

フェライト中のC固溶量の増加を示している。そしてそこから 350°C にかけてはほとんど変化はなく、停滞傾向を示し、前述の結果と一致する。つぎに 350°C 以下においては増加傾向をとり、とくに  $\rho$  においてその増加変化が顕著である。このことは下ペーナイトにおけるフェライトの過飽和度がとくに高いということを示している。

#### 4. 考 察

(1) 高炭素鋼の恒温変態生成物の磁氣的性質および電気抵抗を測定した結果はその変態温度との関係において、パーライト、上ペーナイト、下ペーナイトの各段階に対応する3段階的な変化を示す。

(2) パーライトにおいては、変態温度の降下とともに  $\text{Fe}_3\text{C}$  の析出量を減じ、フェライト中のC固溶量を増してくるものと考えられるが、しかしその傾向は上ペーナイト範囲に入ると止り、その範囲内においては、 $\text{Fe}_3\text{C}$  の析出量およびフェライト中のC固溶量は一定傾向をとり、ほとんど変化はないものと考えられる。

これらのことについて考察してみると、パーライト変態においては、 $\text{Fe}_3\text{C}$  が核生成しその析出が優先するといわれているが、変態温度の低下とともに自由エネルギーを増し、変態速度を急速に増加する一方において、拡散速度を減少するため  $\text{Fe}_3\text{C}$  の形成が時間的に遅れをとりその析出量を減ずるとともにフェライト中のC固溶量を増すものと考えられる。これに対し、上ペーナイト範囲においては、Fe の拡散は困難となるが、C はいまだにかなりの拡散能力を有するので、格子変態におけるフェライト核生成の条件として、フェライト相が一定レベルの過飽和度を保つ機会を得て核生成するということが可能なことである。そしてここで  $\text{Fe}_3\text{C}$  の方はCの濃縮したオーステナイト部分において析出するものと考えられる。

(3) 下ペーナイトにおいては、フェライト中のC固溶量がとくに多くなり、そして $\epsilon$ 炭化物が析出することが考えられる。下ペーナイト段階の上限はちょうどマルテンサイトの焼戻しにおける $\epsilon$ の分解限界である300~350°C に対応することから、下ペーナイトの生成は格子変態により核生成した過飽和フェライトからの $\epsilon$ の析出という過程によつておこなわれるものと考えられる。

(4) 300~450°C 間の変態温度において、 $I_r$ ,  $I_H$  の増加をもたらすような炭化物の析出分散状態が存在し、そしてその際の炭化物粒子の大きさは磁壁の厚みとも関係し1000~1200Å ぐらいの大きさのものと考えられる。

#### 文 献

- 1) 平野, 高橋, 山崎: 鉄と鋼, 51 (1965) 5, p. 946
- 2) C. KITTEL: Introduction to Solid State Physics, (1956), p. 372 (邦訳), John Wiley & Sons, Inc. 一丸善
- 3) CHALMERS: Physical Metallurgy, (1959), p. 228, John Wiley & Sons, Inc.

## (252) 高炭素低クロム鋼の組織およびカタサにおよぼす加熱温度と保持時間の影響

日立製作所, 勝田工場

武市彦四郎・門瀬益雄・中川師夫

The Effect of Heating Temperature and Holding Time on Micro-Structure and Hardness of High Carbon Low Chromium Steel.

Hikoshirō TAKEICHI, Masuo KADOSE and Mitsuo NAKAGAWA.

### 1. 緒 言

高炭素低クロム鋼を急速加熱すると緩速加熱した場合と変態の様相が異なり、したがって焼入後の組織およびカタサが異なるため誘導加熱焼入などを行なう場合には加熱温度および保持時間を適正に選ぶことが非常に重要な問題となる。すなわち一定の温度に一定の時間保持しなければ良好な組織および高いカタサが得られず、逆に高温で長時間保持すれば結晶粒の粗大化、残留オーステナイトの増加などにより望ましくない組織となりカタサも低下する。そこで急速加熱焼入を行なった場合の組織およびカタサにおよぼす加熱温度と保持時間の影響について一連の実験を行なったので、その結果を述べる。

