

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

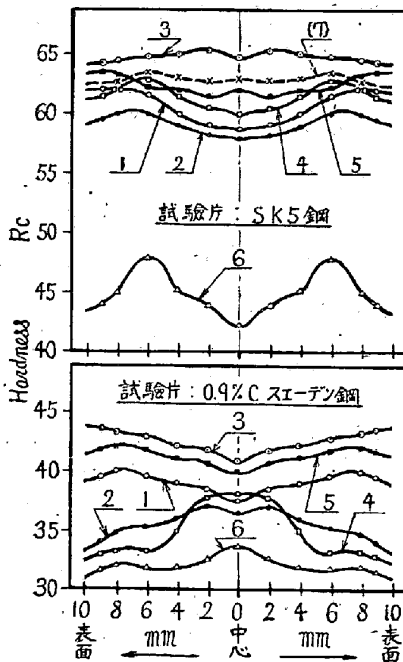
第 1 圖は SK5 鋼及び 0.9% C スエーデン炭素鋼の, 20mmφ×50mm の試験片を, 800°C より液温 60°C の前報にて使用した菜種油, 大豆油エチルエステル, 菜種油と大豆油エチルエステルの等容混合油, Furfural 精製處理抽出油, 硫酸及び白土處理精製油, パラフィンワックス(融點 50.4°C)に焼入れた場合の硬度分布を示す。SK5 鋼は不純物を多く含み硬化能が大きく, 同圖にて各冷却油に焼入れた結果は良く硬化している。

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

番号	記号	冷却油
1	○	菜種油
2	→	大豆油エチルエステル
3	○	菜種油+エステル 50:50
4	○	硫酸及び白土處理精製油(鉍)
5	→	Furfural 精製處理抽出油(鉍)
6	○	パラフィンワックス(融点50℃)
(7)	---	同上兩端面の硬度分布

冷却油番号	SK5 鋼		0.9% C 鋼	
	兩端面	完全	兩端面	完全
1				
2	約 3.5	約 13.6	約 12.0	約 22.0
3	約 1.6	約 7.8	約 1.5	約 7.6
4	約 5.0	約 15.0	約 12.0	約 25.0
5				
6	約 4.0	約 16.8	約 9.0	約 24.0



第 1 圖

いが、SK5 鋼ではほぼ完全に焼入硬化している。これに反して菜種油の場合 0.9% C スエーデン鋼は焼入硬化は認められないが硫酸及び白土處理精製油の場合よりは硬化している。なお SK5 鋼では中心部附近にツールタイトの發生が多少あり硬度分布が低い。この兩冷却油に關する差異は、菜種油は揮發性のため焼入時蒸氣膜の發生は殆んどないがそれ以後の表面温度の低下の緩慢な事(熱分解による氣泡の發生が表面にてしばらく起り對流による冷却をさまたげている。更に熱的に不安定なグリセリン核の分解と推定される氣泡の發生は長時間つづく)のためであり、硫酸及び白土處理精製油の場合には第 1 圖附表の如く兩鋼種では蒸氣膜消失時間が異なることによると考察される。この油の蒸氣膜消失時間の差異は、極性力の強い芳香族炭化水素の含有量が少いため蒸氣膜消失迄の冷却は緩慢であるが、SK5 鋼は硬化能が大きいので表面部が Ar' 變態を行わずその變態熱の發生なきためである。また SK5 鋼がほぼ完全に硬化しているのはこの様に蒸氣膜が比較的早くとれ、膜消失後

對流により表面温度を低く保つ(膜消失直後激しき自然對流が觀察される)事によるのであり、0.9% C スエーデン鋼では膜消失迄の脱熱が弱いため、表面部にて Ar' 變態熱の發生が起り、膜消失までに長時間を要し内部の温度も相當降下するので、對流時に於ける冷却は内部の焼入硬化には影響しないものと考えられる。

第 1 圖の結果より知られる如く大豆油エチルエステルパラフィンワックスは硫酸及び白土處理精製油と同様の現象を呈する。但しパラフィンワックスにて SK5 鋼の場合、試験片の兩端面が焼入硬化し蒸氣膜消失時間が短くなるも焼入硬化は認められない。芳香族炭化水素含有量の多い Furfural 精製處理抽出油、及び菜種油と大豆油エチルエステルとの等容混合油の 0.9% C スエーデン鋼の硬度分布は表面部の Ar' 變態熱に冷却の様式が影響されていない事を示している。

上記の結果が示す如く使用した焼入鋼材の硬化能によつて、對流即ち粘性により良く焼入硬化するものもあるが、この場合蒸氣膜消失時間は精製礦物油では既報(一般的考察)の結果を總合すると溜分温度の低い油程長くなる。

II-(2) 焼入鋼材の質量との關係

焼入鋼材が大きくなれば鋼材の保有する熱量も多くなり、鋼材内部よりの熱移動が多くなるため表面温度の低下が緩慢となり、蒸氣膜或はガス膜消失時間が長くなる。従つて小型鋼材で焼入硬化が認められても大型鋼材では認められなくなる事は當然である。この點に關して SK5 鋼の 20mmφ×50mm, 25mmφ×65mm, 30mmφ×80mm の試験片を用い、第 1 圖に使用した冷却油及び他の數種の冷却油に就いて實驗を行った。

