

Fig. 2. Change in roll profile.

つぎに一個の試料内部のかたさ分布から求めた温度勾配をみると、Fig. 1に示すように表面から1mm内部ではせいぜい150°C程度にすぎず、この間約500°/mmという急激な温度勾配が存在することがわかる。これはきわめ大きな熱応力を生ずるに足るもので、表面に直角のいわゆるファイクラックの原因になるだけでなく、補強ロールなどからの剪断応力に対する表面層の疲労強度を低下させるであろう。

#### V. 熱膨張の影響

圧延材からの熱は表面を加熱するだけでなく、ロール内部に蓄積されて全体を膨張させる。ロールを圧延機から下した直後表面は40~60°C程度で、とくに胴部中央の温度が高い。この時点で直径を測定するとFig. 2に示すように中央部が全般的に太く、流星多発部分はその中でわずかに凹である。ところが完全冷却後にふたたび直径を測定すると流星多発部分は周囲に比べて著しく凹になっている。これからわかることは、流星発生直前にはその部分は熱膨張のために周囲よりもとくに凸であつたこと、そしてこれが流星発生という形で摩擦して周囲と同程度の平面に近づくこと、それゆえ冷却後にはそこが凹になること、である。したがってワークロールと補強ロール、あるいは圧延材との間の接触応力を高めるようなワークロールの局部的膨張はさけるべきである。

#### VI. 結 言

従来、流星の原因として介在物、ピンホール、あるいは鑄鉄のバンディングに対するスケールの食い込み説<sup>7)</sup>と同様の機構、などが考えられたりしていたが、これらはいずれも主要な原因ではなく、鑄鉄のバンディングに対してWILLIAMSが提唱したと同様に<sup>8)</sup>、鑄鋼の流星も熱応力および機械的応力による微少スポーリングがその本質であると考えられる。すなわち表面温度600°C、温度勾配500°/mmという厳しい温度条件と、補強ロールなどからの剪断応力が基本要因となり、これに不適正な顕微鏡組織と、ロールの局部的熱膨張による応力集中が加わるときに流星発生に至る。

#### 文 献

- 1) F. H. ALLISON: Iron and Steel Eng., 33 (1956), June, p. 98~99
- 2) 関本: 日立評論, 別冊42 (1961), p. 43~49
- 3) C. F. PECK: Iron & Steel Eng., 31 (1954) June, p. 45~58

- 4) A. M. BELANSKY: Iron & Steel Eng., 33 (1956) March, p. 62~64
- 5) 奥本: 鉄と鋼, 49 (1963) 10, p. 1619~1620
- 6) J. H. HOLLOWAY: Trans. Met. Soc. Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 162, p. 223~249
- 7) PETERSON: Iron & Steel Eng., 33 (1956) Dec. p. 98~101
- 8) W. J. WILLIAMS: Iron & Steel, (1962) Aug. p. 372~383

### (107) 熱間加工時に発生するしわ状疵について

(鋼材の加熱条件と熱間加工性との関係—II)

八幡製鉄, 光製鉄所

岡本一生・○江口直記・富永治朗

#### Wrinkle Defects Occured during Hot Working.

(On the relation between the heating conditions and the hot workabilities of some commercial steels—II)

Kazuo OKAMOTO, Naoki EGUCHI and Ziro TOMINAGA.

#### I. 緒 言

前報<sup>1)</sup>で数種の実用鋼材の加熱時のスケールの性状を調べ、これが鋼の熱間加工性におよぼす影響を調べるとともに、スケールの影響が少ないと考へられる加熱、加工温度における熱間加工性の検討を行なつた。

本報はこれに引続いて熱間加工時に生ずる表面疵特に圧縮加工材の側面に生じやすいしわ状疵の発生要因について実験を行なつた。このしわ状疵は鋼材の品質面にかんがひの影響をおよぼすため従来から多くの研究がなされて<sup>2)</sup>いるが必ずしも明確な結果は得られてない。

そこで本報では特に加工温度、加工法などの加工条件ならびに鋼種の影響に注目して実験した。

#### II. 実験方法

実験に用いた試料はいずれも70mmφ鋼片に圧延したSWRH4A, SWRS2A, SuP 6, SuP 10, SuS 27などの実用鋼から切出し、200#ペーパーで仕上げた断面25×25mm<sup>2</sup>(角隅半径4.5mm)、長さ50mmにした。試料はマッフル型電気炉を用い空气中で900~1200°Cの間の各温度で10min加熱し、50t万能試験機に取付けた平またはオーバル形工具で20~50%圧縮して寸法変化を測定した後、中央で横切断し顕微鏡で疵を調べた。疵は数と深さを測定し単位長さ当りの深さの和をしわ疵指数とした。

