

## 冷間圧延用ロールの実際的研究\*

桑原康長\*\*・三輪保彦\*\*・有賀慶司\*\*

PRACTICAL INVESTIGATION ON WORK ROLLS  
FOR COLD ROLLING*Yasuhisa Kuwabara, Yasuhiko Miwa and Keiji Ariga*

## Synopsis:

Forged steel rolls for 4-high cold reversing mill (work roll dia.  $16\frac{1}{2}$ " ) were practically investigated on the standpoint of roll users. The authors checked the hardening depth curves of work rolls (about 200 rolls) for several years by Shore hardness tester.

These curves were estimated by their individual rolling condition, that is, production tonnage, difficulties of rolling operation, quantities of surface cracks during operation, etc.

As a conclusion, the hardness depth curves of bad rolls have a different type from that of good rolls. These bad rolls extremely soften at the point of 5~6 mm from the original roll surface. On the other hand, the hardness of good rolls decrease linearly from their surfaces. Then, the authors investigated the surface structures of rolls by means of electron microscopic method, and could classify them in the following three groups.

A group: martensite matrix + 0.5~2 $\mu$  cementite particles.

B group: martensite matrix with net structure + cementite particles.

C group: No cementite particle structure (martensite and austenite.)

The authors compared these structures with their practical rolling results. B and C groups, especially C group, were not suitable for good rolling operation. Furthermore, both structures before rolling and after rolling on the same position of the roll were checked. Each group of roll structures has not been changed to another group during rolling operation.

## I. 緒 言

冷間圧延に従事する者が冷間圧延用ワークロールの性質に関心を抱くのは当然のことであるが、これを研究の対象として扱うことは仲々厄介である。つまりロールの製造条件が判らないこと、ロール自体が大きなものであること、他の圧延条件が複雑に関係してくること等がその理由であろう。著者らとしては新しいロールを完成されたものとしてそのまま受取り最善と思われる圧延作業を実施して生産能率を向上させるのが任務であるが、たまたま不規則的に圧延成績が低下したりロールが破損したりする場合を経験する。またロールを使用して生ずるわずかな疵はごく薄く表面を研磨して再び使用し、これを繰返して硬度および直径が一定値以下となれば廃棄させるのであるが、この間のロールに関するデータの主なものは表面硬度の測定結果である。この結果を基にして数年間のロール使用状況をまとめたのが本報告である。圧延機は薄鋼板圧延用の可逆式四段冷間圧延機で、圧延する材料は主に 0.04~0.10% C の極軟鋼ストリップであり、これに数パスで 80~95% のリダクションを与え

る。ロールは初径約 420 mm, 全長 1070 mm 程度のもので、その組成の 1 例は C=1.0%, Cr=1.8~1.9%, Si=0.2~0.3%, Mn=0.2~0.3%, P=0.03%, S=0.03%, Cu 0.10%, である。

## II. 調査要領

資料をまとめるに当つては、圧延材料のいちじるしく変つたものあるいは試験的な圧延等のように圧延条件のひどく変つた場合を除いて、できるだけ通常の圧延作業におけるものだけを集計した。また便宜上すべてのロールの内、廃却になるまで小さな疵もはいらず使用できたロールを「無事故ロール」疵のはいつたロールを「事故ロール」と名付けて区別し、それらの表面硬度測定の結果と照らし合わせ検討した。調査されたロールは約 200 本であつた。各ロールとも表面研磨毎に Shore 硬度計によつて測定を行つた。ロールの表面を 10cm 間隔に 10 カ所ずつ 1/4 円周毎に計 40 カ所を測定し、ロール内

\* 昭和 29 年本会春季大会に発表

\*\* 東洋鋼鉄株式会社下松工場

部に向つて 1mm 毎にこれを繰返して硬度の変化と疵の深さを判定した。

これらのロールの中から適当なものを選び、その冶金学的組織を電子顕微鏡によつてしらべてみた。ロール破片を試料とする場合は実験室的に研磨検鏡を行い、ロールをそのまましらべる場合は、現場においてバフ研磨しロール表面の中心部と端部とを併せてしらべた。検鏡試料はいずれも 2% Nital で腐蝕し、フォルムバール、アルミニウム、クロムシャドーイング、のレプリカを採用した。用いた電子顕微鏡は日本電子光学社製 JEM 4 型である。

### III. 硬度測定結果

#### (1) 無事故ロールと事故ロールの硬度変化

Fig. 1 および Fig. 2 に結果を示した無事故ロールは各ロールの硬度低下の曲線がスムーズで上下の変動が少くその値も大きな巾を持つていないが、事故ロールは個々の曲線が一様な低下を示さず、値のばらつきが目立つている。表面から漸進的に組織変化を持つものと、不均質な組織変動を持つ、2つのロール群が存在するように考えられた。

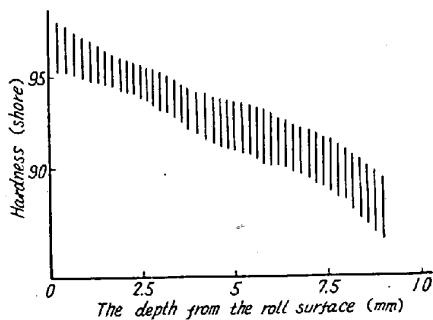


Fig. 1. The hardening depth curve of non-cracked work rolls.

