

討 18 鉄基置換型固溶体 (α 相) の低温における変形機構について

東大工学部

五弓 勇雄 木原 諒二
○林 央

I. 緒 言

置換型合金元素を固溶する α 鉄の低温における変形挙動に關して、従来多くの研究者によっていくつかの事実が確認されてきた。それらのうちの重要なものとして、まず第一にあげられるべきものとしては「低温変形における固溶体軟化現象」である。このことに關連して、田岡・竹内・古林⁽¹⁾はある種の二元系固溶体においては、単結晶の降伏応力の温度依存性が小さくなることを見出している。

また、「低温変形における固溶体軟化現象」は菅野・阪本⁽²⁾によって鉄-窒素系においても報告されている。したがってこの現象が共通の原因によっておこるか否かということは、 α 鉄の低温変形機構の解明の上で興味深い問題である。

われわれは⁽³⁾⁽⁴⁾、鉄中の炭素や窒素を溶体化し焼入れに材料について実験し、Arrhenius 型の速度式により解析を行って、活性化エネルギーと有効応力との關係を求めた。そしてこの關係が、脱炭焼鈍を施した鉄について得られたものと同様であることをすでに報告した。したがって、鉄-炭素系や鉄-窒素系にみられる「固溶体軟化」や「flow stress の温度依存性の減少」は Arrhenius の速度式の前置数係数の増大や、室温変形中の動的ひずみ時効などに原因を帰せられるべきであろう。

本報告は鉄-クロム系二元 α 固溶体における実験を中心として、置換型合金の場合の「固溶体軟化」を Arrhenius 型の速度式にもとずく解析の立場から検討するものである。

II. 方 法

293°Kにおいて、不連続降伏が終る程度の前ひずみとひずみ速度 $2.78 \times 10^{-3}/\text{sec}$ で与え、以下 77°Kまでの各温度で二つのひずみ速度 ($2.78 \times 10^{-3}/\text{sec}$, $2.78 \times 10^{-2}/\text{sec}$) で再変形し、再変型する場合の降伏応力を求めた。引張試験機は TOM 200C である。前ひずみはすべて 3% である。

試験は 120°K までイソペンタン浴を液体窒素で冷却した中で行い、77°K の試験では液体窒素浴を用いた。鉄系の合金及びアルミニウム合金では、再負荷の前の除荷状態はほとんど再変形の降伏応力に影響することはないので、前ひずみを与えてから完全に除荷して再負荷した。

III. 実験試料

電解鉄と電解クロムとから 12% Cr ($C+N < 100 \text{ ppm}$) と 22% Cr ($C+N < 100 \text{ ppm}$) とを真空溶融炉で溶融作製した。厚さ 10 mm まで熱延し以後冷延で厚さ 0.6 mm までおとした。焼鈍温度は 950°C (12% Cr) と 900°C (22% Cr) でアルゴン気流中に行い、12% Cr は炉冷、22% Cr は空冷した。この熱処理では α 相の析出は考えなくてよい。⁽⁵⁾

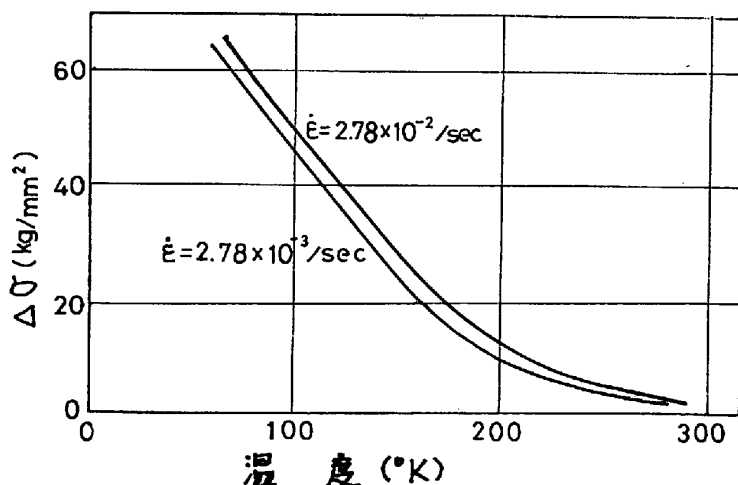


図 1 12% Cr の $\Delta\sigma$ と温度との關係

N. 結果と考察

12%Cr合金のflow stressの温度依存性を図1、22%Cr合金のflow stressの温度依存性を図2に示す。これからグロムカット法で求めた $\Delta\sigma$ （再変形の降伏応力—293°Kのflow stress）と $U(\Delta\sigma)$ の関係を図3に示す。図3には純鉄について得られた σ_t （有効応力）と $U(\sigma_t)$ の関係をあわせてのせてある。 $\Delta\sigma$ と σ_t との差は、 $\Delta U/\Delta(\Delta\sigma)$ の大きさから考えて20°Cの $\Delta\sigma_t/\Delta \log_{10} \dot{\epsilon}$ 程度と考えるとよい。したがって、図3からCrを合金させると純鉄に比べて活性化エネルギーが約0.2eV程度低下すること、22%Crの方が12%Crよりやや $\Delta U/\Delta\sigma$ が大きくなることかわかる。これらの関係がflow stressの温度依存性におよぼす影響をみるために $\dot{\epsilon}_0$ を $10^9/\text{sec}$ とし、ひずみ速度 $10^{-3}/\text{sec}$ で変形させる場合の σ_t -Tの関係を図4に計算して示した。これからCr添加に伴うflow stressの温度依存性の低下は U - σ_t 関係によるものであると考えられる。さらにFe-Ni合金について実験し、あわせて考察することによって、この U の低下の原因が明確になるであろう。