なお試料形状などの影響もあわせて実験した。

#### III. 実験結果

##### 1. しわ疵

SWRH4A および SuP 6 を平工具で 20, 30, 40, 50%それぞれ圧縮した場合、しわ疵指数は各温度とも圧縮率が増大するにつれて増加する。割れは深さ0.03mm

前後のスケールのつまつた楔状で先端の分岐はない。  
Fig. 1 (a)は温度ならびに鋼種の影響を示し、SuS27を

除き各鋼種とも温度が低くなるとともにしわ疵指数は増大しさらに温度が低くなると減少する。しわ疵指数はSuP 6, SuP 10などのばね鋼がSWRH4A, SWRS2Aなどの硬鋼にくらべ大きく、前報のⅡ型スケールの生成と関連あることがわかるが、温度が低くなるにしたがい増大するのはこれら鋼の塑性が悪くなるためである。SuS27は温度が高いほどしわ疵指数は大となりスケールの影響を強くうける。Fig. 1 (b)はオーバル工具の場合を示しほぼ同様の傾向がみられる。この場合側面自由端の変形は平工具の場合と異なり表面縮れの現象を起しやすいと思われるが、この現象があまりみられなかつたのは試料角隅に丸味を作っていたためと考えられる。部位別に割れ程度を調べるとFig. 2に示すごとく、端部になるにしたがいまた圧縮率が大になるほどしわ疵指数は大になる。

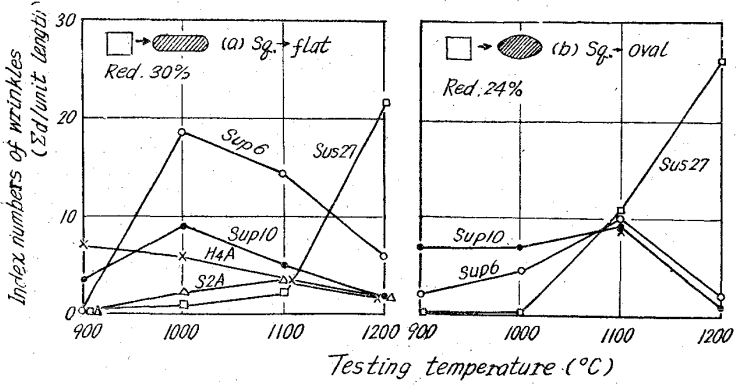
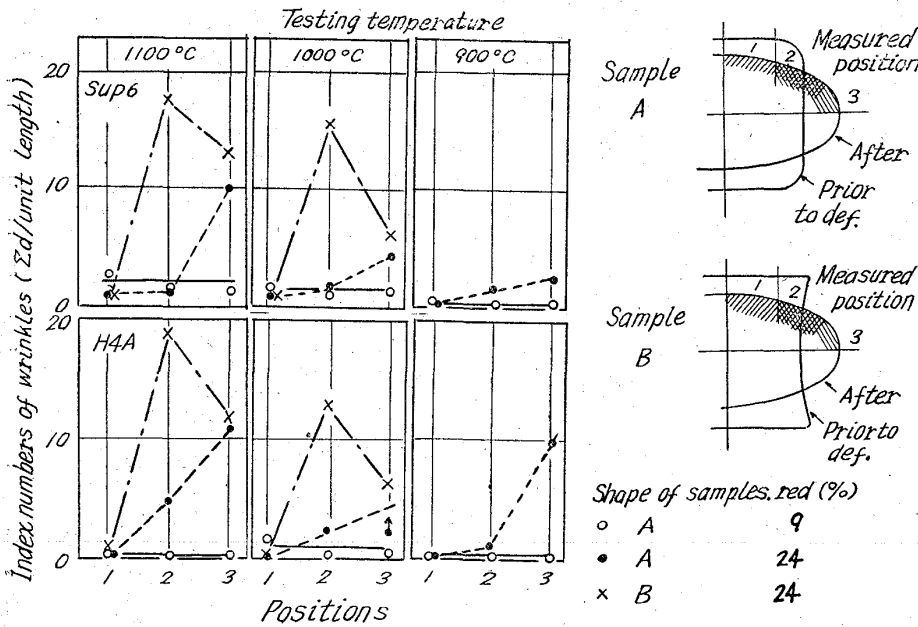