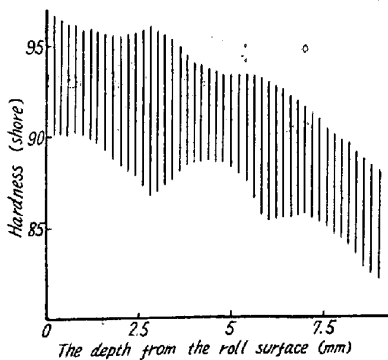


Fig. 2. The hardening depth curve of cracked rolls.

#### (2) 無事故ロールの軟化状態

無事故ロールはすでにのべたようにロール廃却までに

疵のはいらなかつたロールであるが、この種のロールが必ずしもよい圧延成績を示す訳ではない。つまり疵ははいらぬが、板の伸びが悪いという種類のロールがある。それで無事故ロールをさらに分類して「優ロール」と「劣ロール」の2種類とした。前者はロールの表面研磨量 1mm 当りの圧延 t 数が 100 t を超えるもの、後者は 100 t に達しないものであり、これらの硬度変化の状態をしらべてみた。結果は Fig. 3 に示した通りであつて、「劣ロール」群はロール表面から 5~6mm はいつた辺りから軟化の度合が激しくなつている。

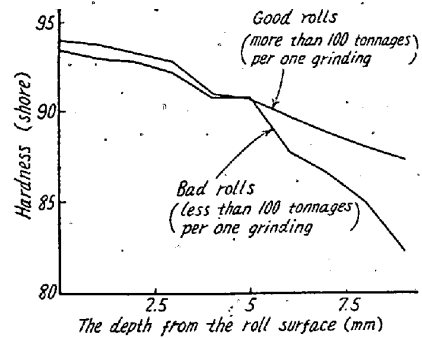


Fig. 3. The hardening depth curves of non-cracked rolls and their production results.

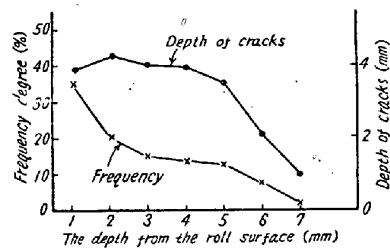


Fig. 4. Depth of surface cracks and its frequency.

#### (3) ロール疵の発生状況

使用中のロール事故の主なものゝ小さなクラック等のロール疵であるが、その発生回数と疵の大きさ(深さ)をロール原表面からの深さ別に示したのが Fig. 4 である。図中の発生率が、たとえば 35% というのは、ロール廃却までに発生した疵の内 35% がロール原表面から 1mm 以内の所において発生したという意味である。原表面に近いほど多くの疵が生じその疵の深さも大きい。なお本報告では触れなかつた大きな事故ロール、たとえばいわゆるチル剥げのようなものも原表面に近い所、つまりロールを使つて間もなく発生するものが多い。

#### (4) ロールの硬度変化と圧延成績

前項までに示した結果から良好なロールの状態がどのようなものであるかが想像できるが、事故ロールと無事

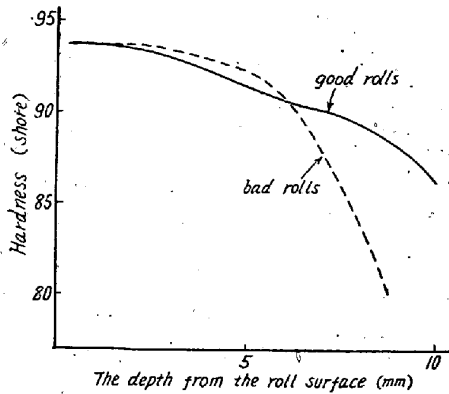


Fig. 5. The hardness depth curves of all rolls and their production result.

