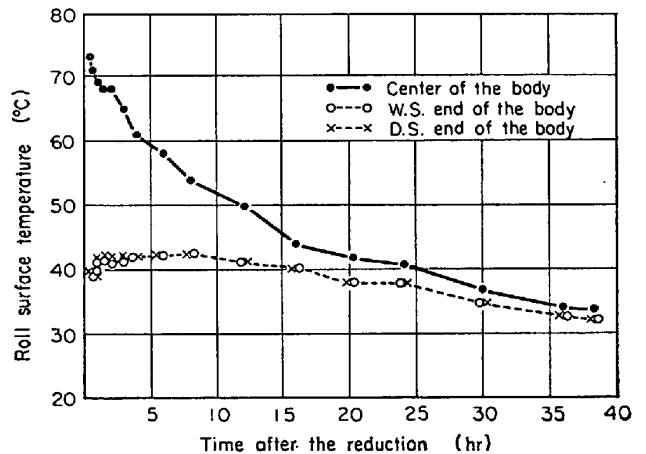


Fig. 4. An example of the surface temperature change of work roll.

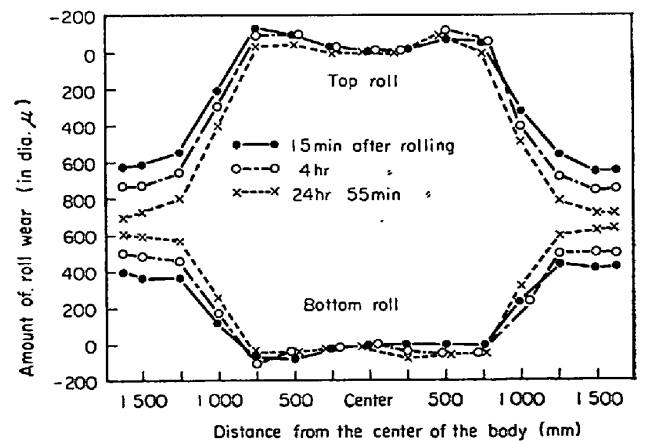


Fig. 5. An example of work roll profile.

調べた。プロフィールメーターは、ロール表面を移動可能な事台上に左右 2 本の長い腕を持ち、この一端に触針が、他端にはダイヤルゲージがつけてあり、ちょうどやじろ

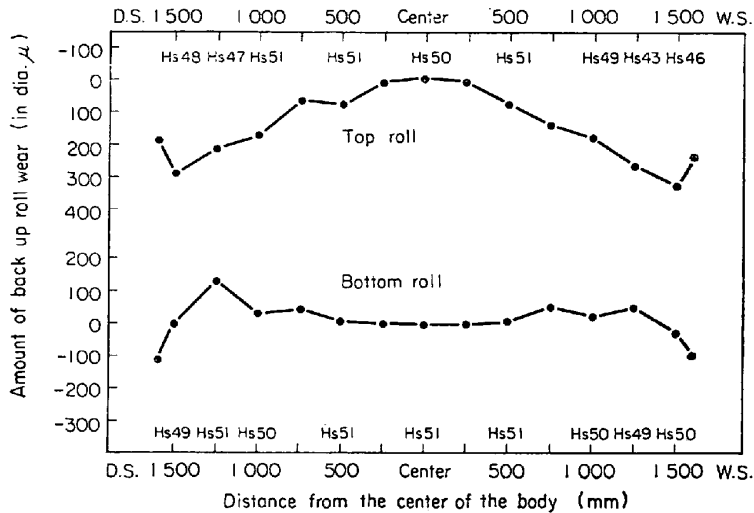


Fig. 6. An example of backup roll profile.

べえのごとき形状を呈しており、ダイヤルゲージの読みによつて相対的变化を調べることができるようになってい

る。Fig. 5は Fig. 4の圧延終了後の時間の経過にともない変化する温度に対応する表面摩耗プロファイルの測定結果の一例である。

測定した8ペアのロールはすべて Fig. 5と同様な傾向を示しており、板道端部の摩耗が多いのがプロファイルの特徴である。

3.4.3 補強ロール圧延終了後の胴部温度

圧延終了後、補強ロールがまだロールスタンドに組みこまれたままで、胴部表面温度を5ペアのロールについて測定した。D S端、胴中央およびW S端の測定結果をTable 4に一括して示す、測定したロールの中で、最も高温となつたのが下ロールで 38°C、最も低いものが 31°Cである。上・下ペアでの温度差の最大が 6°C、最

Table 4. Backup roll surface temperature after rolling (°C).

