

Table 3. Extraction weight and composition of synthetic inclusions in rolled irons.

Sample	Extraction weight (mg/g)	Composition (%)			
		MnO	SiO <sub>2</sub>	FeO	Total
M3L1	5.03	18.16	18.63	58.49	95.28
RL1	4.92	18.62	17.38	52.33	88.33
TL1	3.93	21.27	15.88	47.23	84.38
M8L1	5.83	20.30	6.60	42.88	69.78

bの方はかなり低い値を示している。また Fig. 2 に示すように MnO-SiO<sub>2</sub> 平衡状態図に各合成介在物の組成とその  $\nu$  値を対比してみると、両圧延温度範囲ともに SiO<sub>2</sub> 量の増加にしたがって変形度が大きくなる傾向が認められた。しかしこれは軟化温度が SiO<sub>2</sub> 量の増加とともに高くなるという T. MALKIEWICZ と S. RUDNIK<sup>6)</sup> および E. SCHEIL と R. SCHNELL の報告<sup>7)</sup> に矛盾している。なお Photo. 1 に示すように核部を有する heterogeneous な介在物が多数存在している。これらの事実から電解鉄地試料の場合、挿入した介在物は熱間圧延中にその組成が著しく変つたものと推定する。

そこで圧延後の介在物を電解抽出して化学分析を行なったところ、Table 3 に示すようにいずれも多量の Fe を含んでおり、X線回折の結果 Wüstite および Fayalite (2FeO·SiO<sub>2</sub>) として存在することが明らかになつた。さらに X線マイクロアナライザーによつて介在物組成を検査したところ、M3 については核部が Wüstite で matrix は MnO を少し含んだ Fayalite、T、M8 については核部が FeO-MnO 固溶体で matrix は Fe-Mn silicate であることがわかつた。

さて、このような変質の機構について考えてみると、まず試料の内部には多数の空隙があり、また溶射被覆も完全でなかつたために均熱、圧延時を通じて多量の FeO が生成した。Photo. 1 c に見られる介在物はこれであり、この試料を電解したところ 3 mg/g の FeO が抽出された。この FeO は圧延時地金属の塑性流動によつて挿入した介在物に衝突し、侵入固溶したものと推察するが、なお詳細は検討中である。

#### 4. 結 言

(1) amor. Silica,  $\alpha$  Cristobalite は脆性破壊して圧延方向に並び、Manganese silicate は塑性変形して紐状に延びる。かつ融点の低いもの程その変形度が大きくなる。

(2) 介在物粒度が 105~44  $\mu$  の範囲では、変形度に対する粒度の影響は認められない。

(3) 介在物として Manganese silicate と Wüstite が共存する場合は熱間圧延中に合一して Fe-Mn silicate に変質し、heterogeneous なものになると生成した核部がその変形を妨げる。

#### 文 献

- 1) 伊佐, 岩井, 辻野: 鉄と鋼, 52 (1966) 4, p. 577
- 2) 伊佐, 岩井, 井上, 辻野: 鉄と鋼, 51 (1965) 4, p. 821
- 3) R. KIESSLING and N. LANGE: J. Iron & Steel

Inst. (U. K.), 201 (1963), p. 1016

- 4) R. KIESSLING, S. BERGH and N. LANGE: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), 200 (1962), p. 914
- 5) R. KIESSLING, S. BERGH and N. LANGE: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), 201 (1963), p. 509
- 6) T. MALKIEWICZ and S. RUDNIK: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), 201 (1963), p. 33
- 7) E. SCHEIL and R. SCHNELL: Stahl u. Eisen, 72 (1952), p. 683

## (231) 転動による被害におよぼす材料の組織の影響

(補強ロール材の転動による被害に関する研究—IV)

日本製鋼所, 室蘭製作所

工博 荒木田豊・堀 清・○工藤浩一

Effect of the Structure of Materials on the Damages Due to Rolling Contact.

(On the damages due to rolling contact of back-up roll materials—IV)

Dr. Yutaka ARAKIDA, Kiyoshi HORI and Koichi KUDO.

