

(1) Specimen of b group. (2) Specimen of d group.
Photo. 3. Microstructure of the specimens near the rolling surface. $\times 100(1/2)$

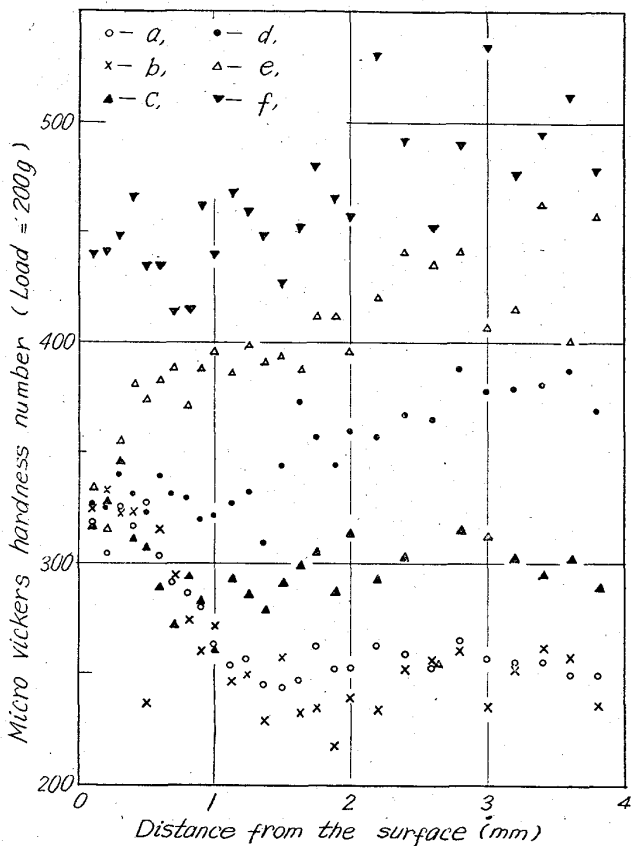


Fig. 2. Hardness distribution near the rolling surface.

(a) 転動面のマクロ腐食

転動後の試験片を切断し、横断面をマクロ腐食して観察した。その結果を Photo.2 に示す。写真からも明らかのように、くりかえし応力を受け加工硬化していると思われる部分は黒く縁どられてエッチングされている。硬度の高い d, e および f グループの試験片では、やや周辺部が黒ずんではいるが、a, b および c グループほど顕著ではない。a, b および c グループでは、黒化している部分の転動面からの深さは一定ではなく、0.5~1.5 mm くらいのところにある。せん断応力は 0.7b (b は接触巾) で最大となるが、本実験では 0.7b は計算により、約 0.28mm であり黒い縁の位置とは一致していない。各試験片につき、横断面でクラックを観察したが、表面から発生しており内部には認められなかった。

また Photo.3 に顕微鏡組織を示しておく。(1) は軟いグループから、(2) は硬いグループからの例である。(1) では表面組織の流動が認められたが、とくに変形による組織変化は認められなかった。

(b) 転動面附近の硬度分布

各グループの試験片の転動面附近の微小硬度の分布を Fig. 2 に示す。図からも a, b および c グループと d, e および f グループと明らかな相違があることが解る。すなわち前者のグループでは、転動面附近では硬度は高くなっているが、これは加工硬化によるものと考えられる。また後者のグループでは、前者とは逆に、硬度が低くなっているが、これはある程度転動面附近が焼戻されたためと考えられる。しかし光学顕微鏡による観察では、組織の変化は認められなかった。

IV. 結 言

補強ロール材 (Cr-Mo-V 鋼) の転動試験をおこない、転動により試験片表面に生ずる被害におよぼす試験材の硬度の影響をしらべた。その結果、寿命と試験材の硬度との間には関係が認められ、一般に硬度の高い方が寿命も長いことが示された。また低硬度の材料の表面層は、転動により強化され、これが寿命を長びかせるように働くことが示された。さらに試験片に現われる被害と実体ロールに見られるスポーリングとの比較を、その外的な様相だけから行ない、それらがよく類似した機構で生ずるものであることを示唆した。