Roll pair	D. S	Center of the body	W. S
PB 10 top	33	34	32
〃 8 bottom	35	37	38
PB 2 top	31	31	31
〃 3 bottom	36	36	36
PB 9 top	33	35	33
〃 7 bottom	35	38	37
PB 10 top	32	38	32
〃 8 bottom	35	35	33
PB 9 top	34	33	34
〃 7 bottom	36	33	38

小は 0°C である。また下ロールは、上ロールと比較して常に温度が高いが、胴部各位置ではあまり差がない。

また、圧延終了後1~2週間後のプロファイル測定に際しても表面温度を測定したが胴部軸方向における温度差は 2°C であつた。

3.4.4 補強ロールのプロファイル

補強ロールのプロファイルの測定はマイクロメーターにより胴部直径 15カ所測定することによつて行なつた。測定位置は作動ロール、補強ロールともロール胴中央を原点とした。

測定したロールは合計 31本である。ロールの胴部形状は、測定した上ロールすべてが胴中央の摩耗した凹型を呈しており、下ロールの形

状は不規則であるが、平均的には平坦といえる。下ロールの測定に際しては、スケールによる凹みきずのためロール肌が非常に荒れており測定値のバラツキが大きかつた。下ロールのプロファイルはほぼ平坦であり、みかけ上摩耗していないと思われるが、使用前後の直径結果から胴全体にわたつて摩耗していることが判明した。補強ロールの代表的なプロファイルを Fig. 6に示す。

3.4.5 補強ロールの表面かたさ

使用前後の補強ロールの胴表面かたさの変化はロールに加えられた圧延圧力の大きさの目安と考えられる。言葉を変えらば、Fig. 1および Fig. 2の関連からも明らかなように加工硬化がロール表面層におよぼす被害の1つのバロメーターであるといえよう。補強ロールの圧延面および適当な深さ(表面より 1.0 mm, 4.0 mm)におけるかたさの測定をショア型かたさ計によりプロファイル測定と同一位置を 500 mm 間隔で行ない、納入時のかたさと比較した。Fig. 7に研削法別、上下別のかたさ測定の結果を、縦軸に圧延後のかたさを、横軸に研削後のかたさをとつて示す。図中左にある点は研削前後のかたさの差が大きいものである。また 45度引いた直線の右側にプロットされた点は改削後のかたさが改削前よりも高く測定されたものであり、研削時の加工硬化によるものが、あるいはかたさの測定上の問題(表面アラサ、バラツキなど)のいずれかである。圧延後の表面かたさは胴中央で Hs 49°~53° となつており製造時のかたさ Hs 44°~46° に比べて Hs 5°~6° 高い。研削後では Hs 45°~49° で圧延後のかたさより Hs 2°~4° 低下している。1本のロールの胴長手方向のかたさの分布は胴中央のかたさが他の部分よりも高目となつてい