### 1. 緒 言

補強ロールのスポーリングに影響をおよぼす因子には大別して機械的因子および材質的因子がある。それらのうち材質的因子としての材料のかたさ、鍛造フローおよびゴーストの影響についてのモデル試験の結果は著者らが第2報<sup>1)</sup>および第3報<sup>2)</sup>ですでに報告した。

一般に熱間補強ロールの表面のかたさは、初期の頃には Hs 40 程度であつたが最近では Hs 60 を越すものが製造され使用されるようになった。これらの表面付近の組織はベイナイトあるいは焼もどしマルテンサイトである。補強ロールのように質量の大きな材料を熱処理すると質量効果のために表面層と内部とは冷却速度にちがいが生じ、かなり異なつた組織となつている。Fig. 1 に実体の補強ロールスリーブの表面からの硬度分布および各深さでの顕微鏡組織の一例を示す。表面層では焼もどしマルテンサイトであるが、表面より 40 mm 程度入つたところではかたさの上昇がみられ、この付近からベイナイトあるいはパーライトが生じはじめている。ところで実際には補強ロールは片面 50~60 mm 程度まで使い込まれることおよび実際のスポーリングは使い込まれてからの発生頻度が高いことが経験的に知られていることから、補強ロールの組織と耐スポーリング性との関係を知ることは重要なことであると考えられる。

そこで本報告では材料の顕微鏡組織ところがり疲れ強さとの関係について3段ロール型転動試験機を用いて実験室的に調べた結果についてのべる。

### 2. 試料および実験方法

#### 2.1 試 料

本研究に用いた粗材は実体の補強ロールスリーブの廃材である。スリーブ材をガス切断後鍛造して 80 mm  $\phi$

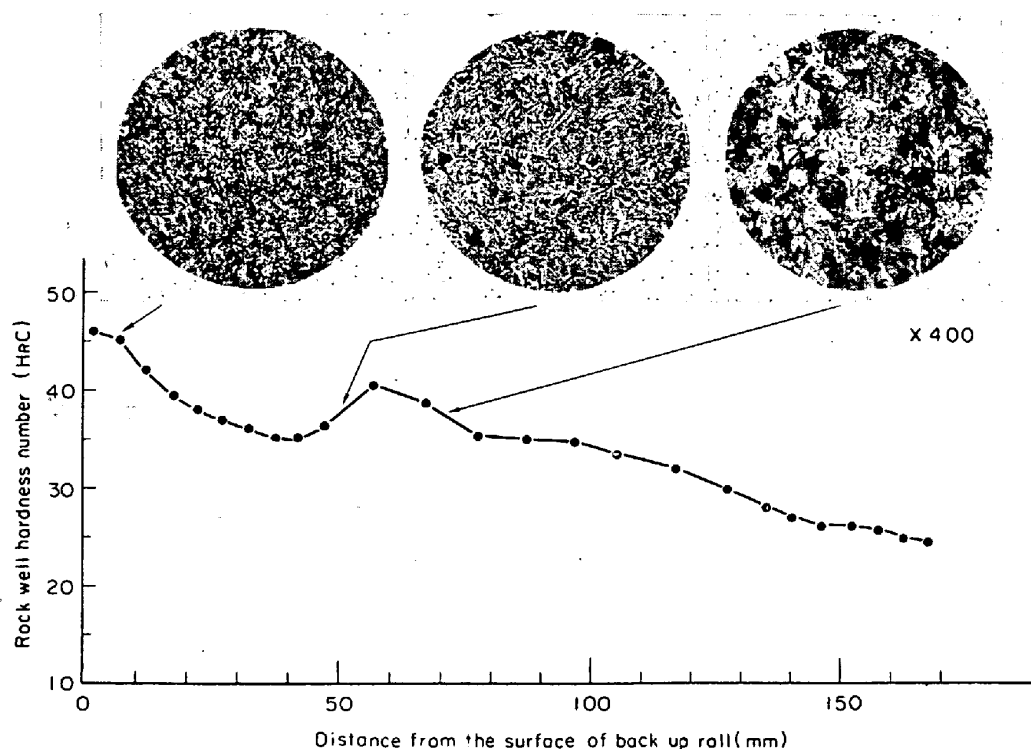


Fig. 1. An example of microstructure and hardness distribution of the cross section of back-up roll.