文 献

- 1) 服部, 喜熨斗: NSK Bearing Journal, 807 (1959), p.22
- 2) E. V. ZARETSKY, W. J. ANDERSON: Proc. ASTM, 60 (1960), p. 627
- 3) 平野, 桑野, 木下: 機械学会前刷集, 92 (1963), p.55

531.78/2:539.3/9:621.771.07
(185) 大型鋼材の残留応力測定上の問題点 No. 64347

(冷間圧延用作用ロールの研究-I)

日本製鋼所 7P2063~2066

工博 下田秀夫・○阪部喜代三・松尾治男

Some Problems on the Residual Stress Measuring of Large Materials.

(Study on the working rolls of cold strip mills-I)

Dr. Hideo SHIMODA, Kiyozo SAKABE and Haruo MATSUO.

I. 結 言

鋼材の残留応力の測定についてはすでに多数の報告が発表されているが、さらに最近に至り、破壊現象の追求などから、個々の条件に応じた材料の残留応力の測定の重要性が一段と認識されてきた。

しかし残留応力の定量的測定は、金属抵抗線歪計や X 線などの採用によつて著しく容易になつたとはいえ、多くの時間と経費を必要とするのが通例であるため、小型材料の測定実績は多いのに比し、大型材の測定例はきわめて少ない。また測定に当つても、大型材の場合、小

型材の場合と異なつて、測定の中で失策を発見しても新らたに測定しなおすことは、実際面から不可能となる。したがつて測定に当つては万善の対策をあらかじめ構じて置く必要がある。

筆者らは永年大型材料の残留応力の測定に従事してきたので、実際面から測定に当つて留意すべき 2~3 の事項を報告することとした。なお本報告では、金属抵抗線歪計を用い、円筒形材料の SACHS 法による測定法に限定する。

II. 被測定材の長さの決定

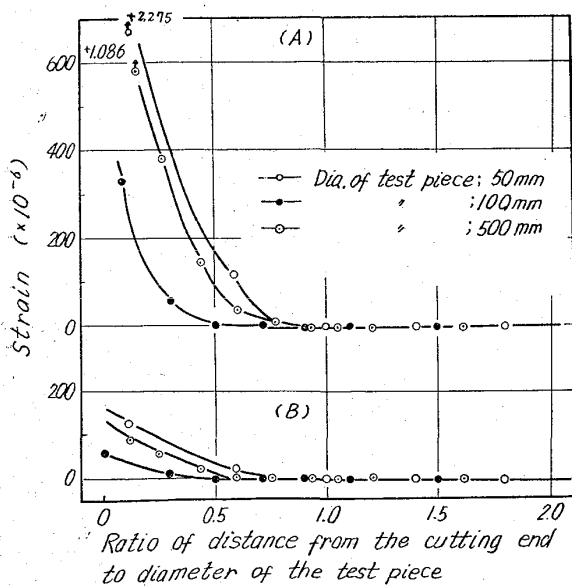
SACHS 法¹⁾では材料を無限延長のものとし、3 軸方向の応力は、それぞれ軸対象にあるものとして残留応力を求める。したがつて被測定材の切断端における応力解放の影響が現われぬように、通常直径の 3 倍以上の長さをとることが望ましいとされている。大型材では、材料の節減と切削時間の短縮の点から、測定値に影響のない範囲で、極力長さを短かくとることが必要となる。また、SACHS 法が発表された当時、歪計はすべて機械的な方法で測定されていたが、金属抵抗線歪計を使用する場合は、標点距離が短い点もあつて被測定材の長さは短縮されてもよいものとする。

焼入した 0.4% 炭素鋼の直径 50, 100, 400mm の材料の外周に、軸方向に連続して歪計を貼り、切断した場合、応力解放の影響が切断端よりどの程度の範囲まで現われるかを試験した。結果を Fig. 1 に示した。この被測定材の長さは、応力測定箇所を被測定材の中央とするならば、径の大凡 2.0 倍以上とすれば十分なことが明らかである。

III. 歪測定の際の温度補償

歪測定に際しては、室温の変化による被測定材の温度変化、金属抵抗線歪計を含む電橋回路の零点の変移および増巾、指示など測定回路の零点変動に対する影響について考慮を払う必要がある。

1) 電橋回路、測定回路の零点の変動



(A) Longitudinal strain, (B) Tangential strain. Fig. 1. Changes of strain owing to the end effect.

