

(577)

オーステナイト中での炭化物粒子のオストワルド成長

東北大学大学院 魏 明鏞, 工学部 佐久間健人, 西沢泰二

1. 緒言：オーステナイトあるいはフェライト中に微細に分散した炭化物粒子は、結晶粒成長を抑制して材料の強靱性の向上に寄与するばかりでなく、炭化物の分散によって強度の上昇が計られることはよく知られている事実である。ところが、各種炭化物の高温での安定性を判断するうえで、その目安となる炭化物の成長速度の定量的なデータの蓄積は未だ不十分であるように思われる。そこで、本研究ではオーステナイト中での各種の炭化物の成長速度を定量するとともに、オストワルド成長の理論で炭化物の成長速度を記述できるか否かを検討することを目的とした。

2. 実験方法：実験に供した試料はFe-11.0%Cr-0.76%C, Fe-4.91%Mo-0.40%C, Fe-1.07%V-0.86%CおよびFe-0.46%Nb-0.30%Cの4種類であり、それぞれ Cr_7C_3 , Mo_6C , VCおよびNbC粒子の成長を調べるために用いた。均質化処理はNb鋼では1370℃で7h, 他の鋼については1300℃で24h行ない、その後水中に急冷した。均質化した試料を900~1200℃の温度に種々の時間加熱してから再び水中に急冷し、組織観察に供した。組織観察は主として走査電顕(日本電子製JSM-25)によって行なった。炭化物粒子の大きさの定量は画像解析装置(日本レギュレータ社製LUZEX-450)を用いて行なった。また、一部の試料について母相中の合金元素濃度をX線マイクロアナライザー(島津製ARL-EMX)により測定した。

3. 実験結果：写真1にはオーステナイト中に析出したNbC粒子の走査電顕写真を示した。写真で白く見えるのがNbC粒子であり、マトリックス中に比較的均一に分散している。この種の多数の写真を解析して、平均粒子半径 $\bar{r}$ と加熱時間 t の関係を評価した結果を図1に示した。図中にはオーステナイト中でのセメンタイト粒子の成長速度の実測値をもとに⁽¹⁾、1100℃での成長速度を推定した結果を点線で示してある。この結果によると、合金炭化物の成長速度を比較してみると、 Cr_7C_3 , Mo_6C , VC, NbCの順で遅くなっている。オストワルド成長の理論をもとに、 M_aC_b と書かれる炭化物の成長速度式を導びくと次式のようになる。

$$\bar{r}^3 - \bar{r}_0^3 = \frac{8}{9} \left(\frac{a+b}{a} \right) \frac{\sigma D_M^r V^\theta u_M^r}{RT(u_M^\theta - u_M^r)^2} t \quad (1)$$

ここで、 $\bar{r}_0$ は $t=0$ における平均粒子半径、 σ は界面エネルギー、 D_M^r はオーステナイト中でのM原子の拡散係数、 V^θ は炭化物を構成する原子1モルあたりのモル容積、 u_M^r および u_M^θ はオーステナイトおよび炭化物中の合金元素濃度であり、通常モル分率 x_M とは $u_M = x_M / (1 - x_M)$ で関連づけられるパラメーターである。(1)式から計算した平均粒子半径と実測値を比較してみると、すべての炭化物について両者は2~3倍の範囲内で一致することが分った。

4. 文献：(1)佐久間, 熊谷, 西沢：鉄と鋼60(1974), 2153.

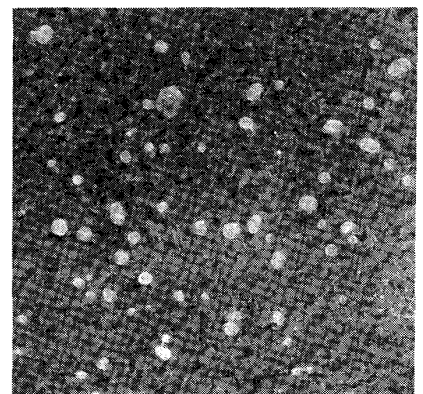


写真1 NbCのSEM写真

1200℃, 50h加熱 X3500

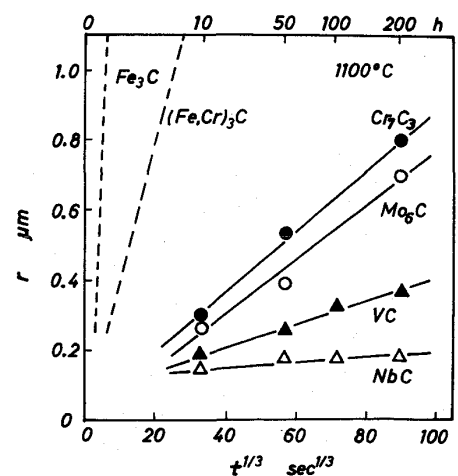


図1 オーステナイト中での各種炭化物の成長速度