故ロールを一括して、既述のように「優ロール」と「劣ロール」に分類し、それらの硬度変化をまとめてみると一層明瞭な傾向がみられる。すなわち Fig. 5 に示したように、ロール原表面から約数mmの深さから急激に軟化しているロール群は、ロール廃却までに疵が発生すると否とに拘らず圧延成績が悪いといえる。テル剥げのような大きな事故などは論外としても、疵がはいりにくいということだけではロールの良否を云々することはできないといえよう。

#### IV. 検鏡結果

上述の硬度測定の結果をさらに検討する目的でロールの組織を併せてしらべたが、実際作業に使用しているロールをしらべることはいろいろ障害があつて、十分に試料を採取する訳にいかなかつた。しかしこの種ロールを使用の状態でしらべた例も余りないので、2, 3 判明した点を以下のべることにする。

##### (1) ロール破片組織の一例

既述の硬度測定に使つたロールとは関係ないが、偶々いわゆるテル剥げによつて厚み約 30mm、面積 20cm<sup>2</sup> 位の試料をえたので、表面から内部に向つての組織の変化をしらべてみた。原表面から 3mm まではマルテンサイトの地に径約 1 $\mu$  以内の球状もしくは角状のセメンタイトが混在した組織であるが、4~6mm の深さの所にはすでにベイナイト状組織がみられた。この部分を Fig. 6 に示してある。原表面より約 10mm 位の深さの所では地の約 30~40% の部分がベイナイト状を呈している。

これらの組織はロールの製造工程における焼入作業の際に決定せられるもので、ベイナイト変態がロール内部に進むほど多くなるのにつれて硬度も低下している。

##### (2) 使用ロールの表面組織各例



Fig. 6. The structure at the point of 4~6 mm depth.  $\times 13,000(2/5)$  before printing

無事故ロールと名付けたロールの内約 18 種類のロールの表面組織をしらべた結果では、大要つきの三つのグループに分つことができた。すなわち

- A: マルテンサイト地に球状のセメンタイトが散在するもの。セメンタイトの大きさは 0.5 $\mu$ ~2 $\mu$  程度
- B: 上記A組織に net structure がみられ、セメンタイトの多くがこの境界に存在するもの。
- C: 球状セメンタイトのみみられないもの(残留オーステナイトがある)

これらの組織をそれぞれ Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9, に示した。また圧延成績との関係は次表のような結果を示した。

Structure	Number of rolls	Rolling results
A	11	All good
B	1	Good
B+C	4	All bad
A+C	2	One was bad

上表中 (B+C) あるいは (A+C) というのは、電子顕微鏡で観察する場合、ロール表面をレプリカによつて試料を採つたものから少くとも 10カ所以上の異なつた部分をみる際に B組織と C組織あるいは A組織と C組織の両組織がみえたということである。われわれの試料の場合ロール表面の中心部と端部においておのおの約 1cm<sup>2</sup> の面積全般にわたつて観察した結果である。上表中不良のものはロールを組込んでいづれも 20 t 以下しか圧延できなかつた。この組織の分類から考えると、BおよびCグループ、とくにCグループの組織のものに問題が存するようである。

##### (3) 圧延作業とロール組織

ストリップの冷間圧延作業は強度の加工を与えるからロール自体の温度、ことにその表面温度が上昇することは十分考えられる。事実熱歪によつてロールが折損する



Fig. 7. The structure of A group.  
×13,000(2/5) before printing



Fig. 9. The structure of C group.  
×13,000(2/5) before printing

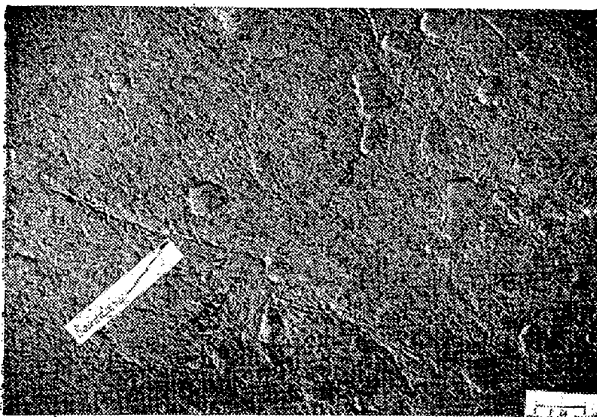


Fig. 8. The structure of B-Group.  
×13,000(2/5) before printing

場合もある訳であるが、ここで問題にするのはすでに述べたように無事故ロールであつて、ロールのチル剥げ等とはやや趣を異にする。圧延作業の実際、とくにロールに加わる圧力の変化の状態は、優、劣ロールでいちじるしく異なる。すなわち「優ロール」の場合、圧延パスの進行にかかわらず、圧延圧力は余り増加せずにはほぼ一定である。これに反し「劣ロール」では圧延の進行すなわち材料の加工硬化に伴い必要な圧延圧力は逐次増加する。したがつて、優劣ロールの差がいちじるしくなるのは2パス以降が多いので、優劣各ロールについて圧延前後における組織を比較してみた。しらべたロールは前項のものとおなじロールで、あらかじめロールの試料（レプリカ）採取位置をチェックしておき、圧延後ロールの冷却するのを待つて（ロールが加熱されているとレプリカ膜が剥れにくい）水冷しながら極めて軽くバフ研磨して試料をとつた。こ

