710 二段充てん法による内歯車のダイレス成形

Shaping of Internal gear by Two-step Dieless Cold Forming

正 吉田 始 (静岡大) 学○尾崎 嘉郎 (静岡大) 正 坂井田 喜久 (静岡大)

正 矢代 茂樹 (静岡大) 島田 和彦 (静岡大) 神尾 恒春 (静岡大)

YOSHIDA, Yoshihisa SAKAIDA, Shigeki YASHIRO, Yoshiro OZAKI

, Kazuhiko SHIMADA and Tsuneharu KAMIOI, Shizuoka University, 5-1, Johoku 3, Nakaku, Hamamatsu

Key words : Internal gear, Cold extrusion, Formability index, Stepped mandrel, Mean pressure, Dieless

1. 緒言

自動車の自動変速機などに使用されている内歯車は、主にギアシェーパーやブローチ盤による切削加工により成形されている。切削加工では大量切屑の発生や長い加工時間等の課題があるとされている。そこで、これらの課題を解消する方法として塑性変形を利用した研究^{1), 2)}が行われている。著者らも歯切りしたストレートや二段充てん法のマンドレルを用いる押出しで内歯車を成形する研究を行ってきた。この結果ストレートのマンドレルを用いた場合、充てんした内歯車を得るための断面減少率の下限値は約 30%程度の高い断面減少率が必要であった。二段充てん法の段差段丘部を持つマンドレルを用いて試料内径を拡張する方法では約 4%程度という非常に低い断面減少率で充てんした成形品を得ることができた。これは二段目の拡張部で試料素材を円周方向に積極的に流動させることにより歯先まで充てんした成形品が得られることがわかった。この特長を利用すればコンテナによる半径方向外向き流動を抑制しなくても良好な内歯車成形が可能と考えられる。

そこで本研究はこの二段充てん法のマンドレルを用いてコンテナを用いることなく試料の半径方向外側への流動を許す方法により内歯車成形の可能性について検討することを目的とした。

2. 実験方法

2.1 実験試料

試料素材は、低炭素鋼 S15C で、焼なまし後の応力ひずみの関係は $\sigma = 715\epsilon^{0.215}$ であった。試料形状は円筒形状で外径 d_o は 26~54mm までとし内径 d_i は 16mm を基準とし、高さ $h_o = 20\text{mm}$ 一定である。試料表面には潤滑処理としてジョンソンワックス JP103 を薄く塗布して用いた。この場合のせん断摩擦係数の値はリング圧縮試験結果 0.2 程度であった。

Fig.1 Shape of Mandrel

2.2 実験装置

実験は試料の内径を二段階に拡張し成形するため二段の段差段丘部を持つ特殊な二段充てん用のマンドレルを用いた。マンドレルの形状を Fig.1 に示す。二段目が目標とした歯車でモジュール $m=1.0$ 、歯数 $Z=20$ の諸元である。一段目には目標をマイナス 1.0 転位した歯形が切られている。

実験装置の概要を Fig.2 に示す。実験は円筒試料に二段階に拡張する歯付きマンドレルを挿入した状態で下型にセットする。マンドレルを試料に押し込むと、試料が二段階に拡張され内歯車が成形される。一旦除荷し、後続試料を挿入し再びパンチで押出すと先行試料全体が内歯車となる。これを繰り返すことで連続的に歯車が成形される。

Fig.2 Experimental apparatus

3. 結果および考察

3.1 荷重及び成形品

実験で得られた荷重行程曲線の一例を Fig.3 に示す。先行試料はマンドレル上に先行試料しかないために荷重も低い。後続試料からは先行試料がマンドレル上にあるため型と試料との接触面積が増えることにより荷重は大きくなる。成形状態は二番目以降で定常状態となった。成形品の一例を Fig.4 に示す。

目標とした歯たけ $h(2.25\text{mm})$ と実際に成形された歯たけ h' との比を成形度 $A=h'/h \times 100$ として Fig.5 に示す。充てん未充てん境界の試料外径は 38mm であ

った。この方法の条件 ($d_s=16$, $d_L=22$) で充てんさせるにはこの程度の試料外径が必要である。

コンテナによる半径方向の流動を拘束していないために成形品の外径は大きくなると考えられる。そこで成形後の試料外径を doa として調査し初期試料外径 do で除して Fig.6 に示す。図から判るように試料外径が大きいほど拡張割合は小さくなっているが後端ほど広がっていることが判る。

成形品はマンドレルの押出し方向に広げられることにより凸型となった。

3.3 成形面圧

実験での最大荷重をパンチの投影面積により除することにより各断面減少率における面圧を求めた結果を Fig.7 に示す。図から判るように充てんした歯車の得られた面圧は 600~1200MPa 程度であった。一般に鍛造や押出しなどで用いる高速度鋼やダイス鋼の強度は 3000MPa 程度とされており、これと比較すると十分に低い面圧であることがわかる。

4. 結言

二段充てん法の二段階に拡張するマンドレルを用いて半径方向の流動を拘束するダイス (コンテナ) を用いないで内歯車を冷間押出し成形することができた。実験条件の範囲で以下の結論を得た。

Fig.5 Forming condition

- 1) 充てん未充てんの境界の試料外径を求めることができた。
- 2) 充てんした成形品を得る下限の面圧はマンドレルや下型の強度と比較すると十分に低い値であった。
- 3) 成形品は半径方向に素材流動を許すために一様でなくマンドレル進行方向に凸型となった。

参考文献 省略

Fig.3 Load-stroke curve

Fig.4 Photograph of product
($m=1.0$, $Z=20$, $do=46$ mm)

Fig.6 After workpiece diameter

Fig.7 Mean pressure and workpiece diameter