### 2. 実験装置

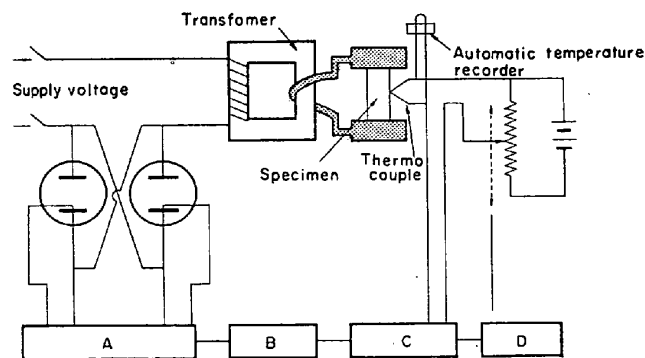
実験には電元社製の熱サイクル再現装置 CHA-160 を用いた。本装置による時間-温度サイクルを再現するためのブロック線図を Fig. 1 に示す。

すなわち自動温度調節はカム調節電位差計により与えられた信号をイグナイトロン・コンタクタによつて通電が制御されトランスによつて大電流に変換され試験片を直接通電して抵抗加熱することによつてなされる。つまりイグナイトロンの起動回路に到来する信号はカム装置から発せられる指示電圧(基準電圧)と試験片の温度をピックアップする熱電対の制御電圧(起電力)との差を増巾したものであつてその差が0になるように制御される。

### 3. 試 料

試料は 10 $\Phi$  エルルー式塩基性電気炉で溶製後、鍛造、焼準、球状化焼鈍を行なったのち試験片(10 $\Phi$  × 70 mm 平行部)を採取したもので、その化学成分を Table 1 に示す。

試験片は前処理として 850°C から油焼入し、650°C



A: Thylatron control circuit      B: Control device  
C: Amplifier                              D: Cam device

Fig. 1. Simplified schematic diagram of automatic control device.

Table 1. Chemical composition of sample. (%)

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0.85	0.30	0.35	1.95	0.25	0.10

Table 2. Heating temperature and holding time of specimens.

Heating temp. (°C)	780, 800, ..... 920, 940
Holding time (min)	5, 10, 15, 20

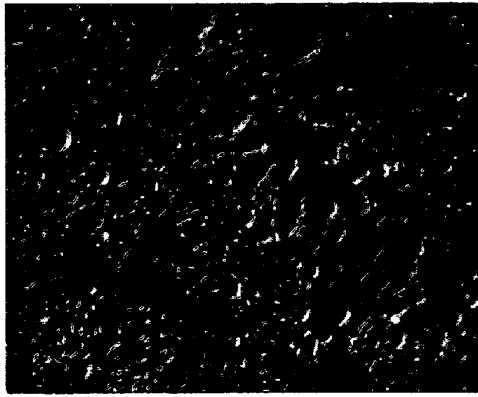


Photo. 1. Electron micro-structure of specimen. ×4000

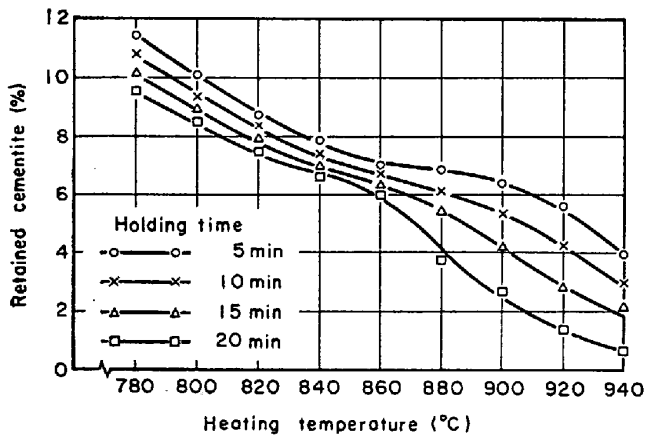


Fig. 2. Relation between heating temperature and retained cementite.

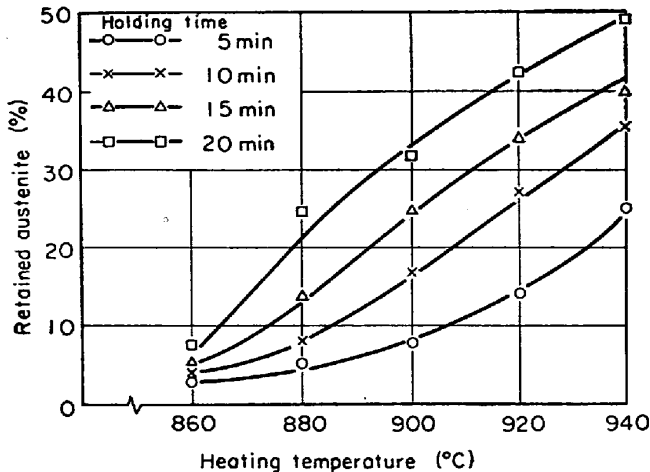


Fig. 3. Relation between heating temperature and retained austenite.