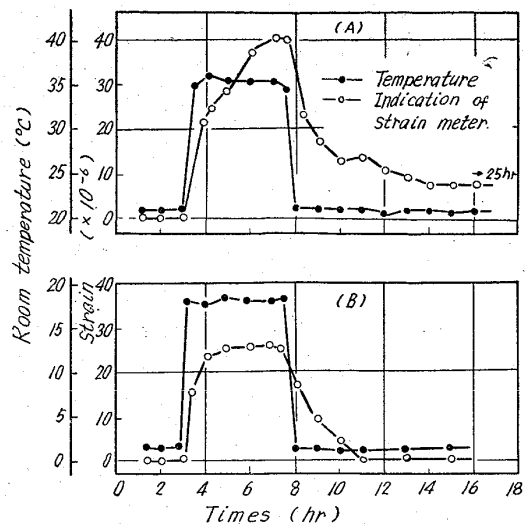


Fig. 2. Deviations of zero-indication of the strain meter according to temperature changes of the strain meter(A) and switch box(B).

静歪指示計は、電橋、増巾および指示回路を一計器に収蔵しているのが通常である。静歪指示計内に温度補償回路が設けられ、室温の変化による零点の変移が生じないようにされ、たとえ零点が変動しても、その量は小さく、測定前に Dummy gauge を用いて調整することができるため、特に問題にすることはないとされている。

しかし市販の静歪指示計について室温変化による零点の変移を測定した結果、Fig. 2のごとく予想外に大きな変動を生ずることが検出された。また多点測定のために使用する切換装置も室温変化によつて内部抵抗が変化し、歪指示計の零点の変動に作用する。

この検定は Dummy-Dummy 法を用い、Dummy gauge を温度変動の全くない恒温槽内に装入し、歪指示計および多点測定用切換装置にそれぞれ単独に温度変化を与えたものである。

Fig. 2 で特に留意すべきは、室温変化にたいする歪指示計の零点の変動が追従しないこと、さらに一度温度変化を受けた後は、温度が旧温度に戻つても零点が復元しないことである。

大型材の歪測定は季節、天候、日時にかかわらず実施せざるを得ず、また測定する材料、計器の設置場所も制約されることが多く、室温変化の激しい時間、場所で長時間にわたつて測定を続けることも少なくないから、測定の前後における静歪指示計の零点の変動を、その都度完全に確認することが必要である。またできる限り歪指示計、切換装置は恒温に保つような方法を構づることが望ましい。

なお抵抗線歪計と歪指示計を結ぶ導線について、同様に 20°C の温度変化を与え、抵抗の変化による歪指示計の零点の変動への作用を検討したが、約 5,000mm の長さまでの導線では無視できた。

2) 室温変化による被測定材の温度

室温の変化にしたがい被測定材の温度も絶えず変動する。この温度の変動による歪の変化は Dummy-Dummy 法によつて相殺する手段が構ぜられる。

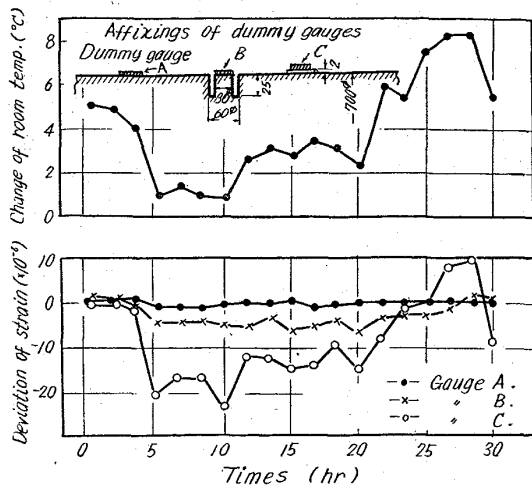


Fig. 3. Affixing methods of dummy gauges and deviations of strain due to room temperature changes.