その結果は菜種油と大豆油エチルエステルの等容混合油、Furfural 精製處理抽出油等、熱分解によつてガス膜消失迄の冷却を行う冷却油では、試験片が大きくなると硬化深度は次第に淺くなるが異常變化は認められない。これに反し硫酸及び白土處理精製油等の場合には、20mmφ では略完全に焼入硬化するが 30mmφ では焼入硬化が認められなくなる。而して焼入時の現象も第 1 圖の 0.9% C スエーデン鋼の場合と同様になる。

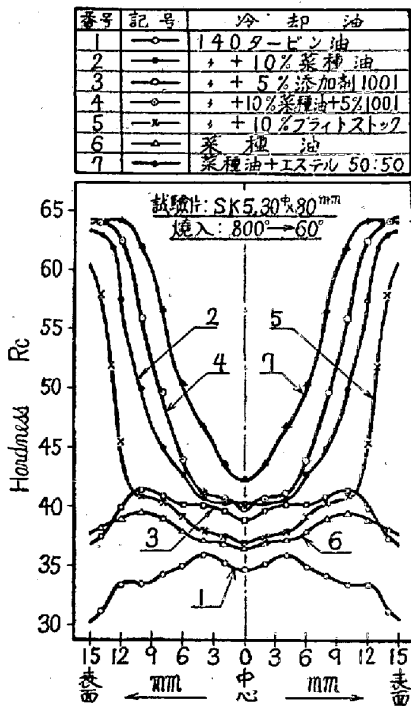
既報の硬化能の小さい試験片によるヒマシ油に關する實驗結果では、菜種油よりも焼入硬化が多少低く現われた。SK5 鋼の大きな試験片にて、ヒマシ油及びヒマシ油と大豆油エチルエステルの等容混合油に焼入して得られた結果と、菜種油及び菜種油と大豆油エチルエステルとの等容混合油の結果とをそれぞれ比較すると前者は非常によく焼入硬化する。これはガス膜消失後に起るヒマシ

油に特例な熱分解の影響が現われてきたものと考察される。

II-(3) 鐵物油に對する添加物の影響

前報の結果から極性力の強い炭化水素を鐵物油に添加すると、それによりガス膜消失迄の冷却が主として行われる事は明らかである。鐵物油として、140タービン油、スピンドル油を選び添加物の影響を調べた。

鐵物油に油脂を添加すると添加量の少い時は、その熱分解によりガス膜消失時間が短くなり、然も對流となつてからは油脂特有の現象が強し現れず滑らかな對流となる事を前報にて報告した。これとII-(1)の結果とを併せ考えると硬化能の比較的大きい鋼では相當な焼入硬化が期待される。よつて油脂を添加して實驗を行つた所第2圖(試片: SK5 鋼, 30mmφ×80mm)に示す様に焼入硬化は非常に向上を示した。



第2圖

油脂を添加した鐵物油に極性力の強い化合物を更に添加する事は、既報の實驗結果を總合して有効であると考へ、極性の強い三菱石油試作添加剤 1001, 1002 を添加して實驗した結果は、焼入冷却能が更に向上を示した。第2圖に試作添加剤 1001 による結果並びにこの添加劑單獨添加の場合の結果を示した。同圖より明らかな如くこの添加劑單獨添加でも冷却能は向上を示している。

高分子の炭化水素は極性力が大きく然も熱的には不安定であるから、その添加はガス膜を短時間でとり去り焼入冷却能の向上を示すと考えられる。これは既報のバル

ボリン油の結果からも明らかである。第2圖にフライストックを添加した結果が示されておるが、明らかに向上を示している。これと類似の研究は古くは French, 近くは Peter, 大和久等が行つている。

冷水溶液の冷却能は非常に良好である。油と水とを混合すれば水の特性が現われガス膜は短時間で消失すると一應考えられる。この點を明らかにするため鐵物油に水を3%, 5% 完全に溶解させた冷却油について研究を行つた。その結果は豫期に反して、鋼材は著しく長時間蒸氣膜(水の蒸氣が主體であると推測される)に包まれ、焼入冷却能は非常に低下を示した。

III. 總括

上記實驗結果を總括すると下記の如くなる。

(1) 焼入用冷却油の撰擇には、焼入鋼材の硬化能の大小及び質量を考慮しなければならない。しかし熱分解によりガス膜が消失する型の冷却油では、この事を考慮しなくてもよい。

(2) 鐵物油に油脂を添加すればその添加量が少い時は焼入冷却能の向上を示すが、更にこのものに或る種の極性力の大きい化合物を添加する事は有効である。

(3) 鐵物油に高分子の炭化水素の添加は有効である。

(4) 鐵物油に水を添加するとかえつて焼入冷却能が著しく低下する。

終りに臨み本研究を遂行するに際し絶えず御援助を頂いた東北大學工学部徳久教授、三菱石油株式會社研究部山本部長、豊口満氏、川島董氏その他に對し心より感謝す。また含水冷却油を頂いた日本鐵業株式會社赤井吉士氏、並びに焼入實驗に従事した丸島博君に對しても感謝する。

(40) 鋼の高温よりの冷却條件と表面に生ずる酸化物の關係について

八幡製鐵所技術研究所 工 大 竹 正  
理 〇 青 木 宏 一

I. 緒言

鐵鋼の酸化に關する從來の研究は、大部分酸化雰囲気酸化溫度を一定とし酸化時間とスケール形成の關係を調べたもので、加熱鋼材の冷却過程中に形成される表面スケールに關するものは餘り見當らない。しかし、このようなスケールは熱間延延製品の表面の光澤、色等の外觀