

(68) 軸受鋼炭化物の不均質性について

山陽特殊製鋼 工 瀬 戸 浩 蔵

Heterogeneity of Cementite in Ball Bearing Steel.

Kozo Seto.

I. 緒 言

軸受鋼に析出する炭化物は、初析炭化物および共析炭化物とも、 $M_3C$  の結晶構造を有し、Fe と置換した Cr 量は一般に初析炭化物の方が、また高温で平衡にあるものほど大であるとして、従来から炭化物形成元素の親和力の強弱から考察が加えられてきた。しかし、顕微鏡的にこれらの炭化物を観察した場合、たとえばオーステナイト範囲からの比較的速かな冷却で初析炭化物が明瞭に網状に発達し、またこの炭化物は昇温時に溶解しやすい等、たんに親和力の強弱よりも、むしろ炭化物の拡散速度の大小によつて挙動の定まる場合のあることが推定される。われわれは、炭化物の中に Cr が固溶するほど拡散が遅くなることを利用し、種々の熱処理過程中の炭化物を電解抽出して、主として Cr 量を求め、炭化物の不均質性からその挙動を考察した。

供試片は焼鈍状態で炭化物組成 6.73% C, 7.60% Cr, 1.59% Mn (電解収率 97%) を有する SUJ-2 を使用した。

電解条件は東北大佐藤教授の方式より、0.5N HCl + 5% クエン酸、10~20 mA/cm<sup>2</sup>、約 50 時間行った。

II. 実 験 結 果

(1) 連続冷却時の初析炭化物

オーステナイトの単相域より、種々の速度で、それぞれ温度まで冷却を行い共析変態前に焼入処理した試料より、初析の網状炭化物を電解抽出して検討した。冷却速度の速いほど Cr 含有量少く、鮮明な網状炭化物を析出する。一定冷却速度で冷却温度(連続冷却を中止して焼入処理をする温度)を変化しても、炭化物組成には大差がない。(Fig. 1)

(2)  $A_1 \sim A_{cm}$  間に昇温した場合の残留炭化物

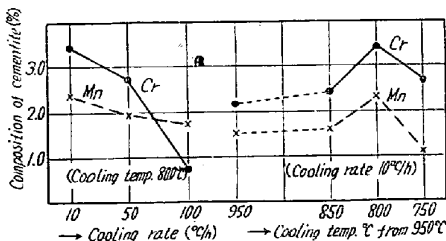


Fig. 1. Composition of cementite at continuous cooling process from austenitizing temp. 950°C.

(a) 圧延材を昇温後空冷した場合

網状、層状およびソルバイト状の各炭化物の混在組織を有する圧延材を昇温すると、顕微鏡的に  $Ac_1$  を越えてまず層状炭化物が、次いで網状炭化物が溶解し始めるとともに、ソルバイト状炭化物も溶解するのが一部は平衡状態で残存し、高温長時間保持するほど個々の炭化物の大きさは大きくなるのが観察される。このオーステナイト化の温度と時間を種々変化して空冷した試片より炭化物を抽出して検討した。その結果、温度の高いほどまた保持時間の長くなるほど Cr 含有量は低い。空冷操作をとつた試片より電解抽出したため、ソルバイトも一部捕集されているので一般に Cr 量は球状炭化物と大差ない。(Fig. 2)

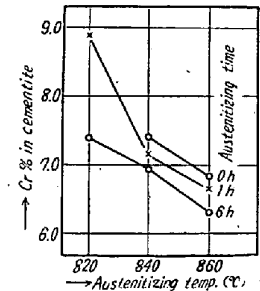


Fig. 2. Cr% in cementite at various austenitizing temp. and time. (As rolled T.P.)

(b) 球状化焼ナマシ材を昇温後油冷した場合

すでに発表されたごとく焼入温度の上昇とともに一般に残留炭化物中の Cr 含有量は上昇する。(Fig. 3)

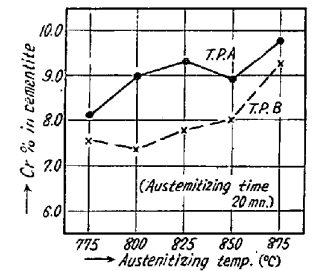


Fig. 3. Cr% in cementite at various austenitizing temp. (As spheroidizing annealed. T.P.)

(3) 焼ナマシ過程における炭化物

焼ナマシ組織であるソルバイトおよび微量に存在する層状、初析各炭化物の混在組織のものに焼ナマシ操作を施すと、顕微鏡的に  $Ac_1$  点以上の所定球状化温度に昇温する途中においてソルバイトは幾分球状化し、その温度に保持中炭化物の一部がオーステナイトに溶解する。以後冷却過程に matrix の球状化が進行し、 $Ar_1$  以下で球状化が完了することが観察される。この各中間過程から油冷を行い炭化物を電解抽出して検討した。 $Ac_1$  上に昇温直後

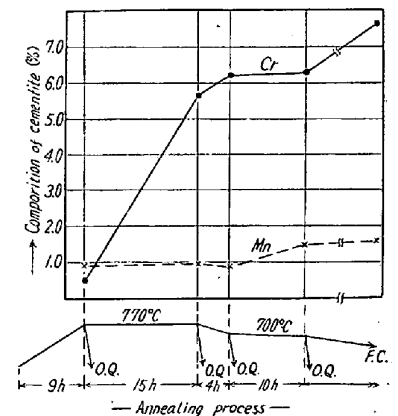


Fig. 4. Change of cementite composition in spheroidized annealing process.