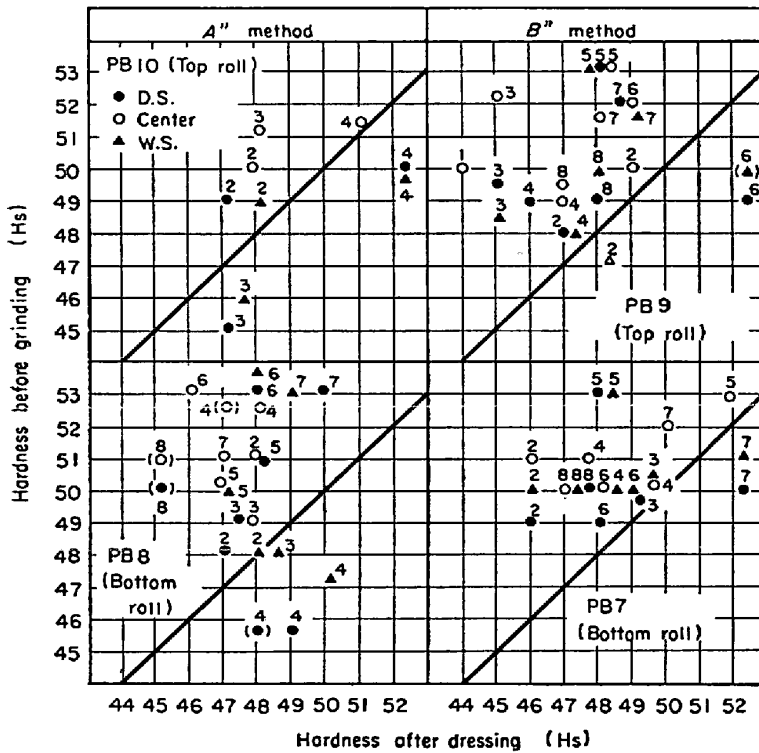


Fig. 7. Hardness change before and after dressing of plate mill backup roll.

改削法のちがいによるかたさの変化について Fig. 7 から次のことがいえよう。

上ロールについては、B改削法のロール改削後のかたさの低下が大きい。これはB改削法によるPB9ロールは研削後のかたさがHs 44°~49°であるのにくらべ、A改削法によるPB10ロールではHs 48°~51°であることからいえる。また下ロールについてはPB7がHs 46°~52°、PB8がHs 46°~48°であることからA改削法によるロールはかたさの低下がやや大きいといえる。改削によつてかたさの低下の割合が大きなものほど改削方法としてはよいと考えられ、かたさ測定の結果から上ロールにはB改削法、下ロールはA改削法がそれぞれ適正であるといえよう。

3.4.6 補強ロールのX線による疲労層測定

測定方法はX線ビームをロール表面に垂直に照射し、X線背面反射力カメラによつて(211)K_{α1} および K_{α2} の

回折像を撮影した。測定位置はロール胴部圧延面、深さ1.0mm および4.0mm である。撮影した回折写真はその回折像をマイクロフォトメトリーし、その強度分布曲線から半価幅の値を求めた。標準回折像として新製の補強ロール表面を酸腐食し、機械加工変質層を除去してX線回折写真を撮影し、それぞれ撮影された回折像についてその半価幅値を標準回折像のそれと比較した。

測定に使用したX線回折装置は Seifert 社製のエレスコープおよび東芝製のMDP-103P型とともにCrの特性X線を有し、管電圧40vV および30kV、管電流10mA、露出時間1.5min および20minの撮影条件とした。

Photo. 1にX線回折装置(エレスコープ)の外観を示した。

研究対象とした4本の補強ロール(PB7、PB8、PB9およびPB10)について第4回目の使用終了後および第8回目の使用終了後にまた使用回数が多い(16回使用)PB2ロールについても参考データを得るためX線回折像

を撮影した。

測定位置の概略を Fig. 8 に示したが、各ロールとも胴部圧延面3カ所(両胴端および胴中央)、胴表面より

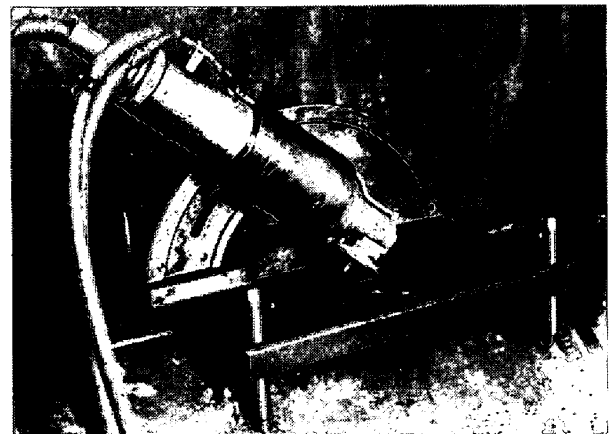


Photo. 1. X-ray diffraction apparatus (Erescop).

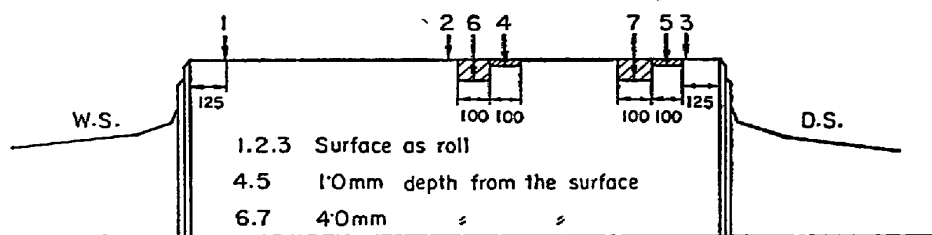


Fig. 8. Locations where the X-ray diffraction patterns were taken.

