

以上の実験を総括するとセメンタイト粒の粗密によつて焼入性は異なるが、密なるものが必ずしも焼入性が大であるとは限らず加熱温度により焼入能力を最大にさせ得るセメンタイト粒度は変化し、低温度からの焼入では密なるものが焼入性はすぐれているが、温度が高くなるにつれて漸次粗なるものの方が焼入性がすぐれて来る。しかしてセメンタイト粒度と焼入温度との間の相互作用から最大焼入能力を与えるためのセメンタイト粒の臨界大きさというべきものが存在すると思われる。すなわちセメンタイト粒度の大なるものは小なるものに比べて粒分布は粗であり、焼入時の結晶粒はそれだけ粗いことが予想される。これらは焼入性に及ぼす影響を互いに相殺せんとする傾向を示す。ジョミニ試験片の焼入組織をピクラル及びピクリン酸ソーダ腐蝕によつて検鏡するとトルスタイトの析出状態から析出開始位置は粗なるセメンタイト粒の周辺よりは、むしろ結晶粒界又は微細セメンタイト粒の如き変態核となり易い位置より進行することが認められ軸受鋼の焼入性においても焼入時の結晶粒度がかなり大きく影響することがわかる。

IV. 結 言

軸受鋼第3種についてセメンタイト粒度を $1\sim 4\mu$ の範囲に変化させ、加熱温度を3種類に変えて冷却変態点測定及びジョミニ一端焼入試験を行つた結果、次のようなことがわかつた。

セメンタイト粒の粗密により軸受鋼の焼入性は異なるが加熱温度変化により焼入性に及ぼすセメンタイト粒の影響は著しく変り、低温焼入ではセメンタイト粒の密なるものが焼入性はすぐれているが高温では粗なるものがすぐれ、最大焼入能力を附与するためのセメンタイト粒の臨界大きさが存在し、この理由として粒分布の粗密に起因する焼入時の結晶粒度の大小及びオーステナイト中の成分濃度の相互作用にもとづくものであろう。

文 献

- 1) 近藤: 金属学会誌 11 (12号, 1948) 10
- 2) 久道: 金属学会誌 9 (8号, 1945) 4
- 3) 藤沢: 金属学会誌 18 (1954) 441
- 4) Rapatz, Franz, u. Mirt: Stahl u. Eisen 74 (1954) 1195

(76) 実用特殊鋼の炭化物の電解分離による研究 (I)

(軸受鋼の炭化物について)

Study on Carbides in Practical Special

Steels by Electrolytic Isolation (I)

(On Carbide in Ball Bearing Steel)

Tomo-o Sato, Dr. Eng., Lecturer, et alii.

東北大学工学部金属工学科

教授 ○工博佐 藤 知 雄

東北大学大学院 特研究生 工 西 沢 泰 二

学生 工 本 田 裕

I. 緒 言

鋼の諸性質は、その中に含有される炭化物の組成、形状、大きさ、分布状態等によつて著しく影響を受けることは周知の事柄である。従来鋼の組織に関しては炭化物が鋼中に存在している状態で顕微鏡、X線分析、磁気測定、熱膨脹測定等により間接的に研究されたが、主としてドイツ及び米国に於いて 1940 年頃より炭化物の電解分離による研究が行われておる。これは電気分解により組織中の卑なる基質を溶解し、貴なる炭化物を陽極残渣として分離し、後者について種々の角度から直接的、定量に研究するものであつて、著者等はそれら実験方法を種々検討した結果簡易な方法を見出し、これにより各種実用特殊鋼の炭化物を分離して直接的に究明し、特殊鋼組織の研究に対し寄与せんと企てた。

本報告は Cr 鋼の炭化物の中、先ず第一に $(Fe, Cr)_3C$ 型の炭化物を有する軸受鋼 (1.13% C, 1.42% Cr) について熱処理による炭化物の挙動を明らかにしたものである。

