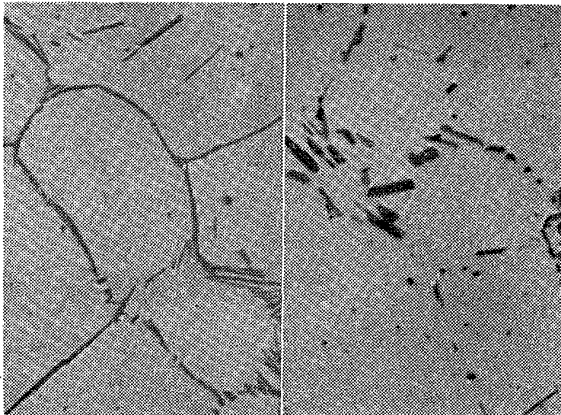


Sample ST94, as cast. Unetched ×600 (3/5)  
 Sample ST91, as cast. Etched by 3% nital ×600 (3/5)

Photo. 1. Microstructures of titanium sulphides.



As cast ×600 (2/3) 1200°C×20h.W.Q. ×600 (2/3)  
 (Unetched)

Photo. 2. Microstructures of niobium sulphides in sample SN54.

が1以上の場合 1200°C 以下では Ti は事実上すべて安定な硫化物となつているものと考えられる。

Mn を含む 4 元系試料においても Ti 硫化物が優先して生成しており、このことから鋼中における Ti 硫化物の生成傾向は、Mn 硫化物よりかなり大であると推察される。

(2) Nb 硫化物

Nb 硫化物は鑄造状態において Photo. 2 に示すごとく一次晶粒界に網目状に析出し、一部は共晶状を呈している。粒内にもこれらと同様の淡紫色の析出物が散在しているが、Nb 硫化物は 1200°C×20h 水冷の熱処理を行なった試片においては網目状析出物は切断されて球状化の傾向が見られる。

Ti 硫化物の場合と同様にして電解抽出残渣の X 線回折を行なったが、Nb 硫化物については回折線の詳細な報告がないので、Hull の図表を用いて主要回折線の面指数を Fig. 1 に示すごとく配当し、格子定数を計算した結果これらの Nb 硫化物は六方晶 (a=3.85, c=8.41, c/a=2.19) の化合物と考えられる。0.6N塩酸

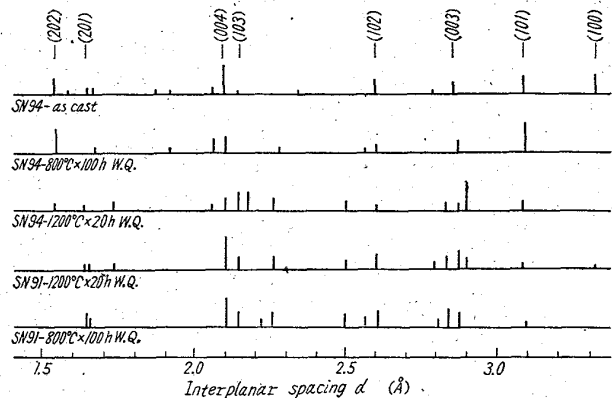


Fig. 1. X-ray diffraction patterns of isolated residues.

溶液による電解抽出残渣の化学分析を行ない、化合物型 Nb 量と化合物型 S 量の関係を検討した結果、これらの化合物はほぼ NbS なる組成を有するが厳密な化学量論比からは多少ずれている。このことは残渣中に定性的に認められたことと合せ考え、これらの硫化物が幾分鉄を固溶していることによるものと考えられる。

硫化物型 Nb 量は熱処理温度に無関係にいずれの試片においてもほとんど一定であり、Nb 硫化物はオーステナイト温度範囲では極めて安定な化合物であると考えられる。また Mn を含む 4 元系合金について検討した結果から、鋼中における Nb 硫化物の生成傾向は Mn 硫化物の場合とほぼ同程度であると推定される。

Ti 硫化物、Nb 硫化物は観察条件を一定にすれば、顕微鏡下で形態ならびに色彩によつて識別することができるが観察結果はカラーフィルムによつて会場で掲示する。

IV. 結 言

(1) 鋼中に生成する Ti 硫化物、Nb 硫化物はオーステナイト温度範囲において、いずれも極めて安定な化合物であることが明らかになった。

(2) Nb 硫化物は六方晶 a=3.85, c=8.41, c/a=2.19 なる結晶構造を有し、その化学組成は NbS に多少 Fe を固溶しているものと推定される。

