

(635) Fe-C合金過飽和固溶体からのセメント析出挙動

新日本製鐵(株)基礎研究所 ◦潮田浩作, 斉藤 肇
阿部光延

1. 緒言：過飽和固溶体からの溶質原子の析出過程では、一般に溶質原子の過飽和度が高いほど析出粒子は微細で密に分布する。この場合、析出核がどのように形成されるのか不明な点が多い。本報では、Fe-C合金を対象にして、この問題を実験的に検討した。

2. 実験方法：試料には塩酸電解鉄をベースにしたFe-0.02wt.%C溶解鋼の冷延板(0.8mm厚)を用い、焼鈍(700℃-5min)したのち、 $1^{\circ}\sim 10^3^{\circ}\text{C/s}$ の冷却速度で室温まで冷却した。このあと塩浴炉を用いてCの析出処理をおこなった。焼鈍後の結晶粒径はいずれも約40 μm であった。

3. 実験結果・考察：Cの析出処理終了後(400℃-120s)の粒内セメント分布密度は、焼鈍後の冷却速度の上昇とともに増加し(Fig.1)、その結果硬度も高くなる(Fig.2)。

焼鈍後の冷却中でも固溶限の低い温度域(たとえば400℃以下)では、以下に述べるようにCの析出などが生じる。(1)粒界セメント析出：徐冷の場合($\leq 10^{\circ}\text{C/s}$)には粒界セメント析出する。(2)転位によるCの捕捉：急冷の場合(10^3°C/s)でも転位にCが捕捉される。(3)C集合体の形成：C原子は相互の衝突によりdimer(C_2)、trimer(C_3)などを形成するか、原子空孔と反応して高密度のC集合体の核を形成する。

C析出処理(400℃での等温焼鈍)による硬度変化をFig.2に示す。析出処理の開始により硬度は瞬間的に増加し、温度の上昇とともに硬度は一旦低下し、再びわずかではあるが增加する。Photo.1を考慮すれば、最初の硬度ピークは、C集合体の分布密度の増加、C集合体の質の変化(たとえば ϵ 相の形成)あるいはCによる転位固着の強化などが考えられる。一旦硬度が低下することは、C集合体(あるいは ϵ 相)の溶解に、またその後の硬度上昇はセメント析出に対応するものとみられる。したがって、C集合体あるいは ϵ 相から明瞭なhabit planeをもつセメント析出への変化は、復元現象を伴っているものと考えられる。この現象は、等時焼鈍(10s)における硬度変化に二つのピークが確認されたことから裏付けられる。この場合セメント析出は転位上に優先析出しているものと判断される(Photo.1(b))。析出処理の安定段階における単調な軟化(Fig.2の長時間側)は、セメント析出の分布密度に変化がないことが確認されたので、セメント析出の成長に伴って固溶Cが減少したことに関連する。

4. 結言：Fe-0.02wt.%C合金を焼鈍したのち室温まで急冷した場合、転位に捕捉されたCとは別に地鉄中に密に分布したC集合体が観察される。その後の再加熱析出処理においては、加熱開始直後にC集合体から粒内セメント析出への変化を生じる。この遷移は一種の復元現象とみられ、セメント析出は転位に優先析出する。

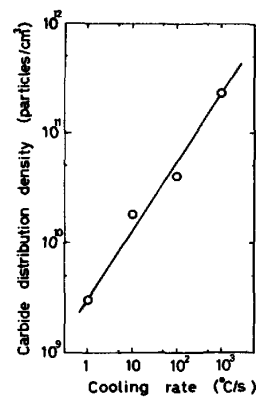


Fig.1 Variation of carbide distribution density in grain with cooling rate.

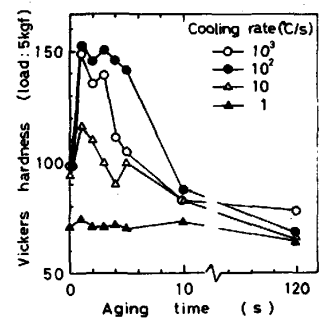


Fig.2 Variation of hardness with aging time at 400°C.

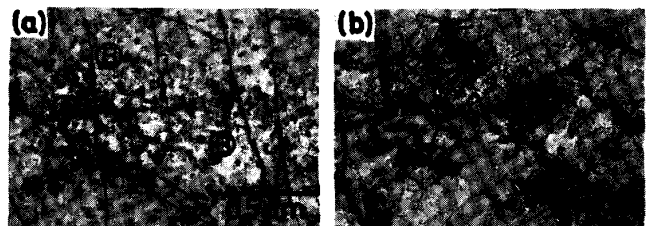


Photo.1 Carbide precipitation of specimen reheated to 400°C for (a)1s(320°C) and (b)5s(380°C) after quenched by 10^3°C/s . (A: decorated dislocations, B: C clusters (or ϵ -carbide), D: cementite).