

次に実用蒸気弁の弁座、回転式弁棒に高周波表面硬化を行い蒸気試験を行つた結果、Table 1 の通りである。

Table 1

| Steam temp.     | Steam pressure        | Items of test         | Remarks    |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| 400°C           | 30 kg/cm <sup>2</sup> | Steam test 1 h        | No leakage |
| 400°C           | 〃                     | { open & shut 3 times | No change  |
| 430°C           | 〃                     | 〃 10 times            | 〃          |
| { 430~<br>450°C | 〃                     | Steamed for 30 mn     | 〃          |
| 458°C           | 〃                     | { open & shut 10times | 〃          |

### III. 総 括

基礎実験および実用試験、試験後の供試弁の精密検査より総合的に考察すると弁棒非回転式の如く高温時弁体、弁座に回転摩擦熱の附加の生じないものは500°C迄の流体温度に対しても適応可能であり、弁棒回転式では450°Cの温度まで、適用できると考えられる。勿論、この結果を更に長時間の実用に応用するには更に研究の余地があるが、450°C附近まではSteliteの如き高価なものを使用しなくても安価で入手し易いこの種材料を使用できればコスト低減の指針となり得る。

この研究により上記弁以外の応用が開拓されるものと思われ、基礎研究によつてCr Stainless steelの高周波焼入の性質を知る事ができたので、今後他方面への利用を切望する次第である。

本研究の実用試験は川崎重工業株式会社の協力によるものである事を特記する。

#### (127) 肌焼鋼の滲炭及び熱処理に伴う寸法変化

(Change of Dimension of Case-Hardening Steel Cementation and Heat-treatment)

Masayoshi Yamaki.

東都製鋼、技術部 山 木 正 義

#### I. 緒 言

鋼の熱処理に伴う変形に関しては、熱処理に依つて生ずる内部応力並にその測定とも関連して、内外共に枚挙にいとまない程多数の研究がある。併し、直接現場で必要とする様なデータ、特に、焼鈍、滲炭、焼入、焼戻と一貫した熱処理を行つた場合の寸法変化の資料は余り

見当らない。著者は、Ni-Cr 肌焼鋼、Cr-Mo 肌焼鋼を試料として、滲炭並にその前後の熱処理に伴う寸法変化の様相を調べ、素材の繊維状組織の有無が寸法変化に密接なる関係を有することを認めた。そこで、更に、熱膨脹計を使用して加熱変態及び冷却変態の際に於ける膨脹、収縮量を測定し、夫等の量と組織との間に一定の関係があることを知つた。最後に、之等の実験結果に基づいて、実際現場に於て滲炭部品の寸法変化を最小限に止めるために適切と考えられる熱処理法に就ても言及したい。

### II. 実 験 概 要

試料としてはTable 1の如き成分の肌焼鋼を用い、寸法変化測定用の試験片としては、19mmφの丸棒を焼準後、 $l=80\text{mm}$ ,  $\phi=8\text{mm}$ ,  $l=50\text{mm}$ ,  $\phi=10\text{mm}$ , 及び $l=20\text{mm}$ ,  $\phi=15\text{mm}$ の3種類の円筒形のを削り出して用いた。各試験片は切削仕上り後、予め長さ及び直径を測定しておいて、之を基準の寸法とした。固態滲炭剤を用いて滲炭後、Pb浴を用いて夫々所定の一次、二次焼入を行い、更に一部の試片はサブ・ゼロ処理を行つてから、最後に焼戻を行つた。之等の熱処理を行つた度毎に、各試片の長さ及び直径を測定し、熱処理前の基準の寸法に対する変化の百分率を求めて、各熱処理による寸法変化の傾向を調べた。寸法の測定には、コンパレーターを用いた。

次に、熱膨脹計用の試片としては、Table 1のCr-Mo鋼の55mmφの丸棒から、延伸方向及び之と直角の方向に $l=50\text{mm}$ ,  $\phi=3.5\text{mm}$ のものを削り出して用いた。最初は、本多式熱膨脹計を用いたが、十分な精度を得られなかつたので、発条の強さが極めて弱いライツ熱膨脹計(自記装置付)を用いた。

### III. 実 験 結 果

#### (1) 予備実験

先ず、滲炭並に夫に続く焼入、サブ・ゼロ、焼戻等の処理を行つた場合にどの程度の寸法変化が生ずるか、又鋼種に依つてその変化の様相が如何に異なるかを見るために予備実験として、Table 1の両鋼種に就き、 $l=80\text{mm}$ ,  $\phi=8\text{mm}$ の試片を用いて実験を行つた結果は、Fig. 1(省略)の如くである。之に依ると、滲炭を施した時の長さの方向に対しては、Ni-Cr鋼は0.04%前後膨脹しているが、Cr-Mo鋼は、逆に0.05%程度収縮している。次いで一次焼入を行うと前者は著しく膨脹するが、後者では逆に収縮している。引続いて二次焼入を