Table 1. Chemical composition of material

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
0.74	0.35	0.59	0.022	0.016	0.15	1.09	0.25	0.10

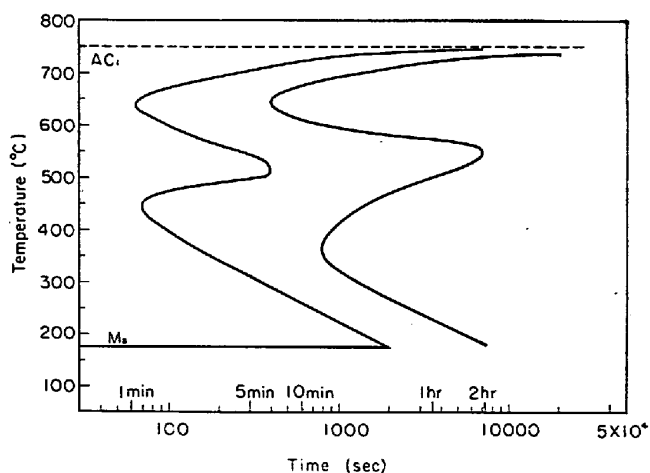


Fig. 2. Isothermal transformation diagram of Cr-Mo-V steel.

の丸棒とし、これから転動試験片を採取し熱処理をほどこして試験に供した。この材料の化学組成を Table 1 に示す。

試験片の組織を変えるためあらかじめこの材料の恒温変態曲線 (S 曲線) を求めた。S 曲線はかたさおよび組織を調べる方法によって決定した。その結果を Fig. 2

に示しておく。AC<sub>1</sub> 点は約 750°C, Ms 点は約 175°C であった。また恒温変態処理を行なった後に焼もどしを行ない、マルテンサイト、ベイナイトおよびパーライトの各組織についての焼もどし曲線を求めた。試験片の組織は実体ロールの組織を考慮して焼もどしマルテンサイト、ベイナイトおよびパーライトの 3 種類とした。Fig. 2 に示す S 曲線から各組織を得るためにつぎに示す熱処理を行なった。組織によってかたさが異なっているとして整理されにくくなるので、実体ロールと比較してかたさが低くなるが焼もどしによって試験片のかたさを一定とした。焼もどしマルテンサイト組織の試験片は 850

°C に加熱し 1 hr 保持後油焼入れ、a グループは 620°C, 2 hr 保持後空冷、b グループは 700°C, 2 hr 保持後空冷の焼もどしを行なった。ベイナイト組織のものは 850°C に加熱し 1 hr 保持後、350°C に加熱保持した鉛浴中に入れ 2 hr 保持し恒温変態を行ない空冷して得た。c グループは焼入まま、d グループは 680°C に加熱 2 hr 保持空冷の焼もどしを行なった。パーライト組織は 850°C に加熱 1 hr 保持して 650°C に保った鉛浴中に入れて 2 hr 恒温変態を行ない空冷し、それを 500°C で 2 hr 保持・空冷の焼もどしを行ない e グループとした。

a および c グループについては試験片 2 コずつ、b, d および e グループについてはそれぞれ 3 コずつ用意した。試験片のグループ、組織、熱処理およびかたさをまとめて Table 2 に示しておく。

## 2.2 実験方法

実験に当っては第 1 報<sup>3)</sup>でのべた 3 段ロール型転動試験機を用い荷重はヘルツの最大接触応力で約 144 kg/mm<sup>2</sup> マシン油による潤滑を行ない、試験片回転数 1600 rpm で転動した。寿命の比較は第 1 報で詳細にのべた被害指数が 100 となった時の試験片のころがり接触数で行なった。さらに表面疵の発生時のころがり接触数についてもやや大まかではあるが求めて比較した。また寿命に達した試験片の表面付近の状態についていろいろの観察をした。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 転動試験

ロックウェルかたさ H<sub>R</sub>C 25 の b, d および e グループについては試験片 3 コずつ、H<sub>R</sub>C 38 の a および c グループについては 2 コずつを転動させた。それらの結

Table 2. Hardness and heat treatment of each group.