Fig. 1. Influence of temperatures on the wrinkles occurred to hot compressed samples.  
(d: depth of wrinkles, 0.01 mm)

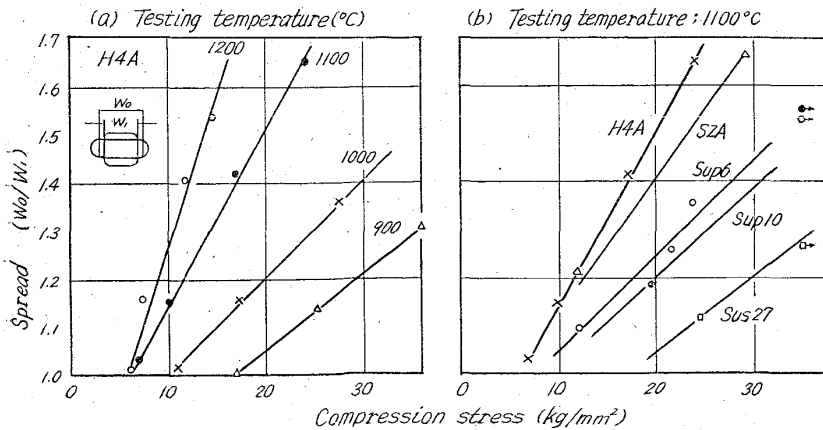


2. 巾広り

条鋼圧延では巾広りは重要な因子であるため多くの研究が行はれているが、それによれば巾広りは圧下に比例する。この場合の比例常数は変形温度、ロール径、圧延速度、摩擦係数、鋼成分などにより変化すると考えられる。しかし温度、特に鋼成分の影響についての意見は必ずしも一致しておらず、A. Pomp<sup>4)</sup>らは巾広りに鋼成分、温度はほとんど影響しないと、W. Gross<sup>5)</sup>らは温度が低くなるとともに巾広りは増しさらに温度が下ると減少し、その最高を示す温度および広り量は鋼成分で大巾に異なるとしている。

本実験は静的圧縮であり圧延の場合と条件は異なるが、鋼種および温度の影響を調べてみた。Fig. 3中に示すごとく  $W_1/W_0$  ( $W_1$ : 試料の最初の巾,  $W_0$ : 圧縮試料の端部丸味を除いた巾)を巾広りとし

Fig. 2. Changes of wrinkles by measured positions on the samples deformed to oval and influence of a shape of sample.



これと圧下率  $\Delta h/h$  ( $h$ : 試料の最初の高さ,  $\Delta h$ : 圧下量)との関係を求めると、各温度とも  $W_1/W_0$ は  $\Delta h/h$ の増加とともにほぼ直線的に増大し、実験範囲内では温度および鋼種に無関係である。端部丸味を考慮してもこの傾向は変わらない。しかし鋼種により変形抵抗が著しく異なるので変形応力に対し巾広りの関係を求めると Fig. 3 (a)のごとく同一応力では温度が高くなるほど巾広りは増大する。また鋼種間では Fig. 3 (b)に示すごとく同一応力では変形抵抗が高い鋼種ほど、巾広りは小さくなる。このことは同一調整をした連続圧延機で圧延した

Fig. 3. Influence of temperatures on the spread of compressed steel and a comparison of spread of each steels tested.



Photo. 1. A microstructure of cracks (resemble to defects produced by overfills). occurred on the concaved shape sample hot-pressed to oval shape. (SuP 6, 1000°C,) ×100 No etch. (4/5)

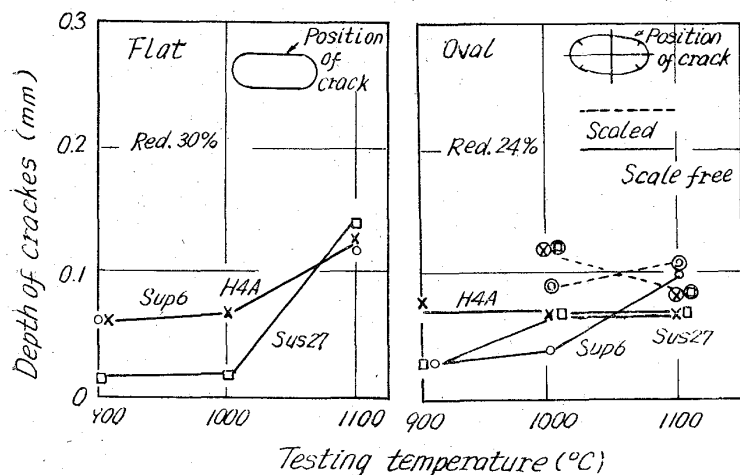


Fig. 4. Influence of temperatures on the cracks of concaved shape samples hot-pressed. Each samples were cooled to testing temperatures from 1150°C (heating temperature).

