

(173) 薄鋼板の成形限界に及ぼすひずみ経路の影響

日本鋼管 技術研究所 久保寺 治 明
○上 野 康

1. 緒 言

薄鋼板のプレス成形においては前の工程とは全く異った変形を次工程で与える場合があるし、また同一工程内でも要素の変形様式が大きく変化することもよく見受けられる。このようにひずみ経路が複雑なとき、材料の変形限界およびそれにより規定される成形限界は経路が単調な場合に比して幾つかの異った面を持っている。ここでは変形限界に及ぼすひずみ経路の影響を理論的、実験的に検討し、かつ予変形材の穴拡げの場合を考察する。

2. 変形限界に及ぼすひずみ経路の影響

図1のような任意の経路に対する不安定開始点Fで $\int_{OAF} d\bar{\epsilon} = n Z_F$ が成立すると考える。ここに Z_F はF点近くの変形様式 $(d\epsilon_2/d\epsilon_1)_F$ にのみ依存するnecking subtangentである。これにより2つの直線経路 $(O \rightarrow A' \rightarrow F')$ で複合された場合の不安定開始点F'の集りの例を示すと図2のようになる。これらは直線 $(h_{II} - h_I)\epsilon_2 = (\alpha_I h_{II} - \alpha_{II} h_I)\epsilon_1 + n Z_{II}(\alpha_{II} - \alpha_I)$ で与えられる。ここに

$$h = d\bar{\epsilon}_1 = \left\{ \frac{2}{3}(r+1)(r+2) \right\}^{1/2} (1 + 2r\alpha / (r+1) + \alpha^2)^{1/2}$$

$\alpha = d\epsilon_2/d\epsilon_1$: ひずみ増分比, r : ランクフオード値, n : 加工硬化指数

である。限界線は経路が単調な場合(点線)に比して複雑であるが一般に2次変形が平面ひずみ($d\epsilon_2=0$)となる時がもっとも原点よりとなる。図中の楕円は2次変形として平面ひずみ変形が不可能となる1次変形の限界を示す等相当ひずみ曲線である。 r 値は多くの組合せについて限界ひずみを大きくする傾向があるが、1次変形が等2軸側に近づくとその効果は小さくなる。以上のことは定性的ではあるが実験結果と良く一致することが確かめられた。

3. 予変形材の穴拡げ試験

伸びフランジ変形の極く初期あるいは n 値が小さい材料では半径座標 $R \approx 2R_{i0}$ (R_{i0} : 最初の穴半径)に平面ひずみ変形($d\epsilon_R=0$)が存在する。したがって予変形が図2の楕円の外側まで進行している時は穴はほとんど拡がることなく内部にくびれを生じてしまうであろう。この状態は予変形量 ϵ_1 と限界穴拡がり率の関係を示す図3において、 $\bar{\epsilon}$ がP点を超えていることに対応する。予変形の影響は r 値効果も含め変形様式によらず相当ひずみでほぼ整理できるようである。一方パンチ直径と穴直径の比が2以下であればたとえ予変形の $\bar{\epsilon}$ がP点を超えていても伸びフランジ変形部には平面ひずみがないために、残された単軸引張り側の変形能により穴拡がりは可能となる。この場合予変形が単軸側であれば同一の ϵ_1 に対し r 値の高い材料の方が限界穴拡がり率は大きく、予変形が等2軸では差はほとんどなかった。

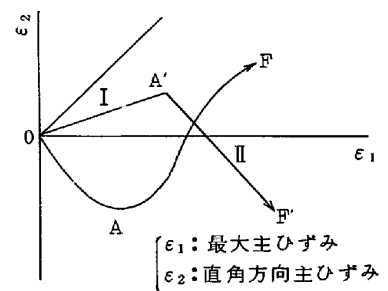


図1. ひずみ経路

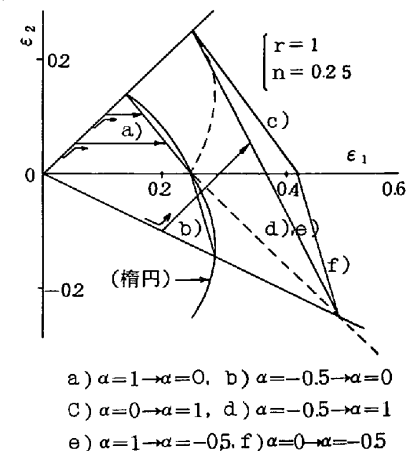


図2. 変形限界

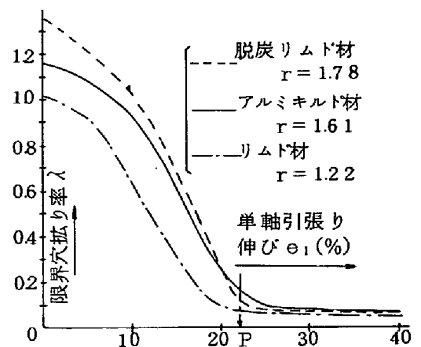


図3. 限界穴拡がり率に及ぼす予変形量の影響