

第2圖 曲げ試験結果の一例

(iii) マイクロ硬度試験

引張り試験と同じ熱処理を施した試験片に荷重 100g の明石製作所製マイクロ硬度計を用い各試験片の粒内粒界の硬度を測定した。これらの硬度は引張り試験の結果とは直ちに對應する関連は認められなかった。

一般に粒内硬度は粒界硬度よりも 100 単位高く各保持温度ごとの Cu% の變化によるその差は平行していた。しかし 1200°C に加熱したものに於ては Cu% の増加に伴い、粒内に比して粒界硬度は著しく減少して (250 単位) いるので、筆者はこれを Cu 析出に基くものと解釋している。更に詳細なデータ及び推論については講演にゆづる。

文 献

- 1) Ko and Hanson: Jour. Iron and Tteel Ins. 1951, vol. 167 part 1 p. 51.
- 2) Gertsman and Tardif: The Iron Age. 1952. vol. 169, No. 7 p. 136.
- 3) 兒玉: 製鐵研究, 昭和3年, 第8卷1頁
- 4) 小平: " " " 25 頁
- 5) 高寺, 松浦, 桐野: 鐵と銅, 昭和18年, 第29年 第2號. 176 頁
- 6) Gregg and Daniloff: Alloys of Iron and Copper (Alloys of Iron Monographs)

(37) 軸受鋼の研究 (I)

工業技術院機械試験所

工博 三橋 鐵 太 郎

工〇上 野 學

I. 緒 言

最近機械工業の發展, 特に航空機の進歩により軸受部分の精度の向上が要望せられるに到つた。當然軸受部分

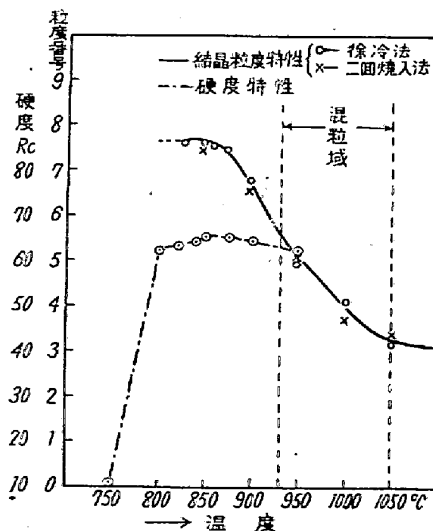
の精度及び性能の向上には軸受鋼の材質及び熱處理の相異にもとづく種々の現象を精確に把握することが必要である。米國の或るベアリング會社ではマルクエンチング處理, 及びサブゼロ處理等の工業化が行われていることである。當試験所において我國の軸受鋼の諸性質の向上を目的として一連の研究を行つてゐるが, そのうち第1報として, 結晶粒生長特性, マルクエンチング處理サブゼロ處理, 油焼入焼戻處理にもとづく機械的性質の變化, 焼入した際に残存する残留オーステナイトの常温における寸法の時効變化に及ぼす舉動及サブゼロ處理したマルテンサイトの常温の寸法の時効變化の舉動及び, 残留オーステナイトの Point Counting と Lineal Analysis の方法による定量測定について報告する。

II. 結晶粒子の成長特性と焼入温度による硬度變化

結晶粒度と温度の關係を求めめるために使用した鋼は軸受鋼1種である。此の軸受鋼を 800°C~1100°C の各温度に 2 時間加熱して 270°C/sec の速度でもつて徐冷した。此の際セメントイトが粒界に網狀に生ずるので, この網狀セメントイトを 5% ピクリン酸アルコールで腐蝕し粒界を現した。學振 19 小委員會第6號報告の方法と比較するため 2 回焼入法も平行して實施した。混粒の範圍を決定するため混粒の定義) にもとづき粒度の全く異なる結晶粒が 1/4 以上を占める物を混粒鋼とした。

以上の結果を第1圖に示す。これによると 850°C の温度より結晶粒度が大きくなり始める, そして混粒域は約 930°C より 1050°C までの範圍である。

徐冷法と 2 回焼入法による粒度決定の結果は大體一致する。軸受鋼の焼入温度として混粒域は當然不適當であ



第 1 圖

るが、850°C 以上の温度も粒子の生長を伴うので避けることが賢明である。

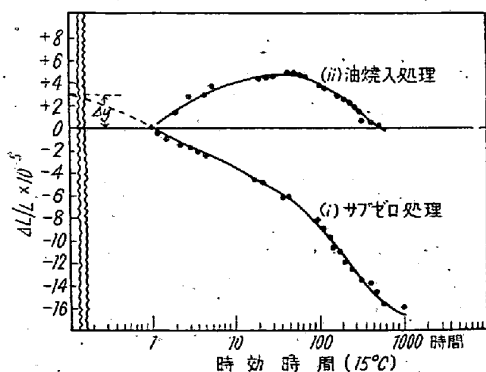
又第 1 圖に焼入温度による硬度變化を示す。硬度はヴィッカース硬度計にて測定しロックウェル C (Rc) に換算した値を示す。當所で購入した油に於ては 850°C 以上の焼入温度より油焼入すると試料に割れを生ずる。