完了することが観察される。この各中間過程から油冷を行い炭化物を電解抽出して検討した。 $Ac_1$  上に昇温直後

は残留炭化物の Cr 含有量はいちじるしく低く、この温度に保持中に Cr の大半が炭化物に濃縮して、以後  $A_{r1}$  の冷却域ではわずかに Cr が濃縮するにすぎない。(Fig.4)

#### (4) 恒温変態による層状炭化物

層状炭化物のみを析出させることは実際上不可能であるが、恒温変態によって層状炭化物をできるだけ析出させた場合の抽出炭化物の Cr 量は球状炭化物よりわずかに低い。

### III. 結果の検討

Cr を含まない高炭素鋼と、1.5% Cr を含む軸受鋼に析出する炭化物の拡散速度は、前者の方が大きいことは顕微鏡的にも観察されるし、また  $A_{c1}$  直上で両者にほとんど差異がないが高温になるにしたがつて前者の炭化物の方が遙かに大であることが報告されている。

(1) 連続冷却時、速かな冷却速度で大きく成長する網状炭化物は Cr の含有量が少い。これは C との親和力の強い Cr が炭化物を形成して成長するよりも、Cr の含有量少く拡散速度の大きい炭化物がより速く成長するものと考えられる。

(2) 圧延材を  $A_1 \sim A_{cm}$  間に昇温保持すると、高温長時間のものほど、すなわち残留炭化物が大きく成長したものほど Cr 含有量が少い。Cr に富むソルバイトは微細なため溶解し、拡散速度の大きいものがわずかな温度の上下で凝集成長したものと考えられる。しかし連続冷却時のものに比して、昇温過程および保持中に Cr は相当炭化物に濃縮している。

(3) 球状化焼鈍鋼は、Cr に富む共析炭化物がすでに球状化を完了しているために昇温しても親和力が強く難溶で、むしろ Cr の少ない初析炭化物が溶解するため高温長時間ほど残留炭化物中の Cr 含有量が高くなるものと考えられる。

(4) 焼ナマシ過程では、昇温時 matrix の Cr に富む微細なソルバイトはほとんど溶解し、Cr の少い炭化物のみが残存しているが、この温度に保持中に Cr は親和力の差によって大半炭化物に濃縮する。この温度での拡散速度は Cr の含有量如何にほとんど左右されないためと思われる。

## (69) 不銹鋼の非金属介在物に関する研究

(18-8-Ti, 18-8-Cb 不銹鋼について)

住友金属工業、鋼管製造所

工〇田上 豊助・井上 俊輔

## Non-metallic Inclusions in Stainless Steels.

(18-8-Ti and 18-8-Cb steel)

Toyosuke Tanoue, Syunsuke Inoue.

### I. 緒言

一般の弧光炉や高周波炉で熔製される各種の不銹鋼のうちで 18-8-Cb と 18-8-Ti はとくに非金属介在物や砂疵が多いことが知られている。18-8-Cb や 18-8-Ti は C や N と親和力の強い Cb や Ti を含有するため、炭化物や窒化物の生成が清浄性低下の原因であると考えられているが、一般の製品材の C 含有量と N 含有量の範囲で、C と N のいずれがどの程度清浄性の低下に影響しているかはまだ明らかでない。非金属介在物のより少い製品を製造するためにはこの点を明らかにする必要があると考えられるので、真空熔解炉を使用して C および N 含有量の異なる種々の 18-8-Cb, 18-8-Ti を熔製して、非金属介在物の生成量と C および N 量との関係を調査し、C および N の清浄性低下におよぼす影響度を究明した。

### II. 実験方法

#### (1) 試験材料の熔製

非金属介在物の生成におよぼす C および N 含有量の影響を試験するためには O 含有量が低く C および N 含有量の種々異なる試験材料を必要とするため、熔解雰囲気を変更し得る真空熔解装置を使用して試験材料の熔製を行った。C 含有量の調節は銑鉄の添加により行った。N 含有量の調整は熔解後の真空保持時間の調節、炉中に導入した  $N_2$  ガスの分圧の調節および窒化クロムの添加により行った。

C 含有量の影響の試験のためには N 含有量低く C 含有量の異なる材料を、N 含有量の影響の試験には C 含有量低く N 含有量の異なる多数の材料を熔製した。その成分範囲はつぎの通りである。

18-8-Cb	C%	N%
C 含有量の影響	0.007~0.23	0.0006~0.0012
N "	0.008~0.017	0.0006~0.242
18-8-Ti		
C 含有量の影響	0.008~0.93	0.0005~0.0011
N "	0.006~0.017	0.0007~0.103

#### (2) 試験方法

鋼塊を鍛造比 10 の丸棒に鍛造し、中心を通る縦断面を顕微鏡で観察した。一部の材料については鍛造のままの試験片について鍛造組織を調査した。非金属介在物の量は学振第 3 法によって測定し検査面に対する介在物の面積率をもつて表示した。介在物の組成確認のため、試