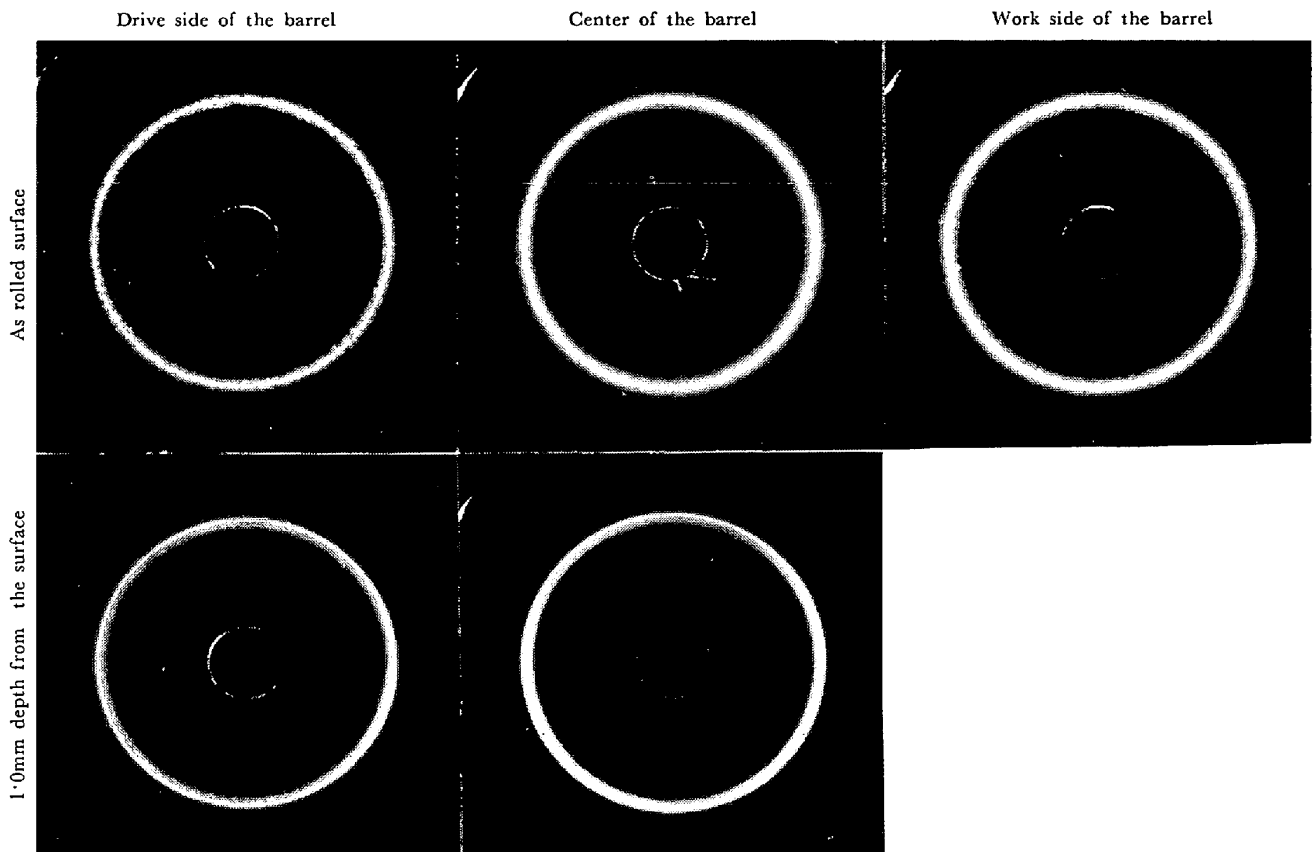


Photo. 2. An example of diffraction patterns ($R/\#$ PB9 8 times used).