(3) 鋼中における Ti 硫化物の生成傾向は Mn 硫化物よりかなり大であるが、Nb 硫化物は Mn 硫化物とほぼ同程度の生成傾向を有するものと考えられる。

621.785, 6.063, 621.647, 3  
 (136) 噴霧焼入法の研究

神戸製鋼所中央研究所

中野 平・高田 寿・後藤督高

管理部 工博 岡 54/2 勇

Study of Fog-Quenching Method 543

Taira NAKANO, Hisashi TAKATA,

Tadataka GOTŌ and Dr. Isamu OKA.

I. 結 言

一般に鑄鍛鋼品の焼入には油タンク、または水タンク中での浸漬焼入が行なわれているが、液体中での焼入では冷却過程における各温度域の冷却能は液体の特性によ

つて決まるために自由に調節することが困難で、高温域で速く低温域で遅いという理想的な焼入冷却速度を得ることがなかなかむずかしい。噴霧焼入では、① 水及び空気量を増減することにより冷却速度を各温度で広範囲に亘つて任意に変え得る。② 各部の直径または肉厚の異なるものに対しても各部に均一な冷却速度が与えられる。③ 軸材ではその回転が容易であるので均一な冷却が行なえる、など幾多の利点を有している。噴霧焼入の適用例としては、高温、高速回転で使用され軸の振れが極度に嫌われるタービンローター軸、発電機軸があるが、上記の噴霧焼入の有する利点よりさらに一般の鑄鍛鋼品にも広く利用されることが予想される。以上の観点より、噴霧焼入を行なう水量、空気量、およびノズルと被焼入体との距離噴霧の広がりや冷却能におよぼす影響を調査したので報告する。

II. 試験装置および方法

試験装置は噴霧についての冷却均一性測定用と冷却能測定用の2台を製作した。均一性測定装置は Fig. 1 に示すように冷却温度分布測定用の厚さ 90mm、450mm 角の板状試験片 (S40C) をノズルとの距離 300~1000 mm 間 100mm 毎に変え得るもので、その中心から対角線上に 75mm 間隔で熱電対による測温孔を穿けたものである。また Fig 2 に示す冷却能測定装置は直径 200 mm長さ 700mm の丸棒試験片 (SCM 4) を円筒状ドラム中へ挿入し、その下端面から冷却しながらその冷却面から 20~350mm 間 6 個所の測温ができるもので、ドラム中は遮蔽板を設けしかも真空にすることにより、熱伝導、対流による側面からの温度降下を極力防止した。冷却試験片の加熱はいずれの場合も 850°C の温度で 2 h 以上、雰囲気調整炉により無酸化加熱を行ない、噴霧冷却開始温度は加熱温度より若干低くなるがその間の時間は外挿して求めた。冷却中は 0.3mm φ の C.A 熱電対から自動温度記録計に導びき冷却曲線を画かせたが、冷却速度はすべて変態熱を除外したものを採用した。ノズルは特殊な構造により水と圧縮空気 (一次) が混合され、その周囲に単独の圧縮空気 (二次) が同時に噴射されるもので、各圧力および二次空気流量は一定とし水と一次空気流量のみを変えて試験した。

I. 試験結果

冷却均一性測定装置を用いて水流量を最大 180 l/h、一次空気流量を最大 100m<sup>3</sup>/h、ノズルと冷却試験片間距離を 500, 700, 1000 mm に変え、冷却試験片の平均冷却速度および硬度分布により均一性を調べた結果、水流量を減じた場合および一次空気流量を増した場合、若干均一性が増加する傾向にあり、またノズルと冷却試験片間距離を大きくする程均一性は増大するが、いずれの場合も冷却速度は逆に小さくなる。その一例を Fig. 3 に示す。

冷却能測定装置によりノズルと冷却試験片間距離を 700mm 一定とし、水と一次空気量は良好な霧化状態を示す混合比でもつて変化させ、冷却試験片各位置の冷却速度から冷却能におよぼす噴霧条件の影響を調べた。冷却能は Fig. 4 に示すように二次空気のみの場合から、漸次水および一次空気流量を増すにつれて大きくなるが飽和する傾向にあり、それは冷却面からの距離が大きく

