

(273)

(株) 神戸製鋼所 鋼板開発部

○ 小林 洋
 自任 二郎

1. 緒言 --- Nbのフェライトにおける析出挙動は実用上極めて重要である。しかしその析出の速度論的挙動は不明な点が多い。本実験ではNb(C, N)の析出速度論についてそのNb濃度依存性さらにはこれにおよぼすCrの影響を調べ、前報の結果(Mnの影響)と比較した。

2. 実験方法 --- 表1は本実験で用いた試料の化学成分を示す。各試料とも真空封入し、1250℃で30 minの溶体化処理を行なった後、水中にて急冷し、固溶NbおよびC, Nを凍結し、その後真空中にて15℃/10 minおよび15℃/40 minの昇温速度で等温焼鈍を行ない、そのときの析出過程と電気抵抗により測定した。また550℃から655℃の温度範囲では等温焼鈍による析出過程と同様に電気抵抗により測定した。

3. 実験結果 --- 図1は15℃/40 minで昇温した場合の各試料の電気抵抗変化を示す。その変化は4つのステージに分けることができる。260℃付近までのステージIでの電気抵抗の減少はFe₃CあるいはFe₄Nの析出によるものである。試料1のステージIIにおいては温度と共に電気抵抗は増加しており、析出したFe₃CあるいはFe₄Nが再び固溶することがわかる。これに反してNb量の高い試料2およびCrを添加した試料3ではこのような復元現象は見られず、単調に電気抵抗は減少し、Fe₃CあるいはFe₄Nの形成が温度の上昇とともに進行することがわかる。ステージIIIでは電気抵抗は急激に減少する。さらにこれに引き続いてステージIVが出現し、著しく電気抵抗は減少する。ステージIIIはAlNの析出によるものであり、ステージIVはNb(C, N)の析出によるものである。図2は試料3での等温焼鈍による電気抵抗の変化を示す。極めて短時間でも大きな電気抵抗の減少がみられ、引き続いて析出反応に典型的なジグゼイグル曲線を描いている。これはFe₃CあるいはFe₄Nが極めて短時間で形成されるのに反してAlNあるいはNb(C, N)はその反応が極めて遅いことによる。図3は各試料において電気抵抗が80%減少するために必要とする時間とそのときの温度との関係を示す。これらの試料においてもよいArrhenius型の直線関係が存在する。これらの直線の傾きから得られる析出のための見かけの活性化エネルギーは試料1~4についてそれぞれ62.8, 66.1, 61.6および62.9 Kcal/molである。

表1. 試料の化学成分(Wt%)

| Steel | C | Si | Mn | Cr | Al | Nb |
|-------|------|------|------|------|-------|-------|
| 1 | 0.03 | 丸 | 0.33 | — | 0.019 | 0.061 |
| 2 | 0.04 | 丸 | 0.33 | — | 0.025 | 0.087 |
| 3 | 0.05 | 丸 | 0.34 | 0.49 | 0.025 | 0.053 |
| 4 | 0.06 | 0.05 | 1.26 | — | 0.020 | 0.072 |

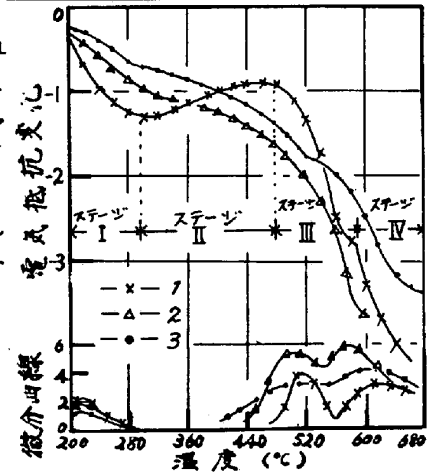


図1 電気抵抗の等温焼鈍曲線

α鉄中のNbの拡散の研究はないがこれらの値はα鉄中のAlの拡散のための活性化エネルギー(53.0 Kcal/mol)よりはかなり大きい。Nb量を増すと析出速度は増加し、CrおよびMnによって析出は遅くなることわかる。

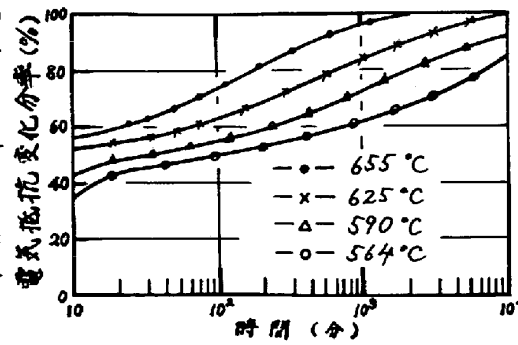


図2 試料3の等温焼鈍曲線

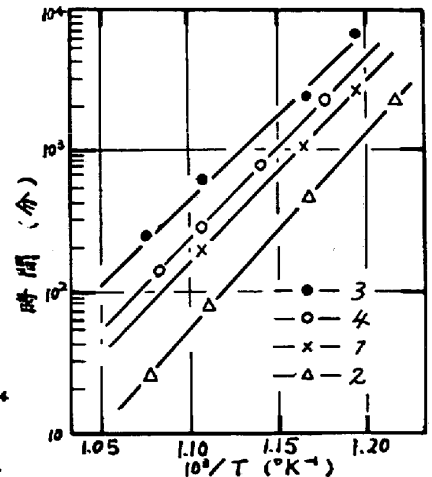


図3 80%の抵抗低下時の時間と温度の関係

リ細田: 鉄鋼, 61(1975) p 675