

目的

圧延工程を経て製造される金属薄板の場合、素板の機械的性質が同一ロット内でばらつくことがある。機械的性質のばらつきは、多くの場合単軸引張試験によって評価されるが、材料構成則のばらつきを評価するためには、二軸引張試験によるばらつきの評価も重要と考える。本研究では、単軸および二軸引張応力下における材料の塑性変形特性のばらつきを定量的に評価する。

供試材

供試材には冷延鋼板 SPCC を用いた。圧延直角方向に対する供試材の機械的性質のばらつきを定量的に評価するため、冷間圧延後のコイルから裁断した大板を圧延直角方向に対して5つの領域に分類した (Fig. 1)。大板の初期板厚は板幅中心に関して対称に分布し、板幅中心で $0.795 \pm 0.005\text{mm}$ 、両端部で $0.780 \pm 0.005\text{mm}$ であった。塑性流動応力は基準端面から離れるほど減少している (Fig. 2)。

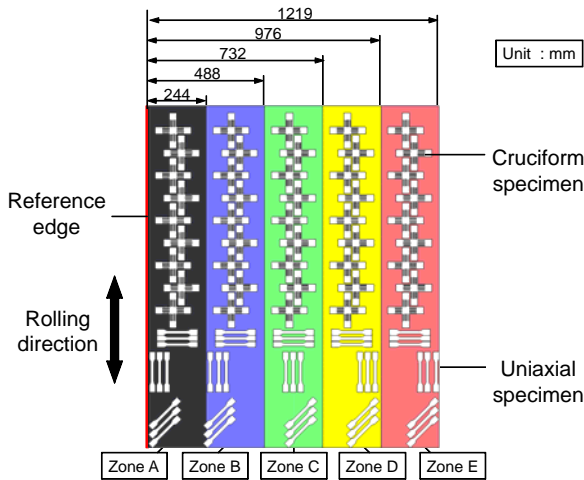


Fig. 1 Zones for checking the variation of the mechanical properties of the test material.

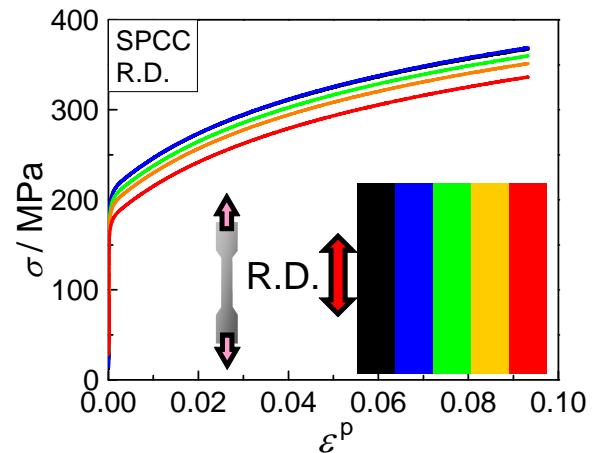


Fig. 2 True stress-logarithmic plastic strain curves measured for different zones.

研究例

各領域における 0.2%耐力と公称ひずみ 10%における r 値の測定値をそれぞれ Fig. 3 (a), (b) に示す。0.2%耐力は基準端面側が高く、基準端面から離れるにしたがい、直線的に減少している。また、いずれの領域でも 0.2%耐力は 45° 方向で最大、 0° 方向で最小である。一方 r 値は、 r_0 および r_{45} は幅方向にほぼ一定であるのに対し、 r_{90} は中心部で最小値 1.9 をとり、板縁に近づくに伴い漸増する。

供試材の二軸引張応力下における弾塑性変形挙動を測定するため、十字形引張試験片を用いて二軸引張試験を行った。無次元化等塑性仕事面の測定結果を Fig. 4 に示す。領域 E の無次元化等塑性仕事面は他の領域と比較して外側に張り出している。すなわち、等塑性仕事面の形状は試験片採取位置により異なる。