行くと、両鋼種とも収縮する。又、一次焼入を行わずに滲炭後直接二次焼入を行った場合には、Ni-Cr 鋼では膨張しているが、Cr-Mo 鋼では逆に収縮している。サブ・ゼロを行えば、何れも予期の如く著しく膨張し、又、サブ・ゼロの有無に拘らず焼戻により先づ収縮し、焼戻時間が長くなると、サブ・ゼロを施さぬものでは、若干膨張してくる。次に直径方向の寸法変化は、Fig. 1(省略)より明らかな如く、鋼種間に大差がなく、何れも滲炭、焼入、サブ・ゼロ処理により逐次膨張し続けて居り、しかも長さ方向に於ける場合よりも変化率が大きくなっている。

Table 1. Composition of specimens. (%)

|             | C     | Si   | Mn   | P     |
|-------------|-------|------|------|-------|
| Ni-Cr Steel | 0.13  | 0.22 | 0.54 | 0.014 |
| Cr-Mo Steel | 0.13  | 0.24 | 0.72 | 0.022 |
|             | S     | Ni   | Cr   | Mo    |
| Ni-Cr Steel | 0.028 | 2.07 | 0.41 | —     |
| Cr-Mo Steel | 0.014 | —    | 1.02 | 0.20  |

## (2) 試片の形状の影響

$l=50\text{mm}$ ,  $\phi=10\text{mm}$  及び  $l=20\text{mm}$ ,  $\phi=15\text{mm}$  の 2 種の試片に就て、前項と同様な実験を行い、試片の形状の影響を調べた結果は Fig. 2 (省略) の如くである。同図には、 $l=80\text{mm}$ ,  $\phi=8\text{mm}$  の場合のデータも再録してある。その結果によれば、先づ長さの変化は、滲炭によつて Ni-Cr 鋼はすべて膨張しており、しかもその膨張率は試片の長さ  $l$  が小さい程大きい、之に反して、Cr-Mo 鋼では、 $l=80\text{mm}$ ,  $50\text{mm}$  の 2 つは収縮しており、 $l=20\text{mm}$  のみがやや膨張している。但し、 $l$  が小さくなるにつれて長さの変化率がプラスの方向にずれている点は、Ni-Cr 鋼の場合と同じである。一次焼入を行うと、Ni-Cr 鋼では、どの試片も膨張するが、その程度は  $l$  の小なるもの程大きい、Cr-Mo 鋼に於ては、 $l=20\text{mm}$  のものは著しく膨張するが、 $l=50\text{mm}$  のものは僅に膨張し、 $l=80\text{mm}$  のものでは逆に収縮している、引続いて二次焼入を行うと、 $l=20\text{mm}$  のものは両鋼種とも更に膨張するが、 $l$  の大きい他の試片は、両鋼種とも収縮している。次に直径の変化は、滲炭によつてすべて膨張している。しかも  $l$  の大きいもの程膨張率も大きい、之に続く一次、二次焼入によつても、すべて膨

張している。特に、Ni-Cr 鋼では、 $l$  の大小に従つて直径の変化率が整然としている。

## (3) 焼入温度の影響

$l=80\text{mm}$  の試片を用いて、焼入温度を変化させた場合の寸法変化は Fig. 3 (略) の如くである。Ni-Cr 鋼では、滲炭後の焼入温度が高くなるにつれて長さの膨張率は増加し、直径の夫は減少している。しかるに、一律に  $880^\circ\text{C}$  で一次焼入後、種々の温度から二次焼入を行った場合には、温度が高くなると、長さは収縮し、直径は膨張率をましている。Cr-Mo 鋼では、滲炭後の焼入温度の如何に拘らず長さは収縮しているが、その収縮率は温度が高くなるにつれて減少しており、 $920^\circ\text{C}$  になると膨張に転じている。直径の変化は Ni-Cr 鋼の場合と同様である。

## (4) 繊維状組織と寸法変化

上記の結果を考察すると(本文では略)、繊維状組織が寸法変化には大きく影響していることが判つたので、ライツ熱膨脹計を用いて、加熱冷却変態曲線を求め、組織との関係を調べた。その結果を要約すると、

(i) 予め繊維状組織を有する試片に於ては、加熱変態に際し、繊維状組織と同方向の変態収縮量は、同組織に直角なる方向の夫に比し、著しく少い。これは、横山博士<sup>1)</sup>等が既に報告されていることと一致する。

(ii) 逆に、オーステナイト状態より冷却して繊維状組織を生ずる場合には、冷却変態時の膨脹量が、同組織と平行な方向には比較的少く、之と直角な方向には比較的多い。

## IV. 結 言

以上の実験結果を詳細に考察すると寸法変化に対しては、両鋼種間に本質的な差は殆ど認められず、組織(特に繊維状組織)が密接な関係を有することが判つた。

従つて、寸法変化を最小限に止めるべき処理法が自ら確立されるのであるが、本文では紙数の関係上、割愛する。

終りに臨み、ライツ熱膨脹計の使用に関し、格別の御配慮を賜つた東京工大横山教授に厚く御礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 横山, 松倉: 日本金属学会誌 B-14 巻 2 号, 56 頁