Group	Structure	Heat treatment		Hardness (Rc)
a	T.M.*	850°C × 1hr → O, Q	620°C × 2hr → A.C	38.0
b	T.M.*	850°C × 1hr → O, Q	700°C × 2hr → A.C	24.5
c	Bainite	850°C × 1hr → 350°C	Pb bath × 2hr → A.C	38.0
d	Bainite	850°C × 1hr → 350°C	Pb bath × 2hr → A.C, 680°C × 2hr → A.C	25.0
e	Pearlite	850°C × 1hr → 650°C	Pb bath × 2hr → A.C, 500°C × 2hr → A.C	25.0

\* T.M. = Tempered martensite

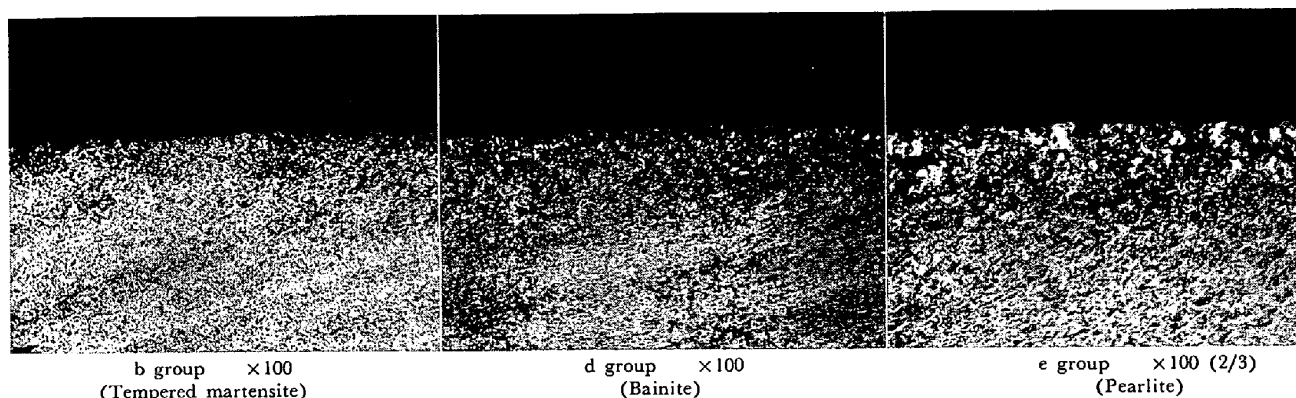


Photo. 1. Aspects of the cross section of tested specimen from b, d and e group.

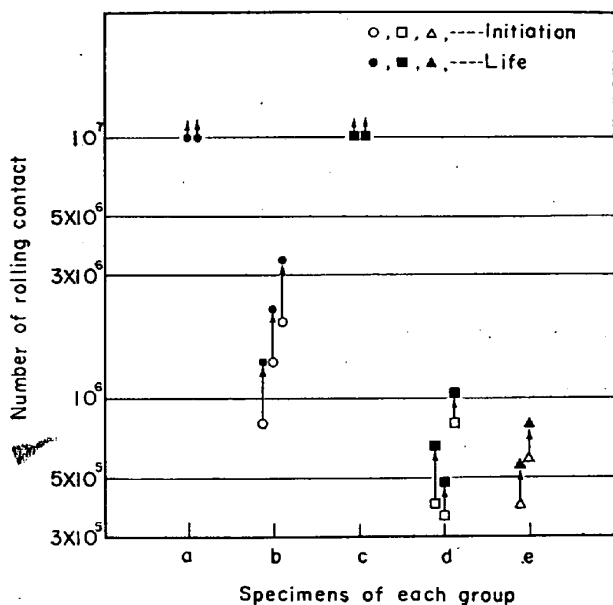


Fig. 3. Rolling contact life of specimens of each group.

