

金属薄板の成型性に関する研究

山田 嘉 昭

金属の薄板を深絞り等の操作によつて成型加工する場合、どの程度まで成型可能であるかという問題—薄板の成型性 (formability) または深絞り性 (drawability)—は最近の大きな問題である。薄板の試験法にはエリクセン試験、液圧試験、平ダイスまたは円錐ダイスによる深絞り試験、孔拡げ試験等があるが、それぞれ得失があり、また各試験相互間の関連も明かでない。

著者は引張試験における応力とひずみの関係、すなわちひずみ硬化特性(いわゆる塑性曲線)と成型性を関係づける目的で、弾性ひずみを無視した Hencky の deformation theory を用い、各種の薄板試験法を理論的に取り扱つた。以下その結果の概要を述べる。

ひずみ硬化特性としては、いわゆる n 乗法則

$$\sigma = \sigma_0(\epsilon\epsilon/n)^n$$

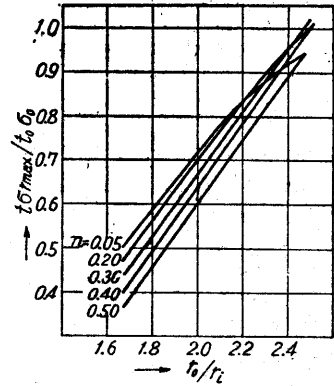
を用いた。ただし σ = 真応力, σ_0 = 抗張力, ϵ = 対数ひずみ, e = 自然対数の底である。 n は材料に固有の常数で、 n の値が大きいほどその材料はひずみ硬化度が高いといえる。

各種薄板試験において応力は板の断面に一樣に作用しさらに応力は平面応力状態にあるものと仮定すると、応力の釣合方程式、塑性変形における応力とひずみの関係(塑性流れの法則、いまの場合 deformation theory による)、ひずみ成分相互間の関係によつて問題は数学的に解き得るものとなる。ただし種々の応力下における応力とひずみの関係を八面体せん断応力 τ_{oct} とひずみ γ_{oct} の関係(または有効応力とひずみの関係)に整理すると、すべて一本の曲線上にのるものとする。

上に述べた問題の解を解析的に求めることは困難で、図を用いて解くか、iteration 法によらなければならない。著者は深絞りと液圧試験について図式解法による数値計算を行つた。その結果すべての薄板成型加工と成型性試験についていえることは、ひずみ硬化度の高い材料、すなわち n の大きい材料、ほど成型性がよいということである。これは n が大きいと、変形は均一分布に近くなり、大きな応力をうける部分に変形が集中することがないためである。

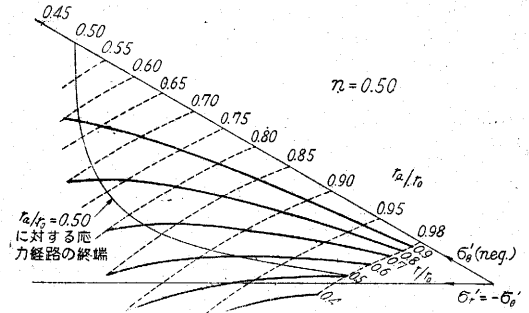
第1図は深絞りについて得た結果で、深絞りにおけるポンチ力と r_0/r_i (r_0 : ブランク半径, r_i : 成品半径) の関係を示している。縦軸は半径方向の最大引張力 $t\sigma_{max}$ と抗張力 σ_0 の比を元の板厚 t_0 で割つたもので、最大ポンチ力に比例する。 $t\sigma_{max}/t_0\sigma_0$ = 一定に対応する直線と、図の曲線の交点を求めると一般に n の値が大きいほど r_0/r_i は大きい。このことは n が高いほど成型性

(r_0/r_i)_{max} がよいことを示している。また n = 一定に對する各曲線がほぼ直線に近いことも実験結果と一致する。



第 1 図

著者の理論は deformation theory に立脚し、変形の履歴はブランク外周における境界条件として含まれているにすぎないから、flow theory と比較する目的で求めたのが第2図である。第2図はブランクの各部分が深絞り変形過程でうける応力の変化経路を示している。 $n = 0.50$ に對するこの図の太い実線がそれで、これらの曲線の曲がりは少ないから、deformation theory によつた解の flow theory に対する近似度はよいことがわかる。



第 2 図

深絞りにおけるダイス縁の丸味の影響(引張応力下における曲げと逆曲げの問題)、液圧試験における不安定な問題、孔拡げ試験と異方性の問題、エリクセン値と板厚の関係等々、薄板試験に関連して解決すべき問題は多く、その解決には実験に依存する面も多いので、新しく型を試作し目下実験中である。

なお薄板の成型性試験としては、測定値の再現性、局部収縮が少く破断までの変形が大きいこと、板厚によつてカップ係数 (cupping coefficient) が影響されないこと等の点で、液圧試験が最適であるとの見解を持つている。(1952. 12. 18)