1.0 mm 深さ 2 カ所 (DS 端および胴中央) の計 5 カ所である。さらに $PB8$ および $PB2$ については 4.0 mm 深さ位置を測定したが、これはプロフィール測定結果から作動ロールと補強ロールとの接触が大となる部分である。圧延面の測定位置と同一位置の深さ方向での測定を行なえなかつたのは作業の都合によるものである。理想的には同一位置を測定するべきであろう。

Photo. 2 には撮影した写真の一例として、 $PB9$ ロールの第 8 回目使用後の X 線回折像を示した。圧延面における回折像は回折線の幅が広くぼけ (Broadening) ていることが認められる。一方深さ 1.0 mm での回折像は回折線が鮮鋭化しており、 $K_{\alpha 1}$ および $K_{\alpha 2}$ 二重線が明りようとなつている。文献⁹⁾および基礎試験の結果から回折線のぼけは疲労の程度を示すと考えてよいから、圧延によつてロール表面が受ける疲労被害を知りうることになる。また回折線のぼけを定量的に評価するため、各回折像の半価幅を強度分布曲線から求め比較した。その結果、第 4 回目使用後については、 A 改削法による $PB10$ ロールの半価幅は圧延面胴中央で 3.5 mm、 WS および DS でそれぞれ 3.2 mm、3.1 mm、1.0 mm 深さでは胴中央および DS とともに 2.5 mm である。また $PB8$ ロールは圧延面でそれぞれ 3.5 mm、3.3 mm およ

び 3.2 mm、1.0 mm 深さでは胴中央 2.5 mm となつている。 $PB8$ ロールの 8 回目使用後圧延面では 3.6~3.8 mm であり、1.0 mm 深さでは 2.6~2.8 mm、4.0 mm 深さでは 2.3~2.9 mm であつた。

B 改削法による上ロールの $PB9$ ロールの第 4 回目使用後の半価幅は、圧延面胴中央で 3.9 mm、 WS で 3.8 mm、 DS で 3.2 mm であり、1.0 mm 深さの胴中央で 2.4 mm、 DS で 2.6 mm ある。また第 8 回目使用後では圧延面の半価幅値が大きく、胴中央で 4.4 mm、 WS および DS でそれぞれ 3.8 mm および 3.7 mm、1.0 mm 深さでは胴中央 2.8 mm、 DS で 2.5 mm となつている。下ロールである $PB7$ ロールについては 4 回目使用後で、圧延面では胴中央で 3.1 mm、 WS で 3.5 mm、 DS で 3.2 mm、1.0 mm 深さで胴中央 2.6 mm、 DS 2.5 mm である。第 8 回目使用後では圧延面では胴中央 WS および DS とともに 4.5 mm であり、1.0 mm 深さでは胴中央 3.2 mm、 DS 3.3 mm である。Fig. 9 は各ロールについてそれぞれの回折像の半価幅の値を、それぞれの深さ別にとりまとめたものである。

