

Fig. 2. Relation between hardness and quenching temperature.

- 830°C x 20mm → O.Q
- × 850°C     "
- 870°C     "

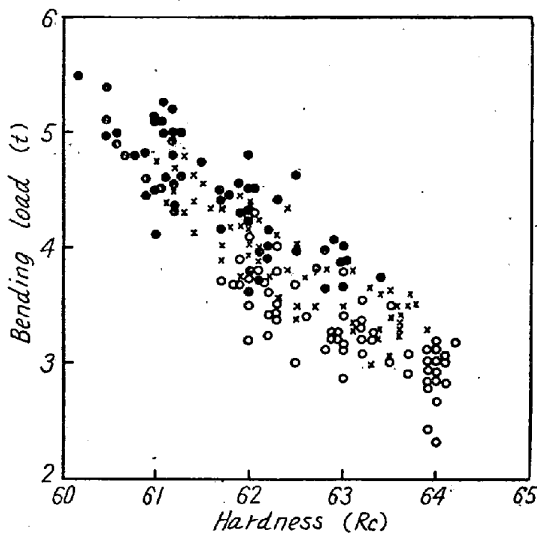


Fig. 3. Relation between hardness and bending load.

た場合でも、焼入温度の低いほうが荷重のあたいは高いことが知られた。すなわち強度の面からみれば同じ程度の硬度を目標にする場合、熱処理条件としては焼入温度は可及的低いほうがよく、焼入焼もどし温度を高くすることは得策でない。換言すれば、材質的には低い焼入温度の場合でも高硬度のえられるようなものが望ましいことになる。

**(92) 硬度ならびに圧壊値におよぼす  
焼入および焼戻温度、ならびに  
オーステナイト化時間の影響  
(軸受鋼の熱処理に関する研究—I)**

**Effect of Quenching and Tempering  
Temperatures as well as Austenitizing  
Time upon Hardness and Compressive  
Breaking Strength**

(Study on heat-treatments of bearing steel—I)

T. Yamamoto, et alii.

名古屋大学工学部 工博 武田 修三  
 " 理 岩間 義郎  
 愛知製鋼 ○工修 山本 俊郎  
 共成鋼材 工 平野 宏

**I. 緒 言**

高炭素低クロム軸受鋼材は近年わが国においても多量に生産せられるようになったが、その材質的要求は JIS 規格、顕微鏡組織標準 (ベアリング協会) などに規定せられているごとく非常に厳重である。そのため製造に当つて種々の問題が生じ、それに関連して多くの研空が行われてきた。しかしながら、本規格の物理冶金学的解説に関する研究はおおむね断片的で、いまだ十分とはいえない。たとえば、軸受輪材ではリング圧壊値は規格としてきわめて重要視せられているにもかかわらず、組織成分中のいずれがこの圧壊値を左右するかという問題についての説明すら従来の報告にはほとんど見当たらない現状である。

よつて、筆者らは本鋼種の熱処理面について系統的に物理冶金的研究を遂行し、とくに硬度および圧壊値に影響する熱処理諸因子について詳細に検討した。ここではまず焼入および焼戻温度ならびにオーステナイト化時間の影響についてのべることにする。

**II. 試 料**

本実験に使用した試料は塩基性電気炉で熔製せられた軸受鋼第 2 種に属する軸受輪材で、インゴットより直接 50mmφ 丸棒に圧延し、焼準後 780°C で球状化焼鈍したものより、硬度、熱膨脹および圧壊試験片をそれぞれ多数製作した。組成は 0.95% C, 1.31% Cr, 0.33% Si, 0.46% Mn, 0.008% P, 0.18% Cu, 0.09% Ni, Rest Fe で、粒度番号 7~8 である。

**III. 実験結果および考察**

軸受鋼は通常、球状セメント組織のものを 850°C 附近より油焼入し、150°C 附近で焼戻した状態で使用せられ、この状態で硬度 Hrc 62 以上、リング圧壊値 4.3 t 以上 (45~25mmφ x 10mm 寸法の場合) を要求せられている。検鏡によつても知られるように、この焼入状態ではかなりの量の未溶解セメント粒が残存し

ており、焼入時のオーステナイト中の炭素含量は鋼自体の炭素濃度（約 1%）よりも相当低いものであると考えられる。したがって、焼入状態では 1.3%Cr; 1%C のマルテンサイト地質が存在するのではなく、炭素濃度がかなり低く、Cr 濃度も幾分か低いマルテンサイト地質に多量の未溶解球状セメンタイトおよび少量の残留オーステナイトが介在していると解すべきである。