の結果では、A、B、C、いずれの組織のものも、変化をもたらしている様子はなかつた。すなわちA組織がB組織やC組織に変つているものも、またこの逆の現象もみられなかつた。この一例を Fig. 10 に示した。

## V. 総 括

### 本調査の結果

1. 実際作業に使用した薄鋼板冷間圧延用ワークロールの硬度変化の測定をまとめ、圧延成績および疵発生状態との関係を示した。ロール原表面より5~6mmの深さの辺りから急激に軟化を示すロールがいずれの点においても悪い結果をもたらした。
2. 実際使用中のワークロールの組織を電子顕微鏡によつて調査しその種々相を明らかにし、これらの組織と圧延成績との関係を示した。



Before rolling



After rolling

Fig. 10. Structures before and after rolling.

×13,000(2/5) before printing.

本調査がロールの製造上および使用上に役立てば幸甚である。なおワークロールの組織についての冶金学的考察は実験を継続中であるので、詳細はこれにゆずつた。終りに本調査に当つた亀山悦夫および荒瀬健一の両氏に深い謝意を表する。(昭 31—6 月寄稿)

文 献

- 1) A. S. T. M. Committee E-4: A. S. T. M. Proceeding Vol. 50 (1950) p. 444~492
- 2) A. S. T. M. Committee E-4: A. S. T. M. Proceeding Vol. 52 (1952) p. 543~572
- 3) W. L. Grube and S.R. Rouze: A.S.T.M. Proceeding Vol. 52 (1952) p. 573~591

## 冷間圧縮アームコ鉄中の蓄積エネルギー におよぼす加工速度の影響\*

美 馬 源 次 郎\*\*・山 根 寿 己\*\*\*

### ON THE EFFECT OF WORKING VELOCITY ON THE STORED ENERGY OF COLD WORKED ARMCO IRON

*Genjiro Mima, Dr. Eng. and Toshimi Yamane*

#### Synopsis:

The specific heats of Armco iron which was cold compressed with a high-speed working velocity (about 4.3m/s) and a low-speed one, were measured by Sykes' method, and stored energies were calculated and compared with each other. The results were as follows:

- (1) The stored energy was released in two steps.
- (2) The ratio of stored energy to the working energy were 4.9% in the case of the high-speed working velocity and 9.4% in the case of the low-speed working velocity.
- (3) The stored energies increased proportionally to  $\log (h_0/h)$ . Here  $h_0$  is the height of uncompressed samples,  $h$  is the height of samples after compression.
- (4) The authors can not clear the difference of the stored energies between the case of high-speed compression and low-speed one within the accuracy of this experiment. Lastly, they discussed the results using Mott and Stroth's theory.

#### I. 緒 言

金属の冷間加工において、これを静的に行う場合と動力学的に施行する場合とにおいて、加工された金属がどのように違うかを明らかにすることは、実際の加工法から考えて重要なばかりでなく、理論的にもまた、興味のある問題である。しかるにこの問題に関する研究報告は非常に少いようである。そこで著者らはこの問題の解明の第1段階として冷間加工した金属中に蓄積されるエネルギーが、静的加工と衝撃的加工とによつてどのように違うかを比較検討することにした。

#### II. 試験片の調製および実験方法

あらかじめ十分焼鈍したアームコ鉄円柱試験片をそれぞれ約 10, 30, および 70% 圧縮加工した後、施盤加工を極めて徐々に行い、比熱測定用試験片を作つた。比熱

は、Sykes の方法で測定した。また試験片の静的および動力学的圧縮には、それぞれ 30 t アムスラー試験機およびドロップハンマー (ハンマー重量 196 kg 落下高さ約 1m) を使用した。

#### III. 実 験 結 果

あらかじめ、十分焼鈍したアームコ鉄試験片の静微鏡組織は、Fig. 1 に示すごとくである。この試験片を圧縮した後、比重を測定したるに Fig. 2 に示す結果をえた。

図に明らかなように、静的加工を施した試験片の比重は加工率の増加とともに緩慢に低下して、すでに発表されている結果とよく一致している。しかし動力学的加工を

\* 昭和 30 年 10 月本会講演大会にて発表

\*\* 大阪大学工学部, 工学博士

\*\*\* 大阪大学大学院学生, 工学修士