

×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<sup>8)9)</sup>, (ii) Point-Counting による定量法<sup>10)</sup> (iii) Lineal Analysis による定量法<sup>10)</sup>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對しては種々の鋼に就て相對的な意味しかない。これに對して近來連続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いる<sup>1)2)3)4)</sup>。又ディラトメーターにより連続冷却變態曲線を作製した例もある<sup>5)6)</sup>。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種類等について連続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		

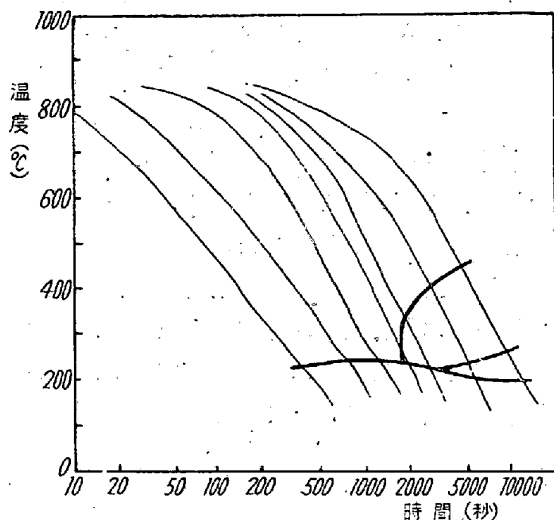
T.P の寸法は φ 4×80mm のものを使用した。これ等の T.P は總て 850°C に 30 分間保持し種々の冷却速度で冷却の際の諸變態を示差膨脹法により求めた。冷却速度を非常に速くするためには石英管の外部より水或は壓搾空氣にて冷却し更に石英管内部にも壓搾空氣を吹込み又遅くするためには石英管にカバーをつけた。これ等の方法を色々と組合せるにことにより廣範圍にわたり所望の冷却速度を容易に得ることが出來た。

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

し試験片の温度を直接測定し得るようにした。

II. 實驗結果及びその検討

冷却速度の變化に応じて變化する Ar 諸變態を示差膨脹法により求めた結果より連續冷却變態曲線を圖示した。この一例として SMnCr75R(A) 鋼を第 1 圖に示す。



第 1 圖

他の SKF4, SMnCr75R(B) は何れも第 1 圖と同一形態の連續冷却變態曲線を示した。これ等の結果から Ar 諸變態の特徴を述べれば、

i). S 曲線に見られるように Ar<sub>1</sub>, Ar', Ar'' と三段の變態を行つてゐる。

ii). Ar'' 變態のみを行う様な冷却速度では冷却速度が大となるに従つて Ms 點は降下する傾向が認められる。他の變態を伴う場合は冷却速度が小さくなると Ms 點は下る。

iii). 本方法では Ar<sub>1</sub> 變態に於てフェライトの析出線パーライト變態開始線の區別は出來ないが Ar<sub>1</sub> 變態の開始温度は冷却速度が遅くなるに従い上昇しているが、變態の大部分を Ar<sub>1</sub> 變態で完了してしまうような範圍では殆ど一定温度で起る。

iv). Ar<sub>1</sub> 變態に於ける場合が最も發熱反應が顯著で Ar', Ar'' に於ては殆ど自立つような發熱はない。Ar<sub>1</sub> でも鼻の先に近い處では發熱は顯著でない。Ar<sub>1</sub> に於ける發熱開始は變態開始とずれが認められるが、これはパーライト變態には大きな發熱が伴うと云う假定によれば説明も或る程度出来る。