で焼戻を行なっておりカタサは Hv 245 である. その顕微鏡組織を Photo. 1 に示す.

4. 実験方法

4.1 加熱冷却および焼戻

試験片をセットしたのち表面中央に 0.3 mm φ クロメル-アルメル熱電対を溶着し, あらかじめ作成しておいたカムにより加熱し, 温度は電子管式自動温度記録計にて記録し, 所定の温度に所定の時間保持したのち冷却し直ちに焼戻を行なつた. 実験条件をつぎに示す.

4.1.1 加熱

加熱速度が 500°C/min になるカムを作成しそのカムを用いて加熱をし, 加熱温度と保持時間は Table 2 に示す組合せで実験を行なつた.

4.1.2 冷却

水量 6000 cm<sup>3</sup>/min, 水圧 4 kg/cm<sup>2</sup>, 水温 15°C で噴射水冷を行ない, 表面では冷却開始後ただちに水温に達し, 中心部においてもマルテンサイト変態を生ずるに十分な冷却速度である.

4.1.3 焼戻

冷却後ただちに 150°C の油槽中で 10 hr 焼戻を行なつた.

4.2 残留セメント量, 残留オーステナイト量およびカタサの測定

焼戻後の試験片を熱電対溶着位置から切断し, 切断面の 10,000 倍電子顕微鏡写真を撮影し, 残留セメントおよび残留オーステナイト量をリアル・アナリシスにより測定した. またカタサは試験片を長さ 15 mm に仕上げビッカース硬度計により測定した.

5. 実験結果および考察

5.1 残留セメント

加熱温度および保持時間と残留セメント量の関係を Fig. 2 に示す. 残留セメント量は加熱温度が高くなり保持時間が長くなるにつれて減少し, 低温側(840°C以下)では減少の割合が少なく保持時間の影響も少ないが, 高温側(880°C以上)では減少の割合が大きく保持時間の影響も大きい. すなわちセメントの減少のしかたを次の2つの過程において考えることができる. 前処理によりセメントは焼入時の未溶解球状セメントと焼戻時に析出した微細セメントからなっているが加熱温度の上昇につれて微細セメントが先にオーステナイト中に固溶し, 次にある一定の温度間隔において球状セメントがオーステナイト中に固溶しはじめ加熱温度が高くなり, 保持時間が長くなるにつれて急激に固溶し, 残留セメントが減少する.

5.2 残留オーステナイト

加熱温度および保持時間と残留オーステナイト量の関係を Fig. 3 に示す. 残留オーステナイトは保持時間のいかににかかわらず加熱温度 840°C 以下では微量であるので 860°C 以上の場合についてのみ示した. この温

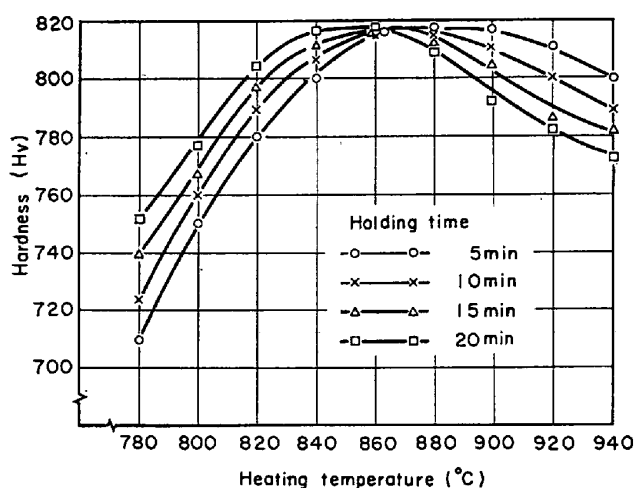


Fig. 4. Relation between heating temperature and hardness.

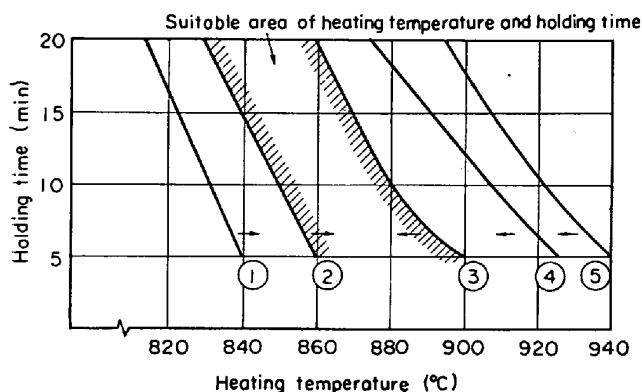


Fig. 5. Relation between heating temperature and holding time that be satisfied at hardness and micro-structure of the surface on the working rolls of cold strip mills.