果を Fig. 3 に示す。縦軸にころがり接触数、横軸には各グループをとつてある。かたさ  $H_{RC} 38$  の a および c グループはころがり接触数  $1.0 \times 10^7$  回でもこの実験条件では疵が現われず、ともに良好なころがり接触強さを示している。また  $H_{RC} 25$  の試験片については焼もどしマルテンサイトの寿命が長く、かつクラック発生開始時期も遅い。ベイナイトおよびパーライト組織のものは両者の間に差はほとんどなく焼もどしマルテンサイト組織のものにくらべてかなり寿命が短いことが明らかである。ここでのベイナイト組織は変態温度および顕微

鏡組織から考えて下部ベイナイトであり、かなり微細なものであるにもかかわらずパーライト組織と同程度の寿命であつたことが注目されよう。

炭素鋼あるいは純鉄などのへき開破壊についての従来の研究によればマトリックス中に析出する炭化物が応力集中を起こしてクラックの発生起点となつていと報告しているものもある。クラックの発生起点をみつけるような詳細な実験を行なつていないので推論の域を出ないが、ベイナイトおよびパーライト変態における変態生成物あるいは種々の炭化物がクラックの発生にかなり大きな役割りを果たしていることは考えられよう。また  $H_{RC} 38$  の焼もどしマルテンサイトおよびベイナイト組織の試験片にはクラックが発生しなかつたが、このことは材料のかたさの影響がこの実験条件下では強くてもこのことからマトリックスへの炭素の溶け込み量などもマトリックス自体の強さおよび炭化物の形状とあわせてクラック発生に寄与する因子と考えられる。このような問題はさらに詳細な実験が必要であり、今後の研究課題である。

### 3.2 転動面付近の観察

b, d および e グループのうちから寿命に達した試験片をそれぞれ 1 コずつ選び、その表面および断面を観察した。各グループの試験片の断面写真を Photo. 1 に示す。いずれも表面から  $1.0 \sim 1.5 \text{ mm}$  程度までは組織が著しく流動しており、この範囲ではかたさの上昇も認められる。ところが表面のごく近くでは流動ははげしくなく、表面を観察しても流動はごく少ないことが明らかとなり、微少かたさを荷重 50 グラムで測定してもかたさの上昇は内部のかたさ上昇と比較して少ない。この現象はころがり接触における接触圧力の挙動と何らかの関係があると推察される。この実験における表面疵の発生は

試験片の表面あるいは表面からごく浅い部分と考えられるのであるが、著しい流動層とあまり流動していない層との境界付近がクラックの発生しやすい部分とも考えられよう。

歯車材についてのころがり接触に関する従来の研究の1つにパーライト組織ではセメントタイトに沿ってフェライト中にクラックが生ずることをみつけているものもあるが、本実験では層状パーライトが微細であり、かつ表面付近でのクラックが大きいものしか見つからないこともあり、クラックが組織のどのような部分に発生し、かつ伝播するかについては明らかとはならなかつた。

#### 4. 結 言

補強ロール材(Cr-Mo-V鋼)の転動試験を行ない、転動により試験片表面に生ずる被害におよぼす材料の組織の影響を調べた。その結果、材料の組織としては焼もどしマルテンサイトが最も転動に対して強く、ベイナイトおよびパーライトは前者に比較して劣る。これはおそらく地金中への炭化物の分散状態によるものと考えられる。この実験結果をもとにして、当所では補強ロールの材質に焼入性の良いものを選び、これに強裂な焼入を行ない表面から深い部分までマルテンサイト組織とし、質量効果によつて生ずるベイナイトおよびパーライト組織をロール内部におい込みかなり良い成績をおさめていることを付言する。

#### 文 献

- 1) 下田, 荒木田, 工藤: 鉄と鋼, 50 (1964) 12, p. 153
- 2) 下田, 荒木田, 堀, 工藤: 鉄と鋼, 51 (1965) 5, p. 61
- 3) 下田, 荒木田, 堀, 工藤: 鉄と鋼, 50 (1964) 12, p. 155
- 4) C. J. McMAHON, Jr. and M. COHEN: Acta Met., 13 (1965) June, p. 591
- 5) D. POHL: Stahl und Eisen, 82 (1962) Nr 4, 15 Feb., p. 211

### (233) ガス圧接材のフラット破面について

住友金属工業, 中央技術研究所

理博 白岩 俊男・工博 伊藤 慶典

○石井 謙一・藤野 允克

#### The Flat Fracture of the Pressure Weld of Bar Steels.

Dr. Toshio SHIRAIWA, Dr. Toshinori ITO,  
Kenichi ISHII and Nobukatsu FUJINO.