以上の結果より結晶粒度と硬度との両面より考察すると軸受鋼第 1 種の最適の焼入温度は 840°C~845°C ではないかと思われる。

III. 硬化させた軸受鋼の常温における寸法の時効變化

軸受鋼は等級によつて異なるが、良品は 5μ から普通 20μ 程度の寸法の精度が要求される²⁾。従つて各種熱処理による機械的性質の比較検討に平行して、寸法變化の舉動を知ることが必要である。M.I.T. 工科大学の Cohen 教授の一聯の研究³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾が現在報告されているが著者の研究報告において我國の軸受鋼 (0.99% C, 0.29% Si, 0.32% Mn, 1.34% Cr) について焼入方法を變化させた時常温にて寸法が如何に時効變化するかを報告する。寸法變化の試料の寸法は (直径) 10mm × (長さ) 100mm の丸棒で兩端は半径 50mm の球面になっている。此の試料を恒温槽中に長さの變化を測定するコンパレーターと共に設置し、槽内は 15°C ± 2°C に保温する。コンパレーターは理研製のもので 0.1~0.2 μ の讀みの精度がある。實驗を行つた試料は次の 4 種類である。

(i) 840°C で 30 分間加熱し油焼入後直ちに約 -170°C (103°K) にサブゼロ處理した試料, (ii) 840°C で 30 分間加熱して油焼入のみの試料, (iii) 840°C で 30 分間加熱して 250°C の鹽浴焼入して 20 分間保持して油冷した試料, (iv) 840°C で 30 分間加熱して 250°C の鹽浴焼入して 20 分間保持して空冷した試料。



第 2 圖

(i) (ii) の試料の寸法變化を示せば第 2 圖の如くにか

る。

Cohen 教授³⁾⁷⁾によれば (i) のサブゼロ處理した試料の時効に基づく寸法變化の曲線は次の關係式にて表わし得ると報告している。

$$y = a[1 - e^{-Kt(1-S)}] \dots \dots \dots [1]$$

對數の形に變換すると

$$\log \log \frac{a}{a-y} = (1-S) \log t + \log \frac{K}{2.3} \dots [2]$$

a: マルテンサイトの全收縮量 (a の値は實驗的⁷⁾ に決定する, そして 15°C において 1008 micro cm/cm)

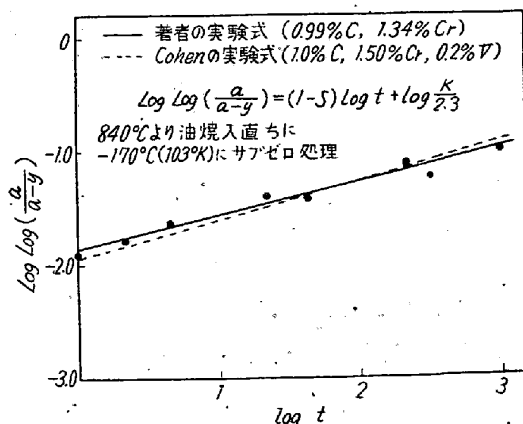
y: 時間 = t におけるマルテンサイトの收縮量 (ΔL/L × 10⁻⁵)

t: 時効時間 (時間)

S: 應力除去の指數で時間の函數

K: 恒數 (時間の函數)

實驗においては t = 1 時間のとき, y = 0 であるので、焼入した時から 1 時間以内の收縮量は不明である。この不明の收縮量 (Δy) は第 2 圖で曲線を原點に延長し縦軸との交點の値を取るとすると、Δy = 3 × 10 micro cm/cm である。故に y = Δy + Y* とし、log log a/a-y を縦軸に log t を横軸にしてグラフを求めると第 3 圖の如くなる。第 3 圖に Cohen 教授の Cr 鋼 (1.0% C, 1.5% Cr, 0.2% V) の實驗式と比較してみるに非常に良く一致している。此の直線より (1-S), 及び K の常數を決定すると、S = 0.717, K = 0.0324 (Cohen 教授のデータでは S = 0.69, K = 0.0319) である。次に (ii) (iii) (iv) の試料についての殘留オーステナイトの舉動は講演の際に述べる。



第 3 圖

IV. 各種熱處理による機械的性質の變化

(i) 840°C × 30 分間加熱 → 油焼入處理, (ii) 840°C × 30 分間加熱 → 250°C 鹽浴焼入 → 油冷處理, (iii) 840°C