さて、焼入温度およびその保持時間を種々変化せしめた。焼入試料について求めた示差熱膨脹焼戻曲線によつて、各段階の焼戻変化の様相は大体炭素鋼に類似して進行することが知られるとともに、焼入マルテンサイトの tetragonality あるいは残留オーステナイトの量をも半定量的に推定しうる。さらに Leitz-Bollenrath 型の dilatometer によつて焼入膨脹試験をおこない、焼入温度および保持時間を变化させた場合の  $M_s$  点を測定し、これらより焼入時のオーステナイト中の固溶炭素量の変化の様相を推定した。残留オーステナイトは常温の比磁気強度より定量することができた。

上記実験によつてえられた軸受鋼の物理冶金学的データを基礎とし、軸受輪材として重要な性質である硬度およびリング圧壊値におよぼす熱処理の諸因子の影響を各個に追求してつぎの結果をえた。

### (1) 焼戻温度の影響

850°C 焼入状態および 100~300°C、各 90 分の種々の焼戻状態について硬度および圧壊値を測定した。焼入状態と 100°C 焼戻（第 1 段階の初期）ではほとんど変化ないが、それ以上焼戻温度が上昇するにつれて、一般に硬度は低下し、これとまったく逆に圧壊値は上昇する。したがって前記規格値をみたす焼戻温度は 140~160°C のせまい範囲にかぎられる。なお硬度—焼戻温度曲線では 200°C 附近に焼戻第 2 段階に対応して小さなふくらみが認められ、圧壊値—焼戻温度曲線では 250°C 附近に小さな極小がみられる。焼戻温度の上昇にともなう硬度の低下および圧壊値の上昇は、焼入マルテンサイトの焼戻マルテンサイトへの変化とそれに附随しておこるミクロ・クラックの癒着に因るものと推測される。

### (2) オーステナイト化時間の影響

オーステナイト化温度 850°C に保持する時間を 0.5、1 および 2 時間と変化させて焼入した場合、保持時間の増加とともにセメンタイトのオーステナイトへの溶解が漸次増加し、したがって焼入マルテンサイトの炭素含量ならびにその tetragonality を増大する。同時に、残留オーステナイト量も次第に増加することが認められる。この際、硬度は最初 1 時間までは急激に、その後徐々に

増加する。かくして、850°C 1 時間焼入の場合の炭素濃度は 0.5~0.6% C と推定され、焼入試料の硬度は Hrc-65 程度となり、それ以上の炭素の固溶は硬度上昇にはさほどきかない。

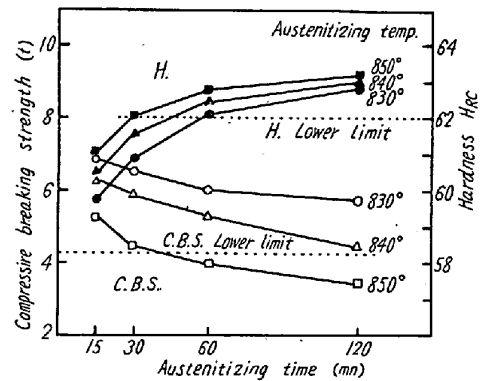


Fig. 1. Effects of austenitizing on hardness and compressive of breaking strength of bearing steel tempered at 150°C for 90 mn after quenching.

Fig. 1 はそれぞれ 830, 840 および 850°C で種々の時間保持焼入後、150°C 90 分焼戻した試料の硬度および圧壊値をしめしたもので、保持時間にともなつて硬度は大体上述のように増大し、一方圧壊値は漸次低下する。このように、両者の相反する傾向は明瞭であつて、しかもこれらを支配するもつとも重要な因子は焼入時のマルテンサイトの炭素量すなわちその tetragonality であることをとくに注目すべきである。なお、本結果より焼入温度 850°C では規格をみたす保持時間は 30~40 分のせまい範囲にかぎられるが、840°C では 45~120 分という広い範囲を採用しうる事が判明した。

### (3) 焼入温度の影響

オーステナイト化温度、すなわち焼入温度を上昇させるとセメンタイトのオーステナイトへの溶解速度が大となり、焼入マルテンサイトの tetragonality は急激に増加するとともに残留オーステナイトの増加も顕著となる。これは  $M_s$  点の測定、焼入試料の常温の比磁気強度および硬度の測定を総合して明日に把握しうる。850°C 以下の焼入では、焼入温度の上昇にともなつてマルテンサイトの炭素濃度とともに焼入硬度は急激に増加するが、850°C 以上の焼入ではそれ以上の炭素固溶がマルテンサイトの硬度上昇に大きくきかないと同時に残留オーステナイトの増加の影響が加わるので、焼入温度上昇にともなう硬度上昇はゆるやかで、900°C 付近になだらかな極大をしめす。なお、950°C 30 分焼入の場合の  $M_s$  点は約 140°C で、本試料自体の組成 (C 1.0%, Cr 1.3%)

