

(545)

共析パーライト鋼の加工硬化機構

新日本製鐵鐵基礎研究所 ○高橋稔彦, 浅野巖之, 南雲道彦

緒言 著者らは先に共析パーライト鋼の変形に伴う強度の増加は、ラメラ間隔に依存する部分と依存しないで変形量に比例して増加する部分に明瞭に分離され、 $\sigma(\epsilon) = \sigma_0 + \alpha \cdot \epsilon + k(\epsilon) s_0^{-1} + \sigma_d(\epsilon) \dots (1)$ で与えられることを報告した。 $\sigma(\epsilon)$ は変形量 ϵ に於ける強度、 σ_0 は素材のフェライト地の強度、 $\sigma_d(\epsilon)$ は変態転位の寄与による強度である。本報では、(1)式で表現されるパーライト鋼の加工硬化の機構を転位論の立場で考察した結果を述べる。

結果 Bailey-Hirschによれば、強度 σ と転位密度 ρ の間には、 $\sigma = \sigma_0 + \alpha \mu b \sqrt{\rho} \dots (2)$ なる関係が成り立つ。 μ は剛性率、 b はバークスベクトルである。

変形量の増加にともなう転位密度の増加は、単結晶的な変形で導入される転位及びフェライトとセメンタイト2相の界面の存在によって付加的に導入される転位の和で与えられる。これはTEM観察で2相界面に多量の転位が生成している事実からも確認される。すなわち強度 $\sigma(\epsilon)$ は、 $\sigma(\epsilon) = \sigma_0 + \alpha \mu b (\sqrt{\rho_0(\epsilon) + \rho_s(\epsilon)})$ で与えられる。これは、ラメラ間隔に依存しない硬化量が圧倒的に大きいという事実から $\sigma(\epsilon) = \sigma_0 + \alpha \mu b (\sqrt{\rho_0(\epsilon)} + 1/2 \cdot \rho_s(\epsilon) / \sqrt{\rho_0(\epsilon)}) \dots (3)$ と展開できる。単結晶の加工硬化に対してSeegerのモデルを適用すれば、転位密度は定常的な加工硬化が始まる歪を ϵ^* として、 $\rho_0(\epsilon) = \beta(\epsilon - \epsilon^*)^2 \dots (4)$ で与えられる。 β は逆り長さの函数である。従って(3)式と(4)式から単結晶的な変形で導入される転位は直線硬化を与える。この直線硬化量は、純鉄の粒径に依存しない硬化量の2倍以上の大きさである。これは、パーライト鋼ではフェライトとセメンタイトが層状配列していることが変形モードに大きな影響を与え、単結晶的な変形で導入される転位量を増加させているためと考えられる。

次に2相界面の存在によって付加的に導入される転位量について考える。フェライトとセメンタイトの界面で逆りがなく、セメンタイトも変形しないと仮定すると、 ϵ なる歪が材料に加わったとき、フェライト層には $\epsilon/(s_0/2)$ なる歪勾配が生じる。この歪を解放するために $\Delta \rho_s(\epsilon) = \epsilon/b(s_0/2) \dots (5)$ なる転位が付加的に生ずる。歪が大きいときには、ラメラ間隔も細くなるので付加的に生ずる転位量は、

$\Delta \rho_s(\epsilon) = \int_0^\epsilon d\epsilon/b(s_0/2) = 4 \exp(\epsilon/2)/b \cdot s_0 \dots (6)$ で与えられる。従って付加的硬化量は、界面での逆り、セメンタイトの変形も考慮に入れて、

$\Delta \sigma_s(\epsilon) = r \cdot s_0^{-1} \exp(\epsilon/2) \cdot \epsilon^{-1} \dots (7)$ で与えられる。図1は定常硬化域のラメラ間隔に依存する硬化量を(7)式で整理した結果である。実測されたラメラ間隔に依存する硬化量は、素材のラメラ間隔と伸線量のそれぞれ広い範囲で(7)式で与えられる関係と非常に良く合っており、このモデルの妥当性が実証されている。このように共析パーライト鋼の加工硬化は、変形に伴う転位密度の増加が、単結晶的な変形で導入される転位と2相界面の存在によって付加的に導入される転位の和で与えられ、変形応力はこれらの転位による内部応力で与えられると考えることで統一的に説明できる。

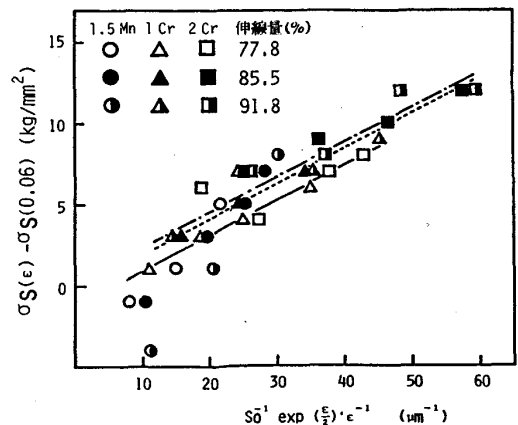


図1 ラメラ間隔に依存する硬化量と $s_0^{-1} \exp(\frac{\epsilon}{2}) \cdot \epsilon^{-1}$ の関係