

(674) 薄板の破断耐力とその支配因子

(薄板成形における破断限界の定量的評価-I)

新日鐵・君津技術研究部 白田松男, 石井良男, 藤井 力

薄板研究センター・片山知久

1. 緒 言

最近薄板の利用加工の場では、型設計や試験プレスを自動化する目的から成形工程のシミュレーションを行い、成形性を予測評価しようとする試みが盛んに行われている。また、これにより成形条件を考慮した新しい材料評価も可能になるものと思われる。このためには成形途中の応力やひずみの分布状態を算出すると共に材料の成形限界を決定する力学的要因を定量的に明らかにすることが重要である。そこで本報では、平面ひずみ引張り成形における破断現象をその発生形態から、Ⅰ：純粋な平面ひずみ引張り変形で生ずる破断、Ⅱ：ポンチ肩部に生ずる破断、Ⅲ：ダイス肩から側壁に流入した部分に生ずる破断に大別し、それらの破断耐力を通常の引張試験値から推定する方法について検討した。

2. 実験方法

破断Ⅰ,Ⅱ に対しては円筒ポンチ (直径: $D_p = 50\text{mm}$) による2段成形 (絞り→張出し) 時の破断荷重 P_f を測定し、次式から破断耐力 q_f を計算した。 $q_f = P_f / \{ \pi (D_p + t) t \}$, (t : 原板厚み) また、破断Ⅲに対してはビード・シミュレータで曲げ曲げ戻し予変形を受けた材料について引張試験時の塑性応力を評価した。

供試材は $TS \approx 300 \sim 470 \text{ MPa}$ のプレス成形用冷延鋼板である。

3. 実験結果と考察

(1) 破断Ⅰ: $R_p/t > 10$ の時, q_f は TS と r 値に支配され、塑性異方性降伏条件と n 乗硬化則を考慮して得られる塑性不安定応力 q_{cr} と良く対応する (Fig. 1)。

$$\frac{q_{cr}}{TS} = \left(\frac{2}{\sqrt{3}} \right)^{1+n} \left(\frac{1+r}{2} \sqrt{\frac{1+2r}{3}} \right)^{1+n}$$

(2) 破断Ⅱ: q_f は R_p の影響を強く受けるが、この R_p 依存性は材料間で異なる (Fig. 2)。そこで、引張曲げ下の微少要素について理論計算した結果、 q_{cr} は n 値と R_p に依存することがわかった。

(3) 破断Ⅲ: 曲げ曲げ戻し予変形材は特異な引張り挙動を示した。この理由は、①曲げによる板厚方向の加工硬化、②1次～2次変形間の変形様式が異なるために生ずる塑性応力の増加の両者であることを実験的に確認した。②に関して、各種予変形材と原板の塑性応力の比を Fig. 3 に示す (但し、 σ_u : 単軸引張りの塑性応力)。

4. 結 言

薄板成形の破断耐力を支配する材料特性値と成形条件を同時に、しかも定量的に評価する方法を検討し、その目処が得られた。今後の主要課題は変形経路が変化する場合の破断耐力とその要因である。

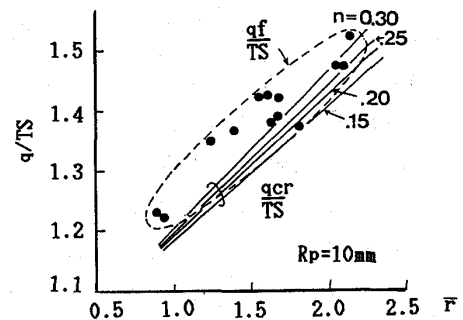


Fig.1 Relation between fracture-strength in plane strain, and r value.

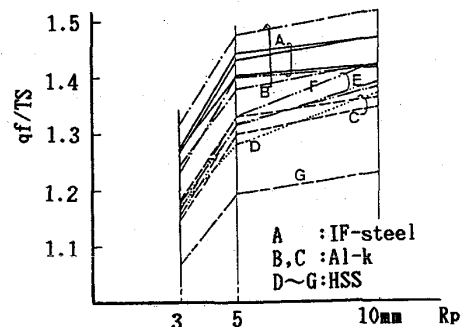


Fig.2 Influence of punch-radius on fracture-strength in plane strain.

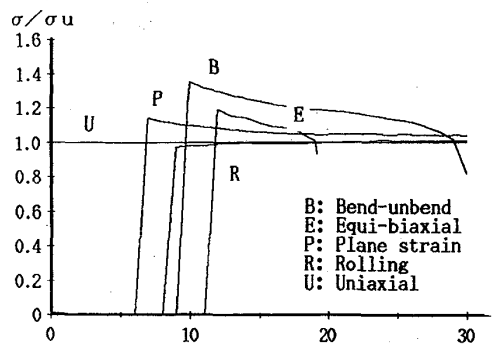


Fig.3 Flow-stress in uni-axial tension of prestrained sheet steels.