

二軸引張応力下における冷延鋼板のひずみ速度依存性

菅原 史法 桑原 利彦

目的

金属材料の加工硬化特性を単軸引張試験で測定する場合、通常は準静的に行われることが多く、ひずみ速度は $\dot{\epsilon} \approx 10^{-3} - 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ のオーダーである。一方、実際のプレス加工では、ひずみ速度 $\dot{\epsilon} \approx 10^{-2} - 1 \text{ s}^{-1}$ のオーダーで材料は変形する。従って、鉄系材料のようにひずみ速度依存性が大きい材料の場合は、実加工時とほぼ同等レベルのひずみ速度で材料試験を行う方が合理的である。本研究では、相当塑性ひずみ速度 $\dot{\epsilon}^p \approx (10^{-4} \sim 10^{-2}) \text{ s}^{-1}$ の範囲で、単軸および二軸引張試験を行い、各ひずみ速度レベル毎に等塑性仕事面を測定することにより、単軸および二軸応力状態における加工硬化特性のひずみ速度依存性を明らかにする。

概要

供試材にはひずみ速度依存性を有する冷延鋼板 SPCE (板厚 0.8mm) を用いた (Fig. 1)。二軸引張応力下におけるひずみ速度の影響を調査するために、十字形試験片を用いた二軸引張試験を行った (Fig. 2)。圧延方向を x 方向、圧延直角方向を y 方向とし、公称応力比 $\sigma_{Nx} : \sigma_{Ny} = 2:1, 1:1, 1:2$ の線形応力経路に対して試験を行った。試験は荷重制御で行い、相当塑性ひずみ速度が $\dot{\epsilon}^p \approx 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ 及び 10^{-2} s^{-1} となるように荷重速度を決定した。試験は室温下において実施した。

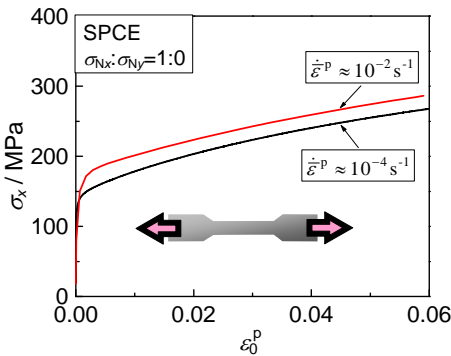


Fig. 1 Flow stresses measured at equivalent plastic strain rate $\dot{\epsilon}^p \approx 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ and 10^{-2} s^{-1} under uniaxial tension.

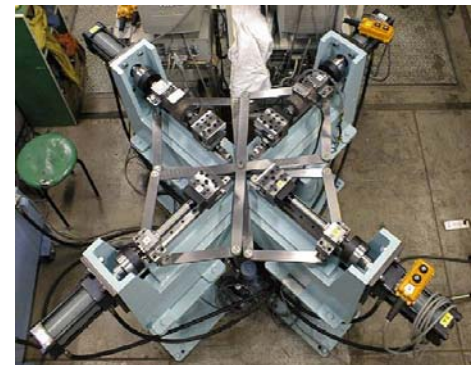
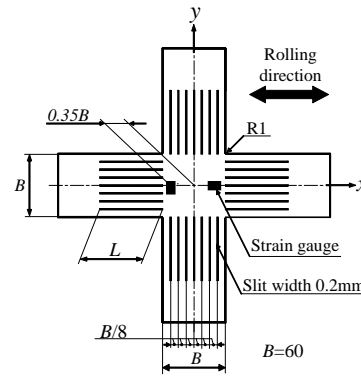


Fig. 2 (a) Cruciform specimen and (b) Biaxial tensile apparatus.

研究例

相当塑性ひずみ速度 $\dot{\epsilon}^p \approx 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ 及び 10^{-2} s^{-1} における単軸及び二軸引張試験により得られた、塑性仕事の増大に伴う塑性流動応力の変化を Fig. 1 に示す。二軸応力下においても、ひずみ速度の上昇に伴って、塑性流動応力は、増大することがわかった。

二軸引張試験におけるひずみ速度の影響を定量的に評価するために、両ひずみ速度において、単軸および二軸引張試験から算定された等塑性仕事点を Fig. 2 に示す。ひずみ速度を 10^{-4} s^{-1} から 10^{-2} s^{-1} まで上昇させた範囲では、無次元化等塑性仕事面の形状はほとんど変化しないことがわかった。このことは、ひずみ速度 $\dot{\epsilon}^p \approx 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ で同定された降伏関数は、 $\dot{\epsilon}^p \approx 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ においても適用可能であることを示唆している。

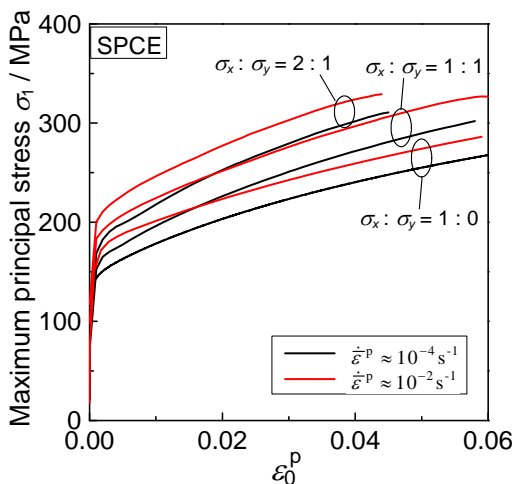


Fig. 1 Maximum principal stresses measured at equivalent plastic strain rate $\dot{\epsilon}^p \approx 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ and 10^{-2} s^{-1} under biaxial tension. ϵ_0^p is the uniaxial tensile strain in the rolling direction that gives the same plastic work as that in the biaxial tensile tests.

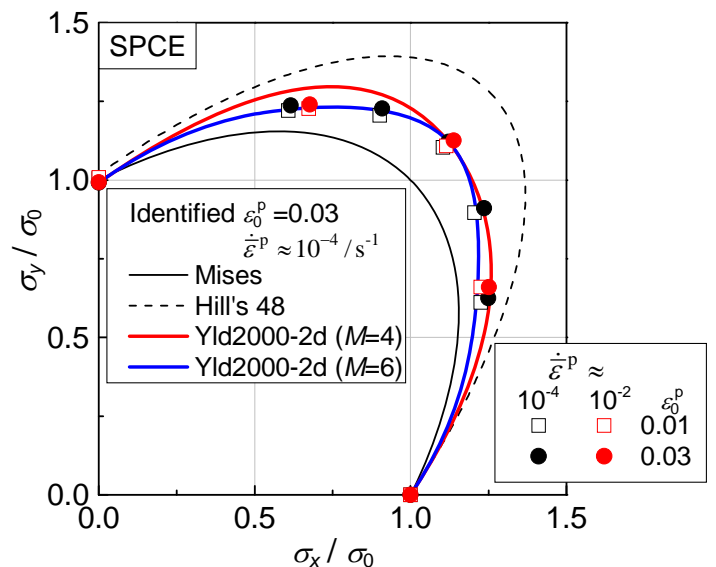


Fig. 2 Non-dimensional stress points comprising contours of plastic work measured at $\dot{\epsilon}^p \approx 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ and 10^{-2} s^{-1} .