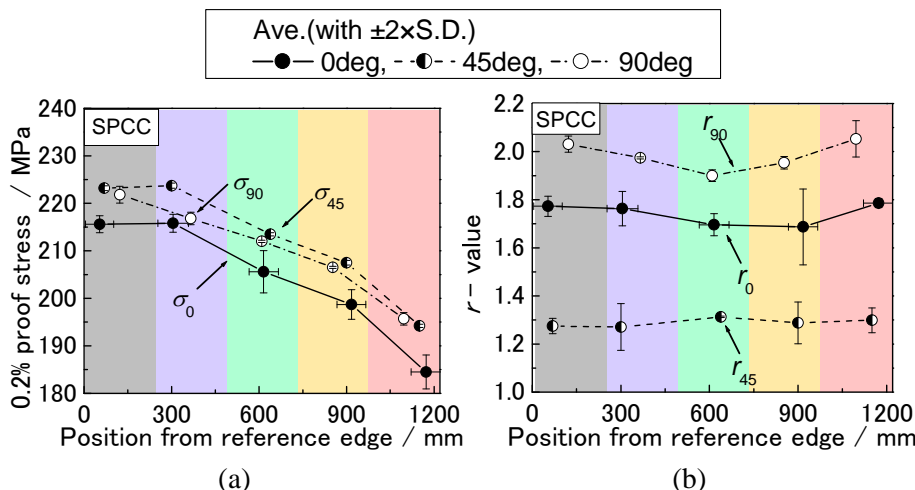


Fig. 3 Variation of mechanical properties with tensile direction; (a) 0.2% proof stress and (b) r -value.

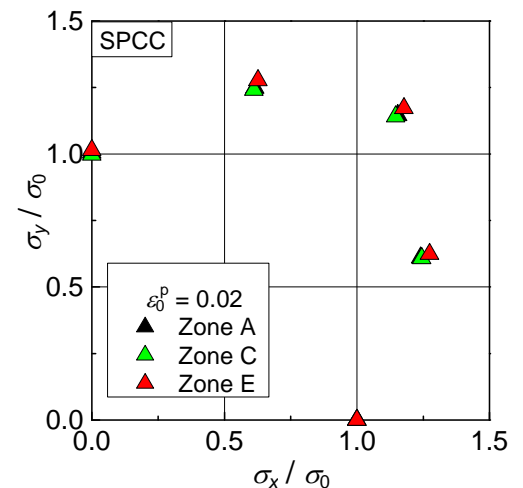


Fig. 4 Nondimensional stress points comprising the contours of plastic work at $\epsilon_0^p = 0.02$, measured in zone A, C and E.

目的

プレス成形における成形限界の予測精度の向上には、材料の塑性変形挙動を高精度に再現する材料構成則の適用が重要である。本研究では冷延鋼板の二軸応力下の塑性変形挙動に及ぼす機械的性質のばらつきを明らかにし、材料の塑性変形挙動を最適に再現する降伏関数を定量的に評価する。さらに、成形限界解析精度に及ぼす材料構成則のばらつきの影響を検証する。

供試材

供試材には冷延鋼板 SPCC を用いた。圧延直角方向に対する供試材の機械的性質のばらつきを定量的に評価するため、冷間圧延後のコイルから裁断した大板を5つの領域に分類した (Fig. 1)。供試材の二軸引張応力下における弾塑性変形挙動を測定するため、十字形引張試験片を用いて二軸引張試験を行った。その結果、試験片採取領域の変化に伴い、等塑性仕事面の形状が異なることが分かった (Fig. 2)。

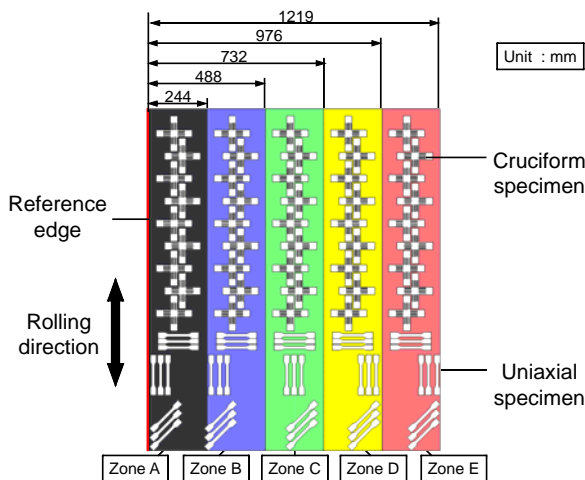


Fig. 1 Zones for checking the variation of the mechanical properties of the test material.