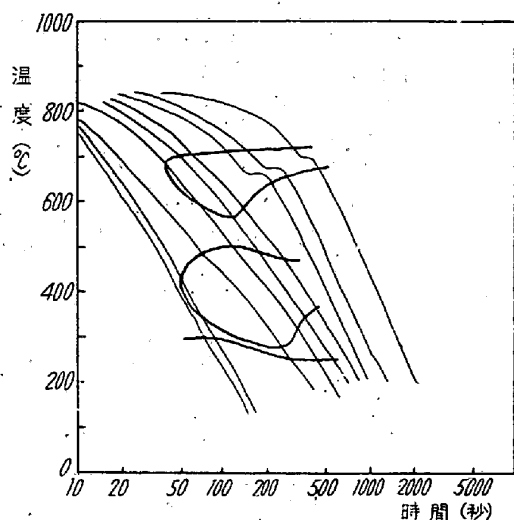
v). この發熱によつて Ar<sub>1</sub> 變態は冷却速度が遅くなり、Ar<sub>1</sub> 變態量は増加するが變態温度範圍をせばめている。

vi). Ar' 變態は冷却曲線が Ar<sub>1</sub> 變態線を切らないときは開始温度が降下するが、Ar<sub>1</sub> 變態が事前に行われた場合も亦降下する。

vii). 冷却速度が緩慢となるに従い Ar<sub>1</sub> 變態が増加すると共に變態は減少し或は消失している。

以上のように S 曲線とは大きな差違が認めらる。

次に SKF6 の連續冷却變態曲線は筆者の行つた實驗範圍内では Ar<sub>1</sub> 變態が見られず、Ar' と Ar'' のみが見られた。然しながら更に遅い冷却を行えば Ar<sub>1</sub> 變態もあることと考える。第 2 圖に SKF6 の連續冷却變態曲線を示した。



第 2 圖

圖で明瞭の通り Ar' は上部變態が行われていないので冷却速度の減少と共に上昇している。Ms 點は Ar' 變態を伴っている範圍では降下している。第 1 圖で述べた鋼種と異なる點は Ar' と Ar'' 變態が Ar' の鼻の先端では接し、もとの方では、はなれている。(これは下田氏の結果<sup>7)</sup>にも示されている。)この接している部分は單に接しているだけか或は兩變態が同時に行われているかはこれだけでは明かでない。

以上本實驗に於ては冷却速度が特に速い處は行わなかつたので Ar'' のみの變態のときは Ms 點に關しては餘り明瞭な結論は求め得ないが大體冷却速度が大となれば Ms 點が降下する傾向が認めらる。下田氏<sup>7)</sup>及び河井、小川氏<sup>6)</sup>の實驗に於ても Ms 點の降下が認められている。

Ar 變態に於ても冷却曲線が上部變態の鼻を切る場合上部變態が多量になると變態開始點が降下するのは上述の 2 報告及び Liedholm<sup>1)</sup> の報告にみられる通りである。それ故以上の冷却變態曲線の結果に共通な現象とし

て何れの變態たるとを問はず未だ上部で如何なる變態をも行われずして始めて變態を行う様な場合には冷却速度が増加すれば變態開始温度が降下する。又冷却曲線が上部變態の鼻を切斷する様な場合には冷却速度が減少すれば變態開始點が降下する。

次に試験終了後試験片の中央部を切斷し斷面の顯微鏡組織を檢鏡したがダイヤトメーターの結果と組織とはよく一致した。

#### IV. 結 論

i). 本多, 佐藤式熱膨脹試験器を改良して SKF 4 及 6, Si-Mn-Cr 鋼 2 種, 計 4 鋼種に就て連続冷却變態曲線を作製した。本方法は極めて簡單で正確であるので連続冷却變態曲線, 焼入性の研究には秀れた方法である。

ii). 本装置により作製した連続冷却變態曲線より簡単に Ar 諸變態の特徴に就て説明した。一般に S 曲線にみられるような三段變態が現れたが, SKF6 のみ Ar', Ar'' の兩變態が一部接しているのが認められた。變態熱の發生は Ar<sub>1</sub> 變態が特に多量で, 他の變態に於ては發熱は少い。