×30分間加熱→250°C 鹽浴焼入→空冷處理 (iv) 840°C ×30 分間加熱→油焼入直ちに→サブゼロ處理 (約 103 °K) 等をした4種の熱處理方式の異なる試料を 100°C, 130°C, 150°C, 180°C, 200°C, 250°C, 300°C の各温度に1時間焼戻した。此の各試料について硬度、壓壊試験、切欠曲げ試験を實施して焼戻温度による特性を報告する。

V. Point Counting と Lineal Analysis による 残留オーステナイトの定量

確實な残留オーステナイトの定量法としては次の3つの方法が考へられる。(i) X線による定量法⁸⁾⁹⁾, (ii) Point-Counting による定量法¹⁰⁾ (iii) Lineal Analysis による定量法¹⁰⁾等。

著者等は軸受鋼を 1100°C×30 分間加熱して徐冷し炭化物を完全にオーステナイト地に吸収させた後、850°C 900°C, 950°C に 10 分間加熱し油焼入して後に 275°C に5秒~10秒間焼戻してマルテンサイトを黒色に残留オーステナイトを白色に現われる様した。それを 1000 倍で寫真に撮影しこれより Point Counting と Lineal Analysis とにより残留オーステナイトの量を計算して、平均値、分散、標準偏差、標準平均誤差、及び 1% の誤差内に入る確率が 65% となるに必要な測定回数等を求めて報告する。試料の大きさは φ 6mm×2mm の圓板である。腐蝕液は 4% 硝酸アルコールに 1% 鹽酸を加えたものである。

- 1) 鋼の熱處理と作業標準, p 54
- 2) 磯江道夫: 球軸受, ころ軸受
- 3) S. G. Fletcher & M. Cohen: A. S. M. 34, 1945, p 216.
- 4) S. G. Fletcher, B. L. Averbach, & Cohen: A. S. M. 40, 1948, p 703.
- 5) S. G. Fletcher, B. L. Averbach, & M. Cohen: A. S. M. 40, 1948, p 728.
- 6) 同上: A. S. M. 41, 1949, p 106
- 7) B. L. Averbach & M. Cohen: A. S. M. 41, 1949, p 1024.
- 8) Frank K. Gradner & M. Cohen: A. I. M. E. 1943, 154, p306.
- 9) B. L. Averbach & M. Cohen: A. I. M. E. 1948, Technical Publication No. 2342.
- 10) Robert T. Howard & M. Cohen: A. I. M. E. 1947, Technical Publication No. 2215.

* Y: 第2圖より求めた時間 = t における收縮量

(38) 鋼の連続冷却變態曲線に就て

關東特殊製鋼 K. K. 標 正
○泉田和輝

I. 緒 言

鋼の冷却時の變態に於ては主として S 曲線として種々研究されているが、これらは恒温に於ける變態であつて實際の焼入に於ける冷却とは著しく異つてゐるので、S 曲線は實際の焼入性に対しては種々の鋼に就て相對的な意味しかない。これに対して近來連續冷却變態曲線に關し研究がジョミニー法を應用して行われてゐる¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。又ディラトメーターにより連續冷却變態曲線を作製した例もある⁵⁾⁶⁾。筆者も亦本多、佐藤式熱膨脹試験器を改良して鍛造用型鋼第4種及第6種、Si-Mn-Cr 鋼2種類等について連續冷却變態曲線圖を作製して實際の焼入の場合に於ける焼入性を比較し夫々の鋼種の變態の特性を明にした。

この方法は示差膨脹法である故他の方法の如く變態の開始點のみでなく終了點をも明らかにし得ることが可能である故各變態を極めて解析的に取扱ひ得た。又この方法は極めて簡単でしかも信頼度も高いから種々の鋼にたいし種々の熱處理條件で適用出來、焼入性の研究に極めて有効である。

II. 實 驗 方 法

實驗試料の化學成分は第1表の通りである。

第1表 試料の化學成分 (%)

符 號	鋼 種	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
SKF 4	Mn-Cr	0.500	0.210	0.851	0.01		
SKF 6	Ni-Cr-Mo	0.560	0.160	0.780	0.911	0.690	0.33
SMnCr75R-(A)	Si-Mn-Cr	0.410	0.611	0.041	0.12		
SMnCr75R (B)	"	0.360	0.310	0.961	0.27		

T.P の寸法は 4.4φ×80mm のものを使用した。これ等の T.P は總て 850°C に 30 分間保持し種々の冷却速度で冷却の際の諸變態を示差膨脹法により求めた。冷却速度を非常に速くするためには石英管の外部より水或は壓搾空氣にて冷却し更に石英管内部にも壓搾空氣を吹込み又遅くするためには石英管にカバーをつけた。これ等の方法を色々と組合せるにことにより廣範圍にわたり所望の冷却速度を容易に得ることが出來た。

又測温は従來の方法を改めて試験片の中央に深さ 3 mm の穴をあげその中に熱電對を挿入し硼砂にて熔接