場合、温度が低下するとともに次第に断面積が大きくなり、かみ出しを生じやすくなつたり、同一孔型に変形抵抗の異なる鋼材を引続いで圧延した場合、変形抵抗の大きい鋼ほど巾広りが大きくなり勝ちであることを定性的に示すものである。このように鋼種により断面形状が少しずつ変わってくるので、2, 3の形状のものについて疵の発生状況を調べてみた。またかみ出し部の形状により疵の形態、深さに著しい差が生ずることがわかった。

### 3. 屈曲割れ

中凹み試料をオーバル工具を用い 1100°C で 9, 24, 27%それぞれ圧縮すると Photo. 1 に示すような割れが元の角隅部近くに発生する。外観では一筋に見えるが断面は写真のごとく凹みの底に 2~3 条のスケールのつまた割れがあり、その深さは圧縮率が増すにしたがい深くなり、鋼種によつて差があるようであるが明確ではない。この割れは先のしわ疵と異なり深さも深く、先端が数条に別れ生成機構も異なる。高島は<sup>2)</sup>中空鋼試料をいろいろな条件で圧縮し内面にこの種の割れが発生するこ

とを見出しているが、本実験の割れもこれと同様である。

加熱時のスケールの影響を除くため石灰中あるいは炭酸バリウムを混じた木炭中で 1150°C に加熱後 1100~900°C の間の各温度に冷却し、平およびオーバル工具でそれぞれ 30 および 24% 圧縮し屈曲割れにおよぼす加工温度の影響を調べた結果、Fig. 4 に示すごとく、表面スケールが少ない時にも屈曲割れは生じ、温度が低くなるほど割れは浅くなる。温度が高いと割れ口は太く、温度が低いと鋭い割れになる傾向がある。

屈曲割れは最初しわを生じ、圧縮の増加とともにその底部が応力集中のため割れ、その周辺の材料の迂りの差で徐々に小割れに分岐するため樹枝状になるもので、割れの深さを規定するのは最初に生じたしわの形態によると思はれる。表面スケールが存在する場合、スケールは内部に折込まれるが割れの先端まで侵入するのではない。しかし一般には酸化表面のものが割れは深くなるようである。

このような屈曲割れを生ずる部位にはしわ疵も多くなるようである。中凹み試料をオーバル工具で 9 および 24% 圧縮し、正常のものと比較すると、工具に接しない側面 (Fig. 2 位置 3) のしわは中凹み材がやや多いが、それにも増して角隅部近くに相当する位置 (Fig. 2 位置 2) では著しくしわが増大する。

平工具で圧縮した場合も同様である。

そこで、逆に半径 50mm の中張れ試料を 20~50% 圧縮すると、このようなことは生じなかつた。

## IV. 結 言

前報に引続き、数種の実用鋼材を用い熱間圧縮試験により圧縮鋼材の側面に発生するしわ状疵について実験した。しわ疵は加熱時粒界侵入スケールの生じやすい鋼種に多く発生し、加工率が大きくなるほど著しくなる。また被圧縮材の形状にも強く影響される。

巾広りを調べた結果、変形抵抗が大きい鋼ほど、同一応力では巾広りは小さくなり、連続圧延ではかみ出しになりやすい傾向がある。そこで断面形状を変えて試験した結果、場合によっては内面屈曲割れを生じ、これはしわ疵と異なるものであることがわかった。

## 文 献

- 1) 太宰, 他: 鉄と鋼, 49 (1963) p. 1627
- 2) 例えば, 吉田: 鉄と鋼, 37 (1951) 145, 427, H. CRAMER: Stahl u. Eisen (1935), p. 797, 太宰: 鉄と鋼, 49 (1963) p. 1676
- 3) 高島: 鉄と鋼, 36 (1950), p. 90
- 4) A. POMP: Stahl u. Eisen, 57 (1937), p. 913
- 5) W. GROSSE: Stahl u. Eisen, 79 (1959), p. 855