

(討20) 酸素を含む鉄多結晶の変形応力に及ぼす窒素の影響

東大工学部 菅野 猛 ○阪本 甲子郎

A. Cracknell と N. J. Petch⁽¹⁾ は窒化した軟鋼につき、異なる温度から急冷して、固溶(C+N)量を変えた試料(全不純物量は一定)の下降伏角が Petch の関係式 $\sigma_{l.y.p.} = \sigma_0 + k l^{-1/2}$ (k は定数, l は結晶粒の大きさ) に従い、 σ_0 が固溶(C+N)量に比例した増加を示すことを報告している。その後、J. Heslop と N. J. Petch⁽²⁾ は低温に於ても同様の固溶量依存性が認められることを示した。G. Schoeck と A. Seeger⁽³⁾ はこの固溶量に比例した硬化を, Snoek Ordering による転位の固着によるものと説明している。

又一方、金属中の溶質原子による硬化について、R. L. Fleischer と W. R. Hibbard⁽⁴⁾ は tetragonal な歪を与える溶質原子は、転位との相互作用が強く、その固溶量の $1/2$ 乗に比例する rapid hardening を起こすことを示した。最近、D. F. Stein と J. R. Low⁽⁵⁾ は鉄単結晶に炭素を添加すると、比例限及び降伏角が、炭素量の $1/2$ 乗に比例して増加することを報告し、Fleischer らの説を支持している。

前者は固溶(C+N)量に比例した、後者は $1/2$ 乗に比例した硬化を示していて、固溶量依存性に相違はあるが、何れの場合にも、(C+N)量の増加と共に鉄は硬化することを示している。所が、酸素を約 400 ppm 含む Puroon (Westing-house 社製純鉄) に窒素を添加すると、ある窒素量までは、固溶窒素の増加と共に変形応力が低下し、固溶量依存曲線に極小が見られることが判った⁽⁶⁾。

試料: 5mm ϕ Puroon, 数回の中間焼鈍と冷間圧延及び冷間線引により
1mm ϕ wire

処理: 湿水素中 720°C x 20h, 乾水素中 720°C x 2h

(水素 + アンモニア)雰囲気中 550°C x 5hr 窒化

580°C 真空 \rightarrow 0°C 急冷 結晶粒 0.05 - 0.08mm

内部摩擦の Snoek ピーク測定により固溶窒素量推定。

引張試験: Instron 型引張試験機により、恒温バス中で 10%/min の歪速度で引張、応力緩和から歪速度の遅い場合の変形応力は推定。

以上の実験で得られた結果は、Fig. 1 に示すように、低温(-78°C)では固溶窒素量と共に変形応力が低下し、約 140 ppm で極小を示し、400 ppm 位までの固溶窒素量までは変形応力が増加することが判る。图中二重丸は、120 ppm に窒化後再び水素処理により、脱窒したものであって、脱窒により硬化していることが確認された。

我々の用いた試料 Puroon は前述の Heslop や Stein らの用いた試料に比して、不純物として酸素が多く含有されている。固溶窒素添加と共に変形応力が低下するという現象は、酸素を比較的多く含む鉄に特有のものと考えられる。

純鉄中の酸素の挙動については、未だ不明の点が多く、窒素を添加した場合の挙動については、はっきりした所は判っていない。純鉄中の酸素の固溶限は、M. T. Hepworthら⁽⁷⁾によると、 1450°C の δ 相に於ては約80 ppmであって、 α 相では10 ppm以下と報告されている。⁽⁸⁾従ってPuronのように数百ppmも酸素を含む場合は、窒素を添加しない時は、鉄中の酸素は大部分、酸化物の形でcluster乃至大い析出物となっている。これに窒素を添加した場合、何らかの形で酸素と窒素が結合し、鉄中での分散の形を変えるか、酸化物のclusterの形を変えるかして、転位の運動乃至転位の発生に影響するものと考えられるが、具体的な機構については何ら判らない。今後、酸素量を変えた試料につき、酸化物の分散の具合や、酸素の固溶量を変化させて調べてみたい。

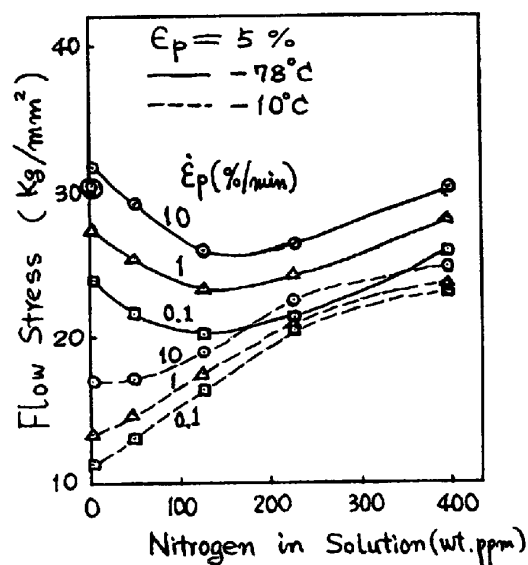


Fig. 1

文献

- (1) A. Cracknell and N. J. Petch, Act. Met. 3, 186 (1955).
- (2) J. Heslop and N. J. Petch, Phil. Mag. 1, 866 (1956).
- (3) G. Schoeck and A. Seeger, Act. Met. 7, 469 (1959).
- (4) R. L. Fleischer and W.R. Hibbard, Proc. Conf. Relation between the Structure and Mechanical Properties of Metals, 262 (1963).
- (5) D. F. Stein and J. R. Low, Act. Met. 14, 1183 (1966).
- (6) 和田, 阪本: 日本物理学会第20回年会(1965年)に発表.
- (7) M. T. Hepworth, R. P. Smith, and E. T. Turkdogan, Trans. Met. Soc. AIME 236, 1278 (1966).
- (8) M. R. Sifferlen, Comp. Rend. 247, 1608 (1958).