なる程著しい。

以上の試験結果から実際に軸材を噴霧焼入する場合の噴霧条件に対する焼入強烈度 (h 値) と、軸材内外部の冷却速度を計算的に求めてみた。軸材の噴霧焼入装置はノズルが円周上に中心え向けて置かれ軸材が回転しており、前記の試験装置とは異なるが、その代表的な噴霧条件に対する軸材各部の冷却曲線が既に実測されているので、その冷却曲線と E. SCHMIDT の図式解法<sup>1)</sup>を用いて計算により h 値を求め、さらに種々の噴霧条件に対する 2, 3 の軸材直径の内外部の冷却曲線を算出した。h 値

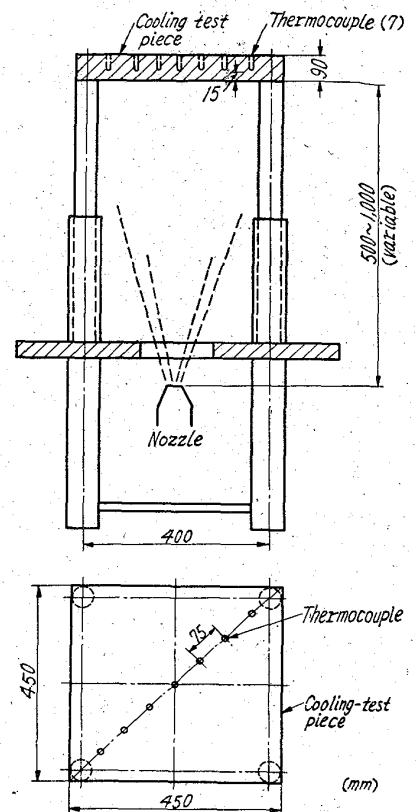


Fig. 1. Fog-quenching apparatus for cooling-uniformity test.

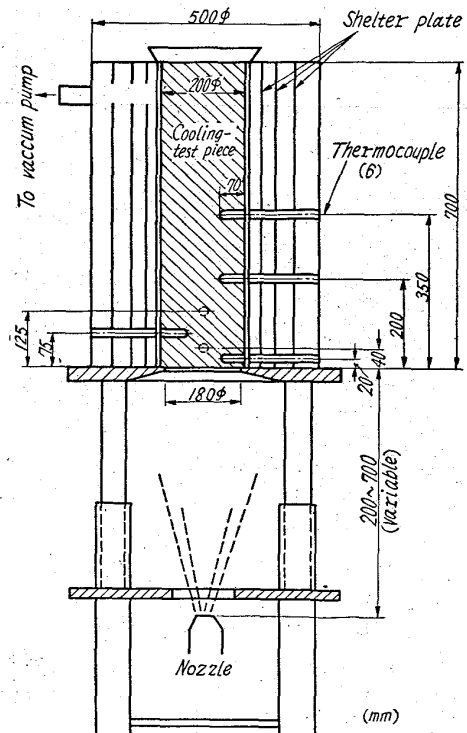


Fig. 2. Fog-quenching apparatus for cooling-ability test.

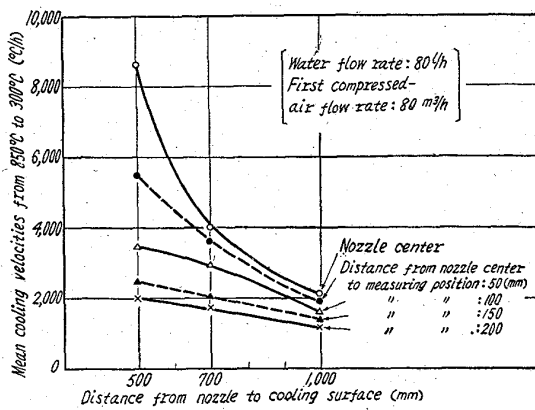


Fig. 3. Relation between the fog-quench uniformity and the distance from the nozzle to the cooling test piece.