この場合、被測定材と同一材質、同一形状の材料を用意し、この材料の上に貼った抵抗線歪計を Dummy とするか、あるいは同材質の小試片に抵抗線歪計を貼りつけたものを、被測定材との温度差を極力生ぜしめぬように被測定材の表面にとりつけて Dummy とする。

しかし前者の手段を用いても、被測定材は測定の都度、外層あるいは内層を切削され順次薄肉の円筒となるから Dummy gauge を貼りつけた材料と質量、すなわち熱容量が異なってくるため、室温が変化している際は両者間の表面温度は一致しない。したがって、このような現象を防ぐためには、切削予定の各形状に応じ、その形状のものをあらかじめ温度補償のために準備して置くことも考えられるが、大型材では実際上不可能である。

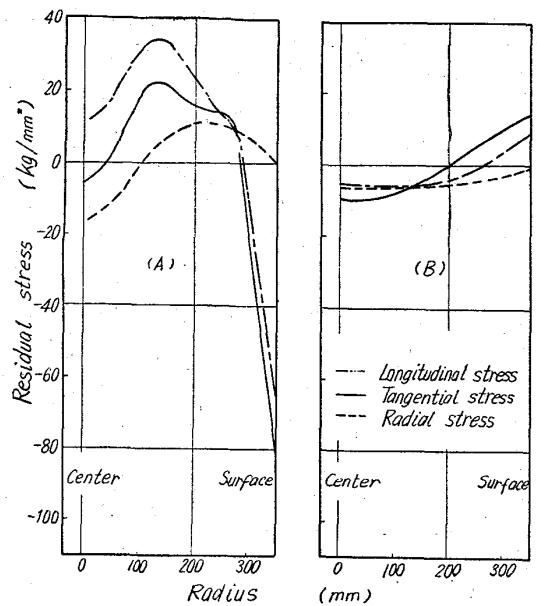
また後者の方法をとった場合、Active gauge と Dummy gauge の温度は一致しても、大型材料の表層と中心部には温度差があり、中心部からの拘束を受けて測定される歪には差異を生ずる。直径 700mm の材料の表面と、表面の一部を切り込み内部からの拘束を受けぬようにした部品に抵抗線歪計を貼付した場合、さらに厚さ 2mm の小試片の表面に抵抗線歪計を貼付たものを用いた場合、室温の変化によつて生ずる歪の差異を Fig. 3 に示した。

したがって大型材料の残留応力測定にあたって、室温の変化による歪の変動の補償は、たとえ Dummy gauge の有効的な使用を図つても厳密には不可能であるから、正確な測定を期待するならば、被測定材も恒温室に保持する必要がある。筆者らはビニール布で大気を遮断し、電熱の on-off 装置によつて恒温に保つた囲いの中に材料を装入して、この問題の解決を図っている。

3) 被測定材の内外温度差の均一化

室温の変化あるいは切削熱によつて被測定材の内外層には温度差を生ずる。この温度差は直接測定される歪に影響を与えるから、歪測定に当つては、内外の温度差が完全に均一にせしめた状態で実施しなければならない。

被測定材を恒温室に装入した後、材料が室温と同一温度に達し、内外にわたつて均一な状態になるまでに要する時間は計算によつて容易に求められるから、あらかじめ



(A) : as oil quenched from 850°C.
(B) : as normalized from 850°C.

Fig. 4. Distributions of residual stress in the diameter 710mm, 3% Ni-Mo-V steel shafts.