#### 文 献

- 1) C. A. Liedholm: Metal Progress, Vol. 45 Jan 1944
- 2) C. A. L'edholm, W. C. Coons: Metal Progress Vol. 49 Jan. 1946
- 3) 河井, 小川, 鐵と鋼, 37 (1951) No. 4
- 4) G. K. Monning: A. I. M. E. Tech. Pub. 2014
- 5) R. A. Grang, J. F. Boyce, V. G. Peck: Metal Progress, Vol. 57. (1950). No. 5
- 6) A. L. Christenson, E. C. Nelson, C. E. Tackson, Trans. A. I. M. E. Vol. 162, 1945

### (39) 鋼の焼入冷却油に関する 實驗的研究 (IV)

冷却油の冷却能と焼入鋼材の硬化能及び質量との關係, 並びに鑛物油に對する添加物の影響に就いて

東北大學教授 工博 佐藤 知雄  
三菱石油顧問 理博 渡邊 伊三郎  
東北大學特研生 工〇藤村 全 戒

#### I. 緒 言

水或は揮發性の冷却油中に鋼を焼入すれば, その沸點に比べて鋼の表面温度が非常に高温であるため鋼は先づ

蒸氣膜に包まれる。それ以後の冷却は蒸氣膜を通しての熱傳導及び輻射によるため非常に緩慢となり, 硬化能の小さい鋼では焼入硬化の目的は達せられない。

筆者等は, 既上記蒸氣膜を短時間に取り去るためには冷却油の場合炭化水素の熱分解を強烈に起せばよく, 熱分解を強烈に起させることは油性と關係がある事を確め, 更に各種の油に就いて一定鋼材の焼入實驗を行いその結果良好なる焼入冷却油としては,

- (1) 油脂 (グリセライド) とエステル類を混合する
- (2) 鑛物油は芳香族炭化水素含有量の多いもの。
- (3) (2) とエステル類とを混合する。
- (4) 鑛物油と (1) とを混合する。

こと等が有効である事を報告した。

本報告は冷却油の冷却能と焼入鋼材の硬化能及び質量との關係, 並びに鑛物油の冷却能を向上させるために添加した添加物が如何に冷却能に影響を及ぼすかに就いて實驗した結果の報告である。

實驗方法は既報と同一であり, 前報にて使用した鋼, 並びに SK5 鋼 (第 5 種炭素工具鋼, C 0.83%, Si 0.47%, Mn 0.43%, Ni 0.21%, Cr 0.22%, Cu 0.25%) の真空加熱による焼入實驗を行つた。

## II. 實 驗 結 果

### II-(1) 硬化能との關係

第 1 圖は SK5 鋼及び 0.9% C スエーデン炭素鋼の, 20mmφ×50mm の試験片を, 800°C より液温 60°C の前報にて使用した菜種油, 大豆油エチルエステル, 菜種油と大豆油エチルエステルの等容混合油, Furfural 精製處理抽出油, 硫酸及び白土處理精製油, パラフィンワックス(融點 50.4°C)に焼入れた場合の硬度分布を示す。SK5 鋼は不純物を多く含み硬化能が大きく, 同圖にて各冷却油に焼入れた結果は良く硬化している。

鋼材内部の冷却は熱傳導による故鋼材の表面温度に支配される。よつて硬化深度は蒸氣膜或はガス膜消失時の内部温度並びに膜消失後の表面温度による。前者は膜消失迄の時間が短い程高く, 冷却油の場合油脂を除けば熱分解を強烈に起す程その時間は短くなる。後者は冷却剤の沸點, 粘度, 比熱及び吸着層の熱傳導度等に支配されると考えられ, その温度は低温である程硬化の深さが大であるが, 水の場合には餘り低温となり焼割を起すようになる。

第 1 圖に於いて, 硫酸及び白土處理精製油の場合 0.9% C スエーデン鋼にては焼入硬化は認められず, そのツールサイト組織もパーライト組織に近くなり非常に軟