II. 実 験 方 法

a) 電解装置: 試料を陽極とし、銅棒を陰極として電解を行い、陽極残渣 (主として炭化物) は電解槽の下部に取付けたガラス・フィルター上に捕集する。陰極はこれに生じた電着物が落下して、炭化物に混入せぬように硝子製濾過板で下端を封じたガラス管中に置く。試料並びに分離炭化物の酸化防止のため電解槽を気密にし、水素を電解液中に通し常に還元雰囲気を保つと共に電解液の攪拌も合せ行ふ。

b) 電流: 直流を用い、電流密度は 0.01 Amp/cm^2 、極間電圧は大体 $0.3\sim 0.5V$ である。

c) 電解液: 電解する鋼種によつて異り、クエン酸ソーダ、塩酸又は両者の混合溶液などが効果的に用いられるが、本研究にては 1N 塩酸を使用した。

III. 実 験 結 果

Fig. 1 は各温度に 1 時間保持して水焼入した場合、基質 (マルテンサイト+残留オーステナイト) に固溶し

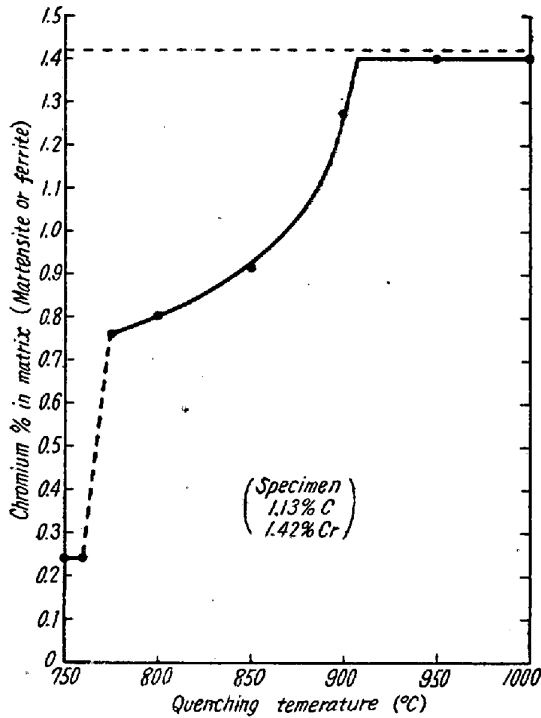


Fig. 1. Relations between quenching temperature and Cr contents dissolved in matrix.

た Cr 量と焼入温度との関係を示す。A_{1-θ} 変態点 (768°C) を境として Cr のフェライトとオーステナイトへの溶解度変化が著しく顕われ、それ以上の温度では θ 相 (Fe, Cr)₃C のオーステナイトに対する溶解度に関連して Cr の溶解量が増加し、A_θ 点 (908°C) に於いて炭化物は完全にオーステナイトへ溶解する。従つてそれ以上の温度ではオーステナイトの Cr 量は一定値 (1.42% Cr) となる筈であるが、この図に於いて曲線が 1.42% Cr を示す点線と一致せずやや低値となつておるのは、電解の際にオーステナイト中の固溶炭素が遊離し基質を吸着して落下するための誤差である。一般に軸受鋼の焼入は 840°C 附近にて行われるが、この場合には基質 (オーステナイト) 中の Cr 量は 0.9% 程度であることがこの図から知られる。故に残りの Cr は炭化物として結合し組織中に残留しておく。

Fig. 2 は 800°C に加熱し種々なる時間保持した後焼入した場合、マルテンサイト中に残留しておく炭化物量と、その炭化物中の Cr 量を示したものである。これによれば 2 分間の加熱によつて大部分の炭化物はオーステナイトに溶解し、その後徐々に溶解して平衡に達する。また残留炭化物中の Cr 量は時間と共に増加の傾向にあり、即ち残存せる炭化物には Cr が濃縮されて行くことになる。