に近い組成のオーステナイトの  $M_s$  点に相当し、この温度ではじめてほとんど全部の炭化物がオーステナイト中に固溶し終るものと考えられる。

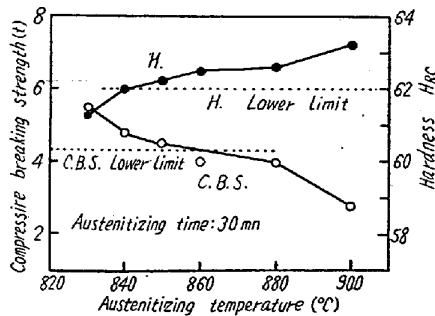


Fig. 2. Effect of austenitizing temperature on hardness and compressive breaking strength of bearing steel tempered at 150°C for 90 mn after quenching.

Fig. 2 は焼入温度 (30 分保持) にたいして焼入、焼戻 (150°C 90 分) した試料の硬度および圧壊値をしめしたものである。焼入温度の上昇とともに、硬度と圧壊値とは対照的にそれぞれ上昇および低下し、かつ規格をみたす焼入温度範囲は 840~860°C であることが知られる。ところで、やわらかくねばい残留オーステナイトの存在はそのクッション作用によつて圧壊値の上昇に有効であろうと想像されるが、先にものべたように、残留オーステナイトの増加はつねにマルテンサイトの tetragonality の増大と併行しておこり、硬度、圧壊値のいずれにたいしても焼入マルテンサイトの tetragonality の影響のほうが圧倒的に大であつて、残留オーステナイトの上記効果はほとんど蔽われてしまうと考えられる。この事実は本鋼材の機械的性質を考察する上にとくに銘記しなければならないことである。

IV. 結 言

軸受鋼第 2 種に属する輪材について、物理冶金学的基础データを取り、その硬度および圧壊値におよぼ熱処理の影響を検討した。本報において、まず硬度、圧壊値両者の相反的性質におよぼす焼入および焼戻温度ならびにオーステナイト化時間の影響を論じ、それらにもつとも大きくきくものは焼入時のマルテンサイトの炭素濃度、すなわちその tetragonality であることを指摘した。次報においては、さらに焼入前の球状セメンタイトの粒度の影響、サブゼロ処理およびマルテンパー処理の効果、などについて論ずる予定である。

(93) 純鉄の衝撃引張り試験

Behavior of Pure Iron under Dynamic Tensile Loading

M. Omori, et alius.

東京工業大学 工博 作井誠太・○大森正信

I. 緒 言

金属材料の抗張力、降伏点、伸び率などは引張り速度により、また試験温度によりその大きさをかえることは多くの研究によつて知られている事実である。その一般的な傾向は歪速度が大になると上記 3 つの値は増大し、試験温度を高くすると抗張力、降伏点は低下し、伸び率は増大するものとされている。本実験においては 3 種類の試料、すなわち 2 種の純鉄、および市販鉄について、常温で 5 種の歪速度の下でどのような挙動をしめすかを荷重-時間曲線に基づき研究し、静的試験結果と比較してその動的挙動の特質を観察した。

II. 実験装置および試料

試料は 3 種類取りそろえた。

- 第 1: 電解鉄を真空溶解したもの (No. 1 試料)
- 第 2: 電解鉄を空中溶解し Al で脱酸したもの (No. 2 試料)
- 第 3: 市販鉄線 (No. 3 試料)

これらの分析結果は Table 1 にしめすごとくである。試料の形状は全長 100 mm、直径は No. 1, No. 2 試料で 1.0 mm φ, No. 3 試料で 0.9 mm φ、標点距離はすべて 65 mm とした。熱処理は 3 種の試料共 600°, 700°, 800°, 850°, 920°, 1000°C の各温度に 1 時間保持後炉中冷却をおこなつた。これは真空中でおこなつたものである。

装置は静的試験に際してはアムスラー引張り試験機を用いた。衝撃引張り試験は 25 kg の特別の形をした落槌の自然落下によつて試料を衝撃的に延伸破壊する。力の測定は水晶に生ずる圧電気を陰極線オツシログラフに導いておこなつた。それに直角の軸を時間掃引軸として荷重-時間曲線をフィルム上におさめることができる。

III. 実験結果

Table 1. Chemecal composition (in wt %) of specimens.

Elements	C	S	P	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Specimens					
No. 1	0.013	0.009	0.003	0.0017	0.001
No. 2	0.020	0.015	0.003	—	—
No. 3	0.078	0.038	0.009	—	—