#### 1. 緒 言

鉄筋のガス圧接はわが国独自の工夫開発によるもので広く普及している。

しかし作業が建設現場などで行なわれるため、ガス圧接に関して究明した論文は数少ない。

かねてガス圧接性の一因子として、ガス圧接した後の接合面を破断して、その破面に存在するフラットな面積が多ければ接合性が悪いと考えられてきた。そこで本研究はフラットな面積が生ずる原因を解明しようとしたも

のである。

#### 2. 供 試 鉄 筋

供試鉄筋の化学成分は Table 1 に示すごとく Mn 添加量を 1.1~1.9% の 4 段階に変え、他の成分は表中に見られるごとく概略一定とした。

これらの鋼種は高周波電気炉で 100 キロ鋼塊に溶製し、熱間鍛造で 25 mm φ に仕上げた。最終仕上り温度は 900~920°C とした。

鍛造後の引張性質は Table 1 の右欄に示すとおりで、用いた試験片の寸法は平行部直径 7 mm, 長さ 50 mm である。

#### 3. 実 験 内 容

ガス圧接試験材は外径 25 mm の鍛造のままとし、長さ 200 mm に切断し接合面はできるだけ隙間のないようにするためグラインダー仕上げした。2本の試験片は足踏式油圧で加圧される治具中に挿入しボルトで絞付けた。接合面付近を酸素アセチレン 4 つ口火炎で加熱した。接合面の加熱温度および加圧力を測定し記録した 1 例を Fig. 1 に示す。図に見られるごとく試験片は加熱前 100 kg/cm<sup>2</sup> 程度に加圧し加熱後およそ 40~50 sec たつたところでさらに加圧力を 210 kg/cm<sup>2</sup> 程度に増し接合面をできるだけ密着して大気の入りを防いだ。接合面の中心温度が 1150°C 付近に達すると棒表面が溶融し始めるので火炎を棒軸方向に移動して深く melt することを避けるよう心がけた。加熱温度が 1150~1270°C で保持時間をそれぞれ 20, 40, 60, 80 sec に変え最終加圧(アプセット)を行ない圧接を完了した。ふくらみ代は 1.45~1.50 倍とした。

#### 4. 実験結果および考察

##### 4.1 フラット破面の観察

それぞれ圧接された試験片のふくらみ中央の接合線に深さ 10 mm のノッチを入れ曲げ応力を働かし接合面から破断した。この破断した破面を観察すると接合の良く行なわれている部分は凹凸がある破面を呈し凹凸のないフラットな部分は接合が悪いといわれている。このフラ

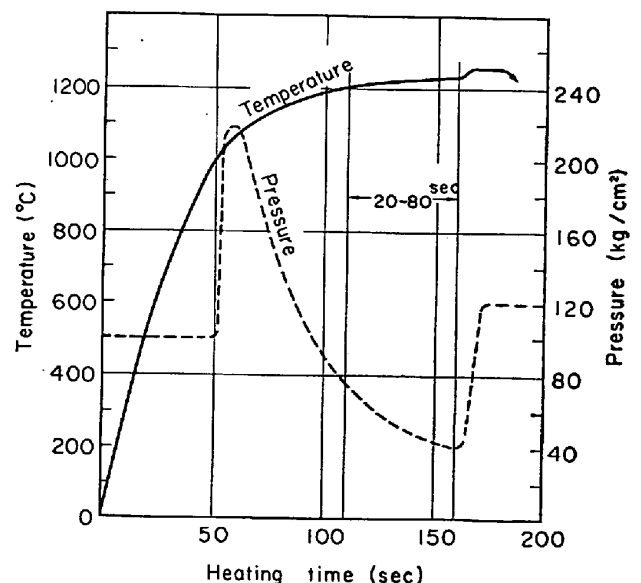


Fig. 1. Temperature of the specimen and pressure in oxyacetylene pressure weld.