標準回折像の半価幅はその強度分布曲線から 2.5 mm であつた。したがつて X 線回折像からは、研削後標準状

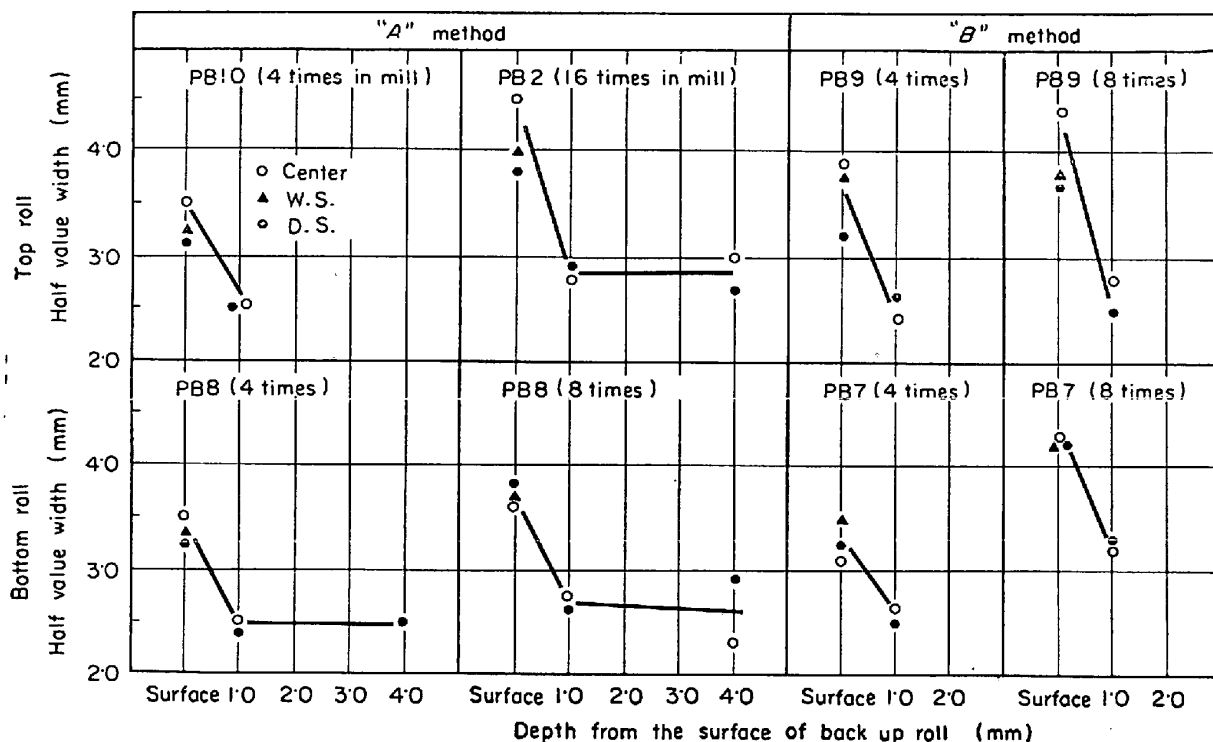


Fig. 9. Relation between half value width of X-ray diffraction pattern and dressing program.

態(疲労の影響を受けていない)にかなり近くなっていることが知られる。各ロールとも第4回目の使用後、圧延面より1.0 mmの深さでは、圧延の影響を受けていない状態となつている。すなわち1.0 mmの改削によって疲労層のほとんどが除去されているといえよう。さらにロールの使用回数が進んで、第8回目の使用後の半価値を比較してみる。B改削法による上ロールのロールPB7ロールは半価幅が1.0 mm深さで3.3 mmであり、標準状態よりかなり大きな値である。これは研削によつても十分疲労層が除去されていないことを示すから、改削の都度除去しきれなかつた若干の疲労の蓄積によるためと考えられる。PB7とPB9においてX線回折像の差が大きい、この問題については考察において述べる。

PB10ロールの折損のため、上ロールについて改削法の比較ができないが、PB9の1.0 mm深さの半価幅値が2.5 mm程度であることから、上ロールについてはB改削法でも疲労の蓄積は少ないものと思われる。

16回使用されたPB2ロールについても深さ1.0 mmの回折線のぼけの程度は少なく、半価幅値も2.6~2.7 mmで、圧延面の3.8~4.5 mmと比較して著しく半価幅値が減少しており、PB2ロールにとられた改削方法が適正あるいは十分であつたと思われる。

4. 調査結果の考察

補強ロールの疲労層について

補強ロール表面のX線回折像の変化から推定される疲労の程度と、表面硬度の変化を比較して、圧延によつてロールの受ける疲労層について考察し、さらにAおよびB改削法の有意差を検討する。

Fig. 7 および Fig. 9 を比較すると以下のことがいえよう。まずかたさ変化について Fig. 7 を見ると、研削によつて製造時のかたさ(Hs 44°~46°)により近い値を示すものが、加工硬化層の除去が行なわれたものである。上ロールについてこのような見方をすると、PB10の研削後のかたさがHs 48°~51°、PB9がHs 44°~49°であり、PB9の硬化程度が小さく、PB9に適用した改削法がよりよいといえよう。下ロールについて同様な見方をするとPB8では研削後Hs 46°~48°、PB7はHs 46°~52°であり、PB8に適用した改削法がよりよい。

次に Fig. 9 のX線回折像についてその半価幅値をみると、使用4回目のロールはいずれも研削によつて半価幅値が小さくなつている。半価幅の値は、圧延による被害の大きさを示すと考えてよいから、このことは4回目使用の研削によつて疲労層の除去がなされているといえ

る。さらに使用 8 回目の結果では、疲労の蓄積のため研削しても半価幅が標準値 (2.5 mm) に近づかないものがある。上ロールである *PB9* の 1.0 mm 深さの半価幅は胴中央で 2.8 mm, *DS* 端で 2.5 mm であり, *PB10* との比較ができないが, *B* 改削法の *PB9* ロールは疲労層の除去がかなりなされていると判断される。