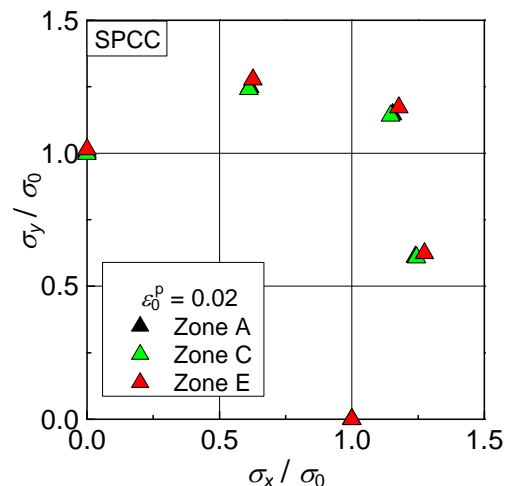


Fig. 2 Nondimensional stress points comprising the contours of plastic work at $\epsilon_0^p = 0.02$, measured in zone A, C and E.

研究例

供試材の塑性変形挙動を精度良く再現する降伏関数を定量的に選定するため、理論降伏曲面と実測値の標準偏差を調査した (Fig. 3)。選定に用いた降伏関数は、Mises, Hill'48, Yld 2000-2d (次数 4, 6) とした。最適な領域 A および C の塑性変形挙動を再現した降伏関数は、次数 6 の Yld2000-2d であり、領域 E では、次数 4 の Yld2000-2d であった。この次数の違いの原因は、試験片採取領域ごとに集合組織が異なるためと考えられる。

成形限界解析に及ぼす材料構成則のばらつきの影響を検証するため、Marciniak-Kuczyński モデルを用いて領域 C および E における成形限界線 (FLC) を計算した (Fig. 4)。平面ひずみ引張から等二軸引張近傍で FLC の解析結果が異なっている。この結果は、降伏関数の僅かな違いが、成形限界ひずみのばらつきに大きな影響を及ぼすことを示唆している。

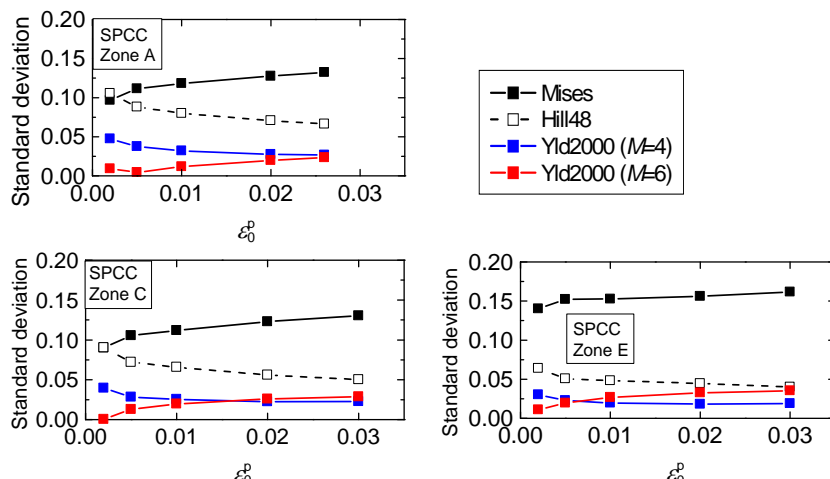


Fig. 3 Variation of standard deviation between the measured plastic work contours and the theoretical yield functions.

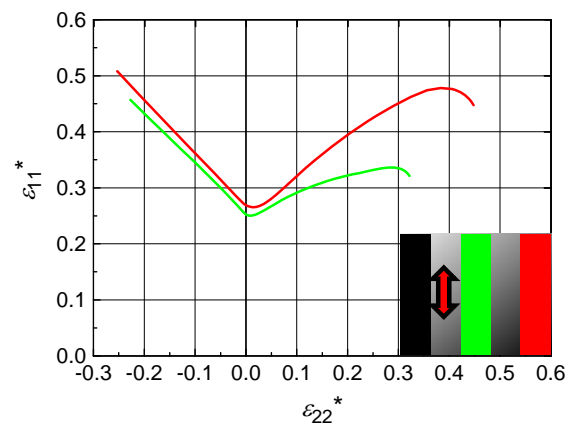


Fig. 4 Comparison of the forming limit curves calculated using selected anisotropic yield functions identified in zones C and E.