め恒温に保つ時間を決定して置かなければならない。

IV. 測定歪の取扱い

歪測定に当つて注意すべき点を挙げてきたが、これらは勿論必要とする残留応力の精度によつて取り扱い方を異にする。

直径 700mm の 3%Ni-Mo-V 鋼について油焼入および焼準状態における残留応力の測定結果を Fig. 4 に示した。一般に大型材の熱処理による残留応力の分布は、それが熱応力型あるいは変態応力型のものであつても、比較的単純な形を示すものが多い。このような場合は測定点も削減し、簡略化することもできるが、Fig. 5 に示した直径 400mm の 1%C, %Cr 鋼の焼入ロールの残留応力の測定例のごとく、内外層に大きな組織変化を示すような場合には前述のような測定上の注意が極めて重要なものとなる。

歪指示計によつて測定された軸方向、円周方向の歪、 λ, θ は SACHS の計算式の A, θ として表され、この実験点を結んだ曲線の傾斜から応力が求められることとなる。したがってこの曲線の傾斜のわずかな相異が計算によつて求められる応力値に大きな影響を与えるが、実験点にバラツキを生じた場合、信頼度を著るしく低下する怖れを生ずる。

Fig. 5 は測定された歪、 λ, θ とともに残留応力の分布を示したが、ロール表層部のマルテンサイト組織からパーライト組織への組織変化部に、応力分布の不連続が明瞭に示されている。この不連続部の発生は、筆者らの一人が変態を考慮に入れて残留応力を計算によつて求めた場合²⁾にも明らかにしたものであるが、同じくロールについて H. TREPPSCHUS³⁾, F. W. JONES⁴⁾ その他の測定ではこの不連続部を認めていない。測定上の詳細が不明なため、この相異の原因は明かにし得ないが、このような材料の残留応力の測定は細心な留意を必要とする

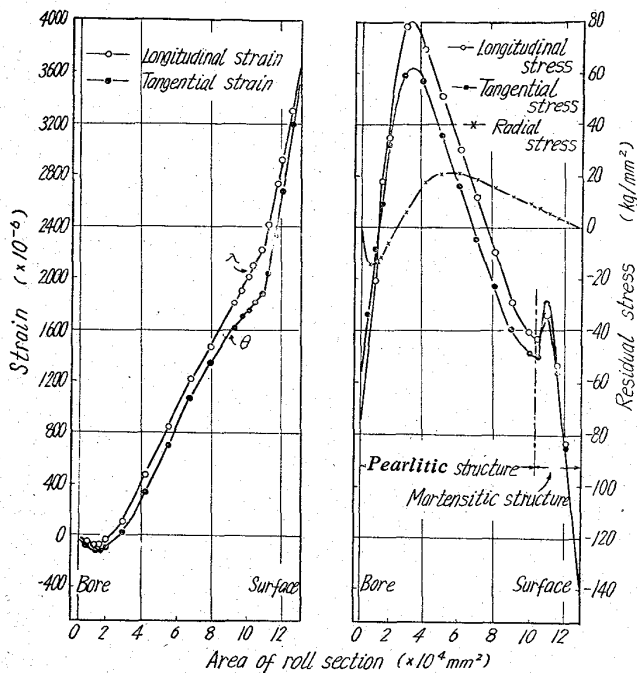


Fig. 5. Distributions of residual stress in the diameter 405mm. 1% C, 1% Cr forged roll for cold strip mill and strains at stress measuring.

ことを示すものとする。

V. 結 言

大型材の残留応力の測定に当つて留意すべき 2~3 の事項を、事例を挙げて述べた。大型材の残留応力測定の実績の少ない点からも、今後測定を試みんとする場合、なんらかの参考になれば幸いであるとする。

文 献

- 1) G. SACHS: Zeit Metalkunde, 19 (1927), p. 352
- 2) 下田: 日本金属学会誌B, 14 (1950) 3, p. 13~16
- 3) H. TREPPSCHUS: Arch. Eisenhüttenw., 10 (1960), p. 354~360
- 4) F. W. JONES: Steel and Coal, (1960), p. 429~436

539,422:539,319:62,777,019
62,777,017:62,777,237,016,3
(186) 冷間圧延用作用ロールの残留応力と早期破壊現象について

(冷間圧延用作用ロールの研究-II)
日本製鋼所 No.64348

工博 下田秀夫・○阪部喜代三・松尾治男

Effect of the Residual Stress on the Premature Failure of Cold Strip Mill Rolls.