Fig. 3 は 950°C (完全オーステナイトの範囲) から水

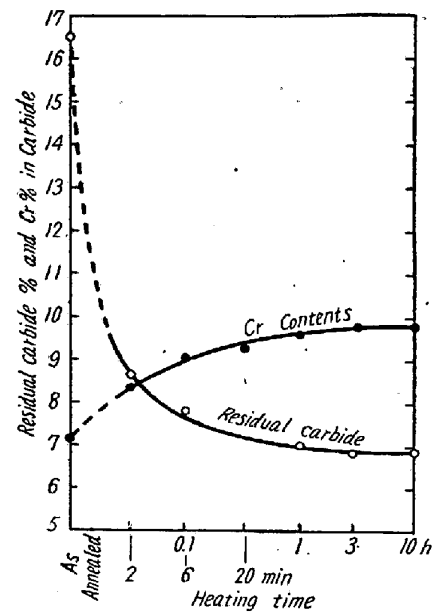


Fig. 2. Change of residual carbide and Cr contents in carbide, by holding time at quenching temperature (800°C).

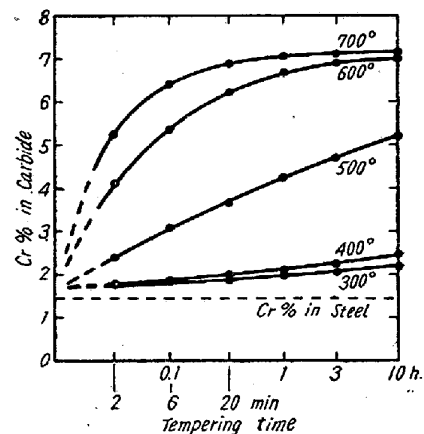


Fig. 3. Changes of Cr contents in carbide in case of tempering at various temperatures and times.

焼入した試料を曲線に付記した温度に種々なる時間焼戻した場合、分離炭化物中の Cr 量の変化を示したものである。400°C 以下の焼戻によつて析出する炭化物の Cr 量は鋼の Cr 組成と大差はないが、500°C 以上では焼戻時間の経過と共に炭化物中の Cr 量が増し、且つ焼戻温度が高い程 Cr の平衡値に近づく速度が大である。この理由は 400°C 以下の温度では Cr 原子の基質に於ける移動が困難であるに反し、C 原子は比較的容易に移動が出来るからであつて、低温焼戻に於いて先ず基質中の Cr 量とほぼ等しい Cr 量の炭化物が析出し、高温になるに従つて基質中の Cr が炭化物中へ平衡に達するまで順次置換固溶するか、又は高温焼戻に於いては高 Cr 量の炭化物が直接析出するかのいずれかであると考えられる。

IV. 結 言

(1) 1.13% C, 1.42% Cr の軸受鋼は、焼鈍状態に於いては基質（フェライト）中に 0.24% Cr を固溶し、約 840°C から焼入すると基質（マルテンサイト+オーステナイト）中の Cr 量は 0.9% 程度である。

(2) 焼入加熱に際して、加熱保持時間の経過と共に未溶解炭化物中に Cr が若干濃縮される。

(3) 焼戻の場合 300~400°C の低温では基質とほぼ等しい Cr 量の炭化物が析出する。500°C 以上では焼戻温度の高い程、又その時間の長い程、炭化物中の Cr 量は急速に増加して平衡値に達する。

(77) 軸受鋼の熱処理による変形について (I)

Dimensional Change of Bearing Steel after Various Heat-Treatments (I)

Jen-ichiro Morita, Lecturer, et alii.

