

(212) Fe-Ni-Cr 系・マルテンサイトの時効に関する研究

東京大学 工学部 荒木 達 柴田 浩司

I. 目的 Crを含むマルエージング鋼の研究において、Nb, Tiのような析出添加元素を含まないbccマルテンサイト母相にも時効硬化現象が生ずることを報告した¹⁾が、この現象の原因を明らかにすること、および、ラス・マルテンサイト→オーステナイト逆変態が組成、加熱速度を変えた場合どのように影響されるかを調べよ。

II. 方法 真空誘導炉にて炭素、窒素濃度の低いラス・マルテンサイト組成のFe-Ni-Cr₃元合金を溶解し、電気抵抗測定、X線解析、電子顕微鏡観察、thermal arrest 測定、硬度測定などにより時効過程を研究した。直接電加熱法で急速加熱(加熱速度10~10²°C/秒)としたときの挙動も調べた。

III. 結果 図1および図2から分かるように時効過程はいくつかの未過程から成っている。便利のための全体を6つのstageに分けて(図1に各温度2分保持の場合について各stageを示してあり)結果を整理すると: ①焼入れ硬さは冷却速度を遅くすると低下するが、中間の冷却速度のところに上昇がみられる。これはauto-temperingの生じていることを示す。②Nb, Tiの添加により、stage Iの抵抗減少の程度が少くなる。③700°C, 24時間、湿水素中で焼鈍すると、stage Iの変化の割合が少くなる。(図1) ④Crを多く含むものも、Niを多く含むものも、400°C 24時間の時効で、マルテンサイトラス内ヒラス境界に細かい析出物が電顕で観察される。⑤ラス内の転位は時効により均一に消滅するのではなく、転位密度の高い領域と低い領域とを作りながら全体レベルで密度を減じることが見られる。⑥X線解析によると、マルテンサイトの半価中値はNiを多く含むものの方が全体に大きく、時効により狭くなる速度が遅い。⑦Crを多く含むものほど、stage IIの電気抵抗減少が大きい。⑧stage IIは、完全ではないが復元現象を示す。⑨湿水素焼鈍してもstage IIの大きさは殆ど変化しない。(図1) ⑩X線解析によると、stage Vの電気抵抗減少はオーステナイト量の増大に対応している。⑪電顕観察によると逆変態オーステナイトは、いずれの組成においても先づラス境界から生じやすい。⑫Crを多く含むものは、Niを多く含むものにくらべ穿湿的にオーステナイトを生じやすい。

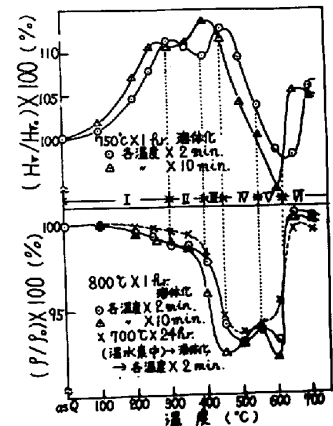


図1 Fe-8Ni-14Cr isochronal 時効曲線(室温で測定)

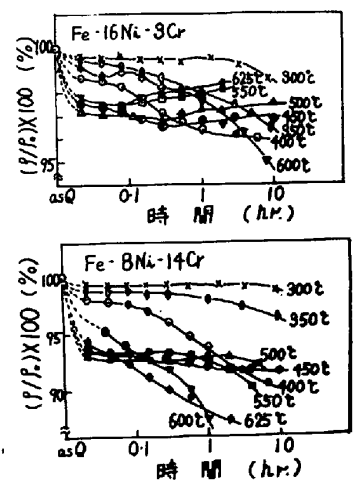


図2. Isothermal 時効曲線 (室温で測定)

IV. 総括 ①極低濃度であるにもかかわらず、炭素、窒素に関連した初期の硬化現象が存在する。②stage IIは主にFe, Ni, Crに関連した効果である。③regular solution近似を用いてFe-Ni-Cr₃元素のエネルギーパラメータを計算すると²⁾、Fe-Cr 2元素のmiscibility gapが3元素にもひびかっている可能性がある。④逆変態オーステナイトの生成場所は、いずれの組成においてもラス境界が主であるが、生成時期、生成速度は組成、昇温方法により異なる。これは時効の他のstageの進行程度が組成、昇温方法により異なることと関係している。

1) 荒木, 増歩, 柴田: 鉄と鋼, 54 (1968) 459 2) Meijeringの方法 (Philips Res. Rep. 5(1950)333) 453.