度範囲においては加熱温度が上昇し、保持時間が長くなると残留オーステナイト量は急激に増加する。

### 5.3 カタサ

加熱温度および保持時間とカタサ (Hv) の関係を Fig. 4 に示す。カタサは低温側では加熱温度が高く保持時間が長いほど高くなっている。これは加熱温度が高く、保持時間が長くなるにしたがってオーステナイト中へのカーボン固溶量が増し、マルテンサイトのカタサが増すためであつて低温短時間保持の場合にはマルテンサイトのカタサが十分でないことを示している。また、加熱温度 860°C で保持時間のいかにかわらず最高のカタサを示しており、高温側では加熱温度が高く保持時間が長くなつてカタサは低下してくるが、これは残留オーステナイトが増加するためと考えられる。

### 5.4 適正加熱温度および保持時間

適正加熱温度と保持時間の関係を残留セメンタイト量、残留オーステナイト量およびカタサの測定結果から検討した結果、次のように考えられる。本鋼はほとんどが焼入後、200°C 以下の低温焼戻をした状態で用いられ、良好な組織と高いカタサが要求される。さらに組織と寿命との間には密接な関係があると考えられるが本鋼にお

ける寿命試験結果がないので軸受鋼の結果をもとにして推定する。軸受鋼においては残留セメンタイト量が 6~8%、カタサが高く、残留オーステナイト量が少ないものが寿命が長いということが報告されており、本鋼は軸受鋼に比して若干 C 量が低いので残留セメンタイト量を 5~7%、残留オーステナイトを 8% 以下、カタサを Hv 800 以上なる範囲について加熱温度と保持時間の関係を求めると Fig. 5 のごとくなる。

Fig. 5 において①、⑤はカタサによる限界、②、④は残留セメンタイト量による限界、③は残留オーステナイト量による限界を表わす。これより加熱温度の下限は残留セメンタイト量、上限は残留オーステナイト量によって決まり、斜線で示した範囲が良好な組織およびカタサの得られる加熱温度保持時間の関係を示すことが認められる。

## 6. 結 言

高炭素低クロム鋼を急速加熱焼入する場合の組織およびカタサにおよぼす加熱温度と保持時間の影響について実験を行ないつぎの結果を得た。

(1) 本鋼種において良好な組織を得られる加熱温度の下限は残留セメンタイト量、上限は残留オーステナイト量により決まる。

(2) 適正加熱温度は保持時間 5 min のとき 860~900°C、10 min のとき 850~880°C、15 min のとき 840~870°C、20 min のとき 830~860°C となる。

## 文 献

- 1) 上野, 他: 鉄と鋼, 41 (1955) 10, p. 1102

## (254) 高炭素鋼の工具特性におよぼす少量の Ni, Cr の影響について (鋼の諸性質におよぼす不純金属の影響に関する研究—VI)

金属材料技術研究所 ○吉松史朗  
東京大学, 工学部 工博 荒木透  
金属材料技術研究所

工博 中川龍一・谷地重男

### Effects of Ni and Cr on Some Properties of Plain Carbon Tool Steel.

(Studies on effects of metallic impurities on properties of steel—VI)

Shiro YOSHIMATSU, Dr. Toru ARAKI,

Dr. Ryuichi NAKAGAWA and Shigeo YACHI

## 1. 緒 言

純炭素鋼の諸性質におよぼす少量の Ni, Cr の影響に関する研究の一環として、前報<sup>1)</sup>において高炭素鋼の熱処理特性におよぼす 0.45% 未満の Ni, Cr の影響を明らかにした。本報においては同鋼種について主として炭素工具鋼の用途に関連した耐磨耗性、被削性、切削能などにおよぼす影響について調査をおこない前報の結果と総合して Ni, Cr の含有許容量についての基礎資料を得んとするものである。

## 2. 供 試 材

供試材は前報<sup>1)</sup>と同チャージのもので、SK 2 を基本材に Ni, Cr を 0, 0.15, 0.30, 0.45% 目標にそれぞれ