大阪大学教授 工博 足立 彰
同 大学院学生 O工 森田 善一郎
同 学 生 栗 栖 慎 吾

I. 緒 言

軸受鋼に於いてはその加工に対して正確なる寸法が要求せられ、特に熱処理による歪の問題が重要であり、適当な機械的性質が得られると共に変形量の少ない熱処理方法が望ましい。著者は軸受鋼 (SUJ-2, C: 1.03, Si: 0.23, Mn: 0.37, Cr: 1.35, Ni: 0.51, P: 0.018, S: 0.023, Cu: 0.15%) について各種熱処理により生ずる歪を研究した。

II. 実 験 方 法

Fig. 1 の如き標準試料を作製し、焼入温度を一定にして、焼入剤の種類、温度、保持時間を変化させ、その焼入冷却速度を変えた時の歪と硬度を測定し比較した。

即ち試料を 830°C に 30 分間加熱し、同温度より次の熱処理及びサブゼロ処理を行った。

- (1) 水焼入れ (11°C)
- (2) 油焼入れ (14°C)
- (3) 油焼入れ (60°C)
- (4) マルテンパー (200°C, 油, 3分)
- (5) マルテンパー (200°C, 油, 5分)
- (6) 以上 (1)~(5) を -200°C で 1 時間焼戻後 -72°C の冷却剤 (ドライアイスアルコール) 中へ 30 分

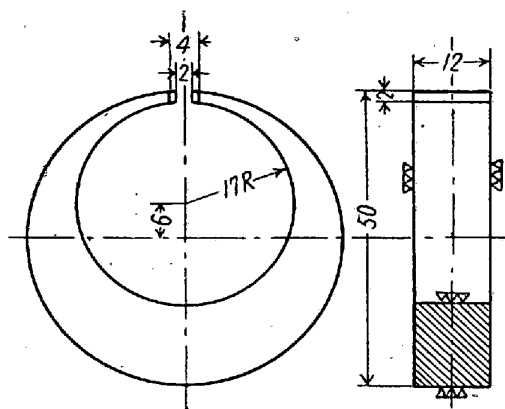


Fig. 1. Specimen.

間保持.

(7) (1)~(5) を -72°C の冷却剤 (同上) 中で 30 分間保持後 200°C にて 1 時間焼戻

変形量の測定には Fig. 1 の如く試料の先端部に刻印を附し、熱処理前に之を正確に測定しておき、上記熱処理後この間隔を測定し処理前との差を求めた。尚処理前の刻印間隔は全試料とも 4.00 mm とし、変形量の測定には 1/100 mm 精度のコンパレーター、硬度の測定にはロックウェル硬度計を使用した。

III. 実験結果及び考察

各種熱処理方法と変形量との関係は Fig. 2 に示す如くである。Fig. 3 は熱処理方法と硬度との関係を示す。

水焼入れ後の変形量は非常に大きく、特に試料による差が著しい。之は焼入れの際の熱応力と変態応力によつて生ずるものであり、それは試料によつて一様ではない。油焼入れ後の変形量は水焼入れのものよりは少く、焼入剤の温度が 11°C の場合も 60°C の場合も変形量はほぼ等しく、又その試料による偏差も水焼入れの場合に比して少い。之は水焼入れの場合よりも発生応力が少いためと考え

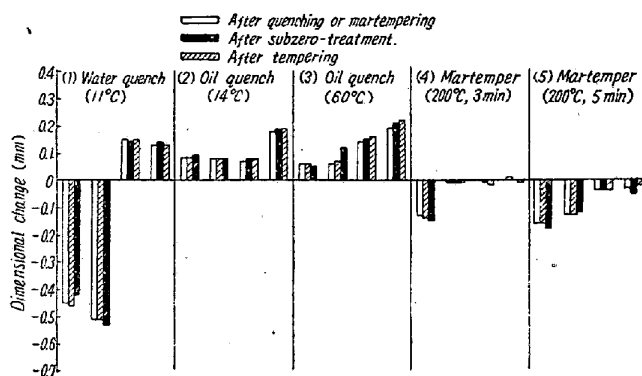


Fig. 2. Relation between various heat-treatments, subzero-treatment and dimensional change on the specimen of bearing steel.