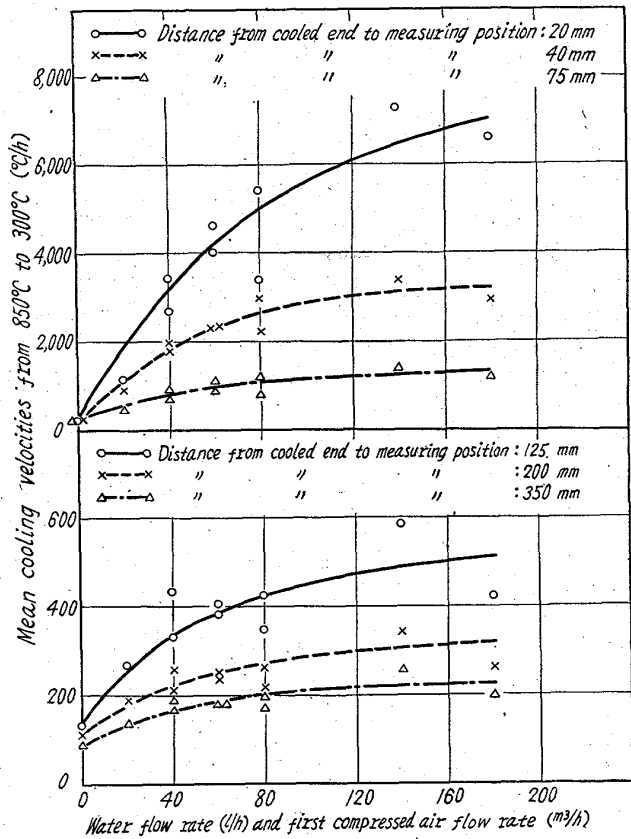


Fig. 4. Effect of water and first compressed-air flow rate on the cooling velocities.

は水及び空気流量の増加に伴ない大きくなるがある値の処でやや飽和するようであるが、ノズルと冷却体間距離によつてもかなり大きく変化することが認められた。したがつて噴霧焼入は軸材各部の冷却速度も広範囲に変え得ることが明らかとなり、たとえば Fig. 5 に図示した直径 1,000 mm の軸材の冷却速度はほぼ油浸漬焼入と空中放冷との間にわたつており、これは噴霧条件を適宜調節することにより体温域で速く低温域で遅い理想的な焼入の可能なことを示すものである。

IV. 結 言

別途に製作した噴霧焼入用の均一性試験および冷却能

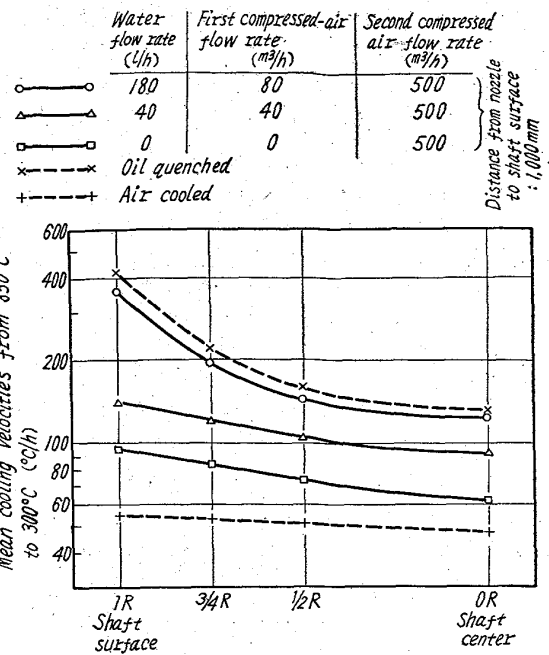


Fig. 5. Variation of cooling velocities by fog-quenching method (Diameter of shaft: 1,000 mm).

試験装置を用い、種々の噴霧条件に対する噴霧の広がり、および冷却能を求め、さらに実際の軸材噴霧焼入装置における噴霧条件と焼入強烈度を E. SCHMIBT の図式解法により算出してみた。

1) 噴霧の広がりには水流量は少ない方が、また一次空気流量は多い方が若干大きくなる傾向を示すが、それよりもノズルと冷却体間の距離を増した場合の方が広がり大きくなる。しかしいづれの場合も冷却能が小さくなる。

2) 焼入冷却能は水、および一次空気流量を増すことによつて大きくなるが飽和する傾向にあり、それは冷却面から内部にゆく程顕著である。

3) 軸材噴霧焼入装置の焼入強烈度 h 値は、水、および一次空気流量を増すにつれて大きくなるがやや飽和する傾向を示す。しかしその範囲はほぼ油中浸漬焼入から空中放冷の間にわたつており、非常に大きいことが明らかになった。

文 献

1) W. TRINKS: Industrial Furnaces, 1 (1951) p. 401.