下ロールについて *PB8* と *PB7* とを比較してみると, 1.0 mm 深さにおける半価幅は *PB8* のほうが小さい。すなわち改削によつてかたさが低下したものの回折像の半価幅は小さくなっている。

基礎試験におけるかたさ変化と X 線回折像の半価幅変化との相関性は, 実体ロールの測定についてもほぼ同様な関係として認められた。すなわち加工硬化の著しいものは回折像のぼけが著しい。

B 改削法について, 上ロール (*PB9*) および下ロール (*PB7*) の 1 mm 深さの X 線回折像半価幅に差が著しい点について考察する。

表面における両者の半価幅値は 4.2~4.4 mm でありほぼ等しい。しかし深さ 1.0 mm 研削後では, 下ロールは 3.3 mm であり, 上ロールの 2.7 mm に比べてかなり大きな値となつている。これは疲労の蓄積と考えられる。下ロールの疲労の蓄積が大きいのは, スケールのかみ込みが多く, 前述したように, 最大で 0.5 mm 深さまで達しており, この部分の加工硬化—すなわち圧延による被害—が大きいとためと考えられる。下ロールにおいてはスケールによる表面きずが著しく, これを無視しては被害の大きさを評価することはできない。

改削法について *A* 法および *B* 法を比較すると, 下ロールについては重研削を含む *A* 改削法を, 上ロールについては *B* 改削法をそれぞれ適用すれば疲労の蓄積が少ないと考えられる。

5. 総括および結言

日本鋼管京浜製鉄所の厚板仕上圧延機を対象に補強ロールの疲労層について日本鋼管(株)と(株)日本製鋼所とが共同研究を行なつた。本報告はその研究結果についてとりまとめたものである。

本厚板仕上圧延機のように補強ロール替えを 1 カ月 1 回行ない, この間約 10 万 t にものぼる圧延を行なうと

いう条件のもとで, 転動による疲労層を極力小さくし, スポーリングの発生を防止することは, ロール原単位の低減ならびに作業能率の向上という点からも必要である。そのためロールの疲労層を致命的な疲労破壊 (スポーリング) が発生する以前に除去することは必須の条件である。また最も合理的かつ経済的な改削基準を決定するためには, これら疲労層がどの程度蓄積されたときに致命的なスポーリングとなるかを解決しなくてはならない。

そこで, 実体ロールの圧延後の温度変化および摩擦によるロールプロフィールの変化の測定をはじめ, ロール表面のかたさ, X 線による表面回折線の半価幅の変化の測定から合理的な新しい改削法を求めた。

本ミルにおいては, 上ロールは使用ごとに 2.0 mm (ϕ) 改削し, 下ロールは 4 回使用ごとに疲労層除去を目的とした重研削を行なう。その改削量は 1~3 回目までは 2.0 mm (ϕ) とし, 4 回目に 8.0 mm (ϕ) とする改削基準を確立した。

なお, 本改削法は, スポーリングは発生させるべきではないという前提条件により決定されたものであり, まだ必要にして十分な条件とはいいがたく, さらに工業的な立場から改善していく所存である。

終わりに臨み, 本研究を許可され, いろいろご指導, ご援助をいただいた日本鋼管京浜製鉄所, 日本製鋼所, 同研究所の方々および実験の遂行にあたつてご援助いただいた関係各位に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) T. N. TONG and M. K. CHAKKO: Iron Steel Engr., (1964), July, p. 143~173
- 2) N. A. BRACHT and A. A. BRADD: Iron Steel Engr., (1965) March, p. 81~89
- 3) O. FÖPPL: "Vorlesungen über technische Mechanik, (1907) Vol. V, Chapter 6 esd p. 341, 348, 350
H. HERTZ: Journ. Math., Vol. 92, p. 1881
- 4) たとえば, 平, 本田: 日本機械学会論文集 26 巻 (昭和 35 年) 167 号, p. 926~934
- 5) 下田, 荒木田, 堀, 工藤: 鉄と鋼, 52 (1966) 1, p. 23~31
- 6) 工藤: 日本製鋼所技報, 第 26 号, 昭和 44 年 11 月 1 日, p. 3053~3059