

(229) 冷間鍛造の変形限界

新日本製鉄 八幡技術研究所 中島浩衛 ○南部好機

1 緒言

冷間鍛造における据込み成形限界に対して、さきに圧縮試験法における成形限界の導入を図った。¹⁾ 本報では据込み成形における試料表面の応力状態を軸力付加ねじり試験により再現し、破壊の応力、ひずみ条件の検討を行った。

2 軸力付加ねじり試験における応力、ひずみ条件

薄板のプレス成形での変形限界は、変形経路とその応力状態により支配される。²⁾ 鍛造の据込み成形表面の応力状態は圧縮-引張りの不等二軸応力状態と考えられるが、これは軸力付加ねじり試験で近似的に再現できる。このときの応力とひずみの関係は次のように表わされる。

$$\begin{aligned} \text{主応力: } \sigma_1 &= \sigma_n/2 + \{(\sigma_n/2)^2 + \tau^2\}^{1/2} & \sigma_2 &= \sigma_n/2 - \{(\sigma_n/2)^2 + \tau^2\}^{1/2} \\ \text{主ひずみ: } \epsilon_1 &= \epsilon_n/4 + \frac{1}{2}\{(\frac{3}{2}\epsilon_n)^2 + r^2\}^{1/2} & \epsilon_2 &= \epsilon_n/4 - \frac{1}{2}\{(\frac{3}{2}\epsilon_n)^2 + r^2\}^{1/2} \\ \text{相当応力, 相当ひずみ: } \bar{\sigma} &= \sigma_1(1-\alpha+\alpha^2)^{1/2} & \bar{\epsilon} &= \frac{2}{\sqrt{3}}\epsilon_1(1+\beta+\beta^2)^{1/2} \end{aligned}$$

ここに σ_n : 軸方向応力, τ : 剪断応力, ϵ_n : 垂直ひずみ
 r : 剪断ひずみ, α : 応力比 $= \sigma_2/\sigma_1$, β : ひずみ比 $= \epsilon_2/\epsilon_1$

軸力付加ねじり試験で $\tau, r, \sigma_n, \epsilon_n$ を求めることによって破壊を支配する条件について実験的に検討を加えた。

3 実験結果

ねじり試験片は平行部長さ 5 mm, 外径 10φ mm, 肉厚 1 mm の薄肉中空管であり、ひずみ速度は 5.2/sec である。図 1 に軸力付加ねじり試験におけるトルク-ねじり角度曲線の例を示す。軸方向張力が増すと破断時のトルクおよび破断ひずみが減少するが、圧縮力付加の場合はその逆となり、著しくトルクおよび破断ひずみが増大する。

図 2 は破断をひずみ ϵ_1 (伸びひずみ), ϵ_2 (圧縮ひずみ) の両者で表わした変形限界曲線である。この限界曲線は純粋剪断変形と交叉する直線関係で示された。さらに円柱圧縮試験で求めた変形限界曲線を合わせて示したが、わずかの違いを示しているものの、近似的には近い値になっていて、基本的には変形限界が変形経路に強く依存していることを裏付けている。

次に破断の相当ひずみ $\bar{\epsilon}_f$ と相当応力 $\bar{\sigma}_f$ および最大剪断応力 τ_{maxf} の関係を図 3 に示した。 $\bar{\sigma}_f$ および τ_{maxf} と相当ひずみの間には比例関係があり、破壊応力が大きくなる変形条件、変形経路のものほど破壊までの変形が大きくなる事が明らかである。このことは広い変形条件下では最大剪断応力一定の条件は成立せず、最大剪断応力の変形条件依存性を示すものであり、破壊応力に静水圧成分、ひずみ履歴の影響が考慮されるべきであると考えられる。

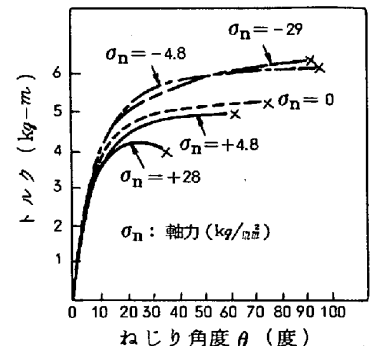


図 1 軸力付加ねじり試験のトルク曲線

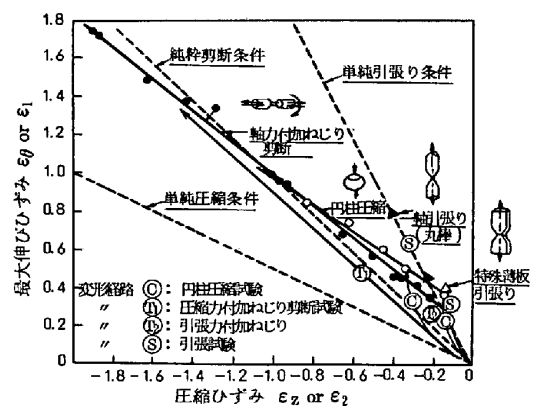


図 2 変形限界曲線

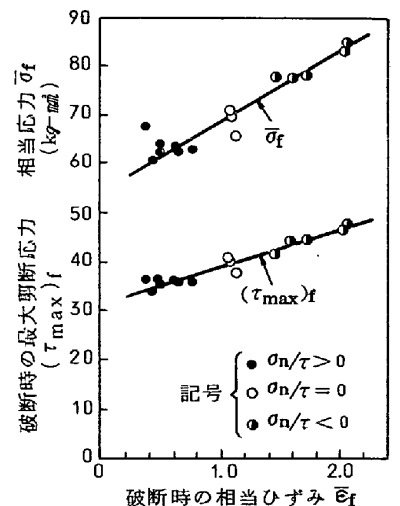


図 3 破断相当ひずみ $\bar{\epsilon}_f$ と破断相当応力 $\bar{\sigma}_f$, 最大剪断応力 $(\tau_{max})_f$

1) 中島, 南部, 金属学会, 鉄鋼協会九州支部第 21 回講演会前刷, p11 ('69)

2) 中島, 菊間 IDDRG (1971)