(Study on the working rolls of cold strip mills-I) PP2066~2069

Dr. Hideo SHIMODA, Kiyozo SAKABE and Haruo MATSUO

I. 緒 言

冷間圧延用作用ロールは、圧延の際の高い圧延圧力に

耐え、かつ磨耗に対する抵抗性から高い表面硬度が要求されるため、一般に高炭素クロム鋼の特殊鍛鋼ロールを水焼入し、100~250°C程度の低温で応力除去焼鈍を行なつた状態のものが用いられる。

したがつてロール内部には、きわめて大きな熱処理応力が残留するため、置き割れ、表面焼入硬化層のチル剥げなどの事故を発生することが多い。

筆者らは熱処理条件をかえた多くのロールについて残留応力を実測する一方、計算によつて残留応力の分布を求める方法を報告¹⁾したが、さらにロールの中心孔壁よりの疲労による早期異常破壊現象について、残留応力の点から検討を加えたので報告する。

II. ロール中心孔からの早期破壊現象

圧延作業中、ロール外径が楕円変形を起し、はなはだしい場合には割れを発生する現象が認められる。これらのロールの軸方向破断面を Photo. 1 に、また径方向断面を Photo. 2 に示したが、破壊はロール中心孔壁を起点として、ロール表面側に進展した疲労破壊である。

この破壊現象は、ロール使用の初期に発生し、通常のロールの寿命に対してわずか 1/10~1/20 の圧延使用時間で使用不可能に陥いる。また破壊現象の発生は、特定の工場で、特定の時期に生産された少数のロールのみに

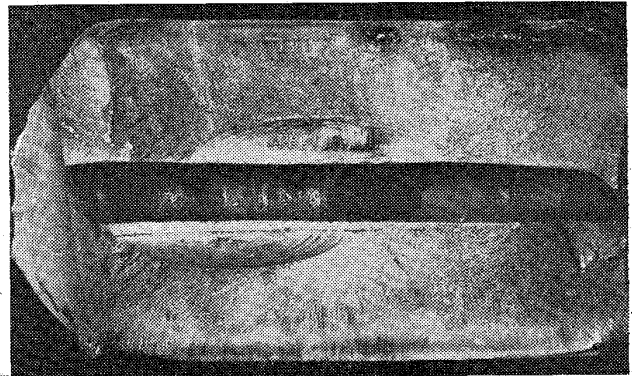


Photo. 1. Fracture of the failed roll.

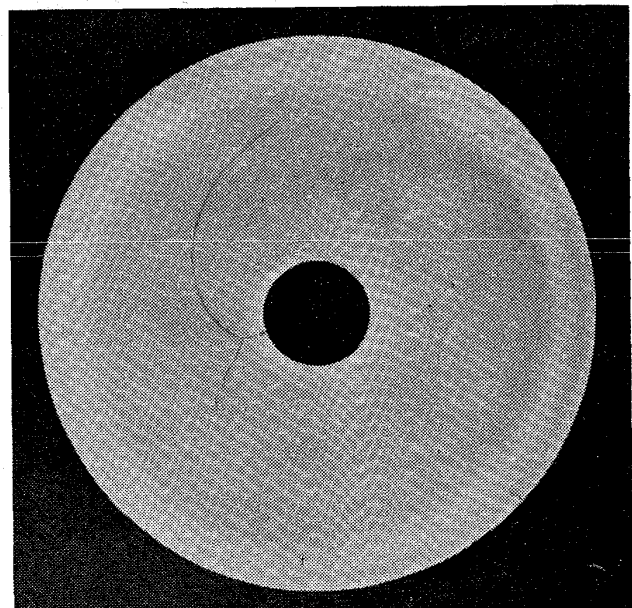


Photo. 2. Section of the failed roll.