なお図3図において注目しなければならないことは純鉄において $\sigma_t = 25 \text{ kg/mm}^2$ でみられる $U(\sigma_t)$ - σ_t 関係の屈曲線が22%Cr合金ではみられないこと、12%Cr合金においては中間的にあらわれていることである。

多くの他に明確にしておかなければならないことがあがあるが、低応力側の変形機構はらせん転位のcross slip Mechanism、高応力側の変形機構は同一二面面上でのPeierls Mechanismであると考えている。

V 文献

(1) 田岡, 竹内, 古林 : 日本鉄鋼協会
第72回講演大会講演概要集 1966年
10月 S 141

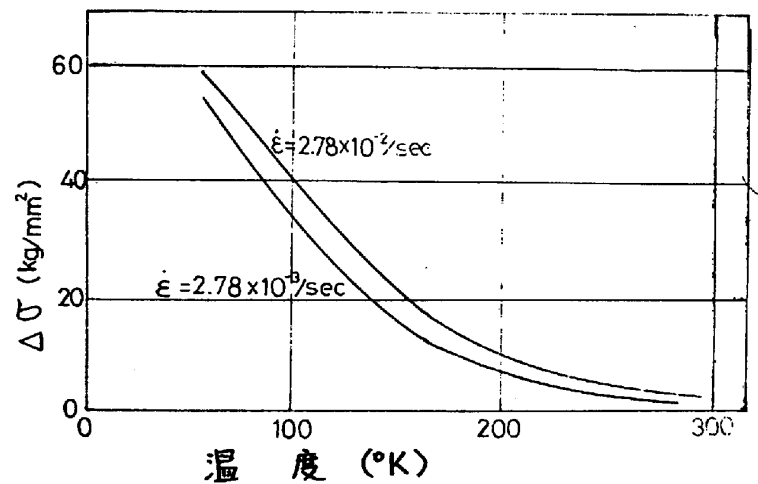


図2 22%Crの $\Delta\sigma$ と温度との関係

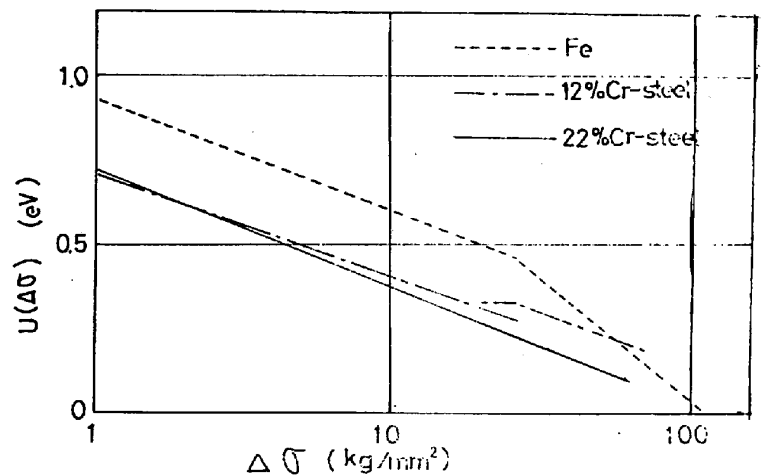


図3 活性化エネルギー- $U(\Delta\sigma)$ と $\Delta\sigma$ との関係

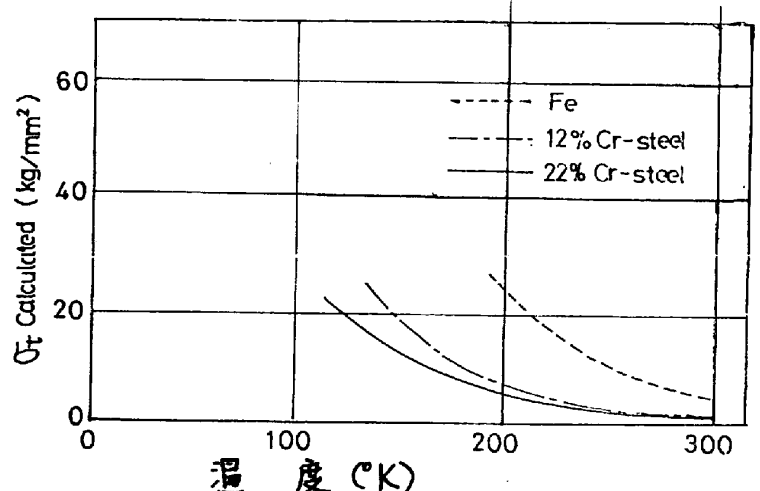


図4 計算による σ_t と温度との関係
($\dot{\epsilon}_0 = 10^9/\text{sec}$, $\dot{\epsilon} = 10^{-3}/\text{sec}$)

S 770

- (2) 菅野, 阪本 : 日本鉄鋼協会才73回講演大会講演概要集 1967年4月 S 142
(3) 五弓, 木原 : 日本鉄鋼協会才73回講演大会講演概要集 1967年4月 S 144
(4) 五弓, 木原, 林 : 日本鉄鋼協会才76回講演大会講演概要集 1968年9月 S 752
(5) 坂本, 西 : 鉄鋼材料 - 朝倉書店 - 1960年 p. 206