

# ピンチ・トリミングに関する基礎的研究

愛知工業大学工学部機械工学科

講師 古市 裕司

(昭和62年度研究開発助成 AF-87003)

## 1. 研究の背景

深絞り加工を伴う製品は、深絞り加工において生じた耳を切り落として製品とする。従来、このトリミング工程は、加工工程の主体である絞り工程ほど技術的興味もたれず、生産現場の技術者の裁量に任されていたようで、系統的な研究が行われた例は乏しいようである。しかし、最近では極薄い板材を使用した製品や、寸法精度の厳しい製品を要求され、且つ、生産能率も向上させる必要から、このトリミング工程の研究が急務であると思われる。

## 2. 研究の目的

深絞りに伴うトリミング法には、フランジ部や、突出部(Projection)を残す必要がない場合は、こき落とし縁切り法(Wipedown Trim Dies)を使用して単にこき落とす方法、ホーン(Horn)型形式などによって側面と直角にせん断する方法、ブレード・トリミング法によってプレスラムのストローク方向(垂直)を、カムを用いて水平方向運動に変換して、製品側面と直角方向に切断する方法(Brehm trimming)、絞り縁切り型(Draw and Pitch-trim Dies)を使用して絞り製品のRの付け根部分を噛み切る方法などが、よく使用される。それぞれに特長があるが、こき落とし法は切断以前にフランジのつけ根付近であった部分の肉厚が他の部分に比べて薄くなる現象(Shallow Depression)ができるし、切断面にダレを生じる。ホーン型形式は、一回のストローク工程で切断分離することができないために、製品を回転させて2から

4工程必要である。ブレード・トリミング法は、プレスラムの縦運動を、カムによってせん断工具の水平面内直行二軸の運動に変換するために、機構が複雑になり、高速運動が難しい。ピンチ・トリミング法は深絞りとトリムを一回の工程で完結することができ、高速化が期待できるが、通常のせん断加工のような普及した工程でないために、新たにこの方法を取り入れようとしても、殆ど技術資料が手に入らない弱味がある。本研究は、特にピンチ・トリミング法の技術情報の空白を埋める目的で企画した。即ち、ピンチ・トリミングにおいて、切断分離が行われる機構及びそれを支配している基本原理を究明し、もってこの方法の実施に当り留意すべき要点を指摘することを目的とする。

尚、本法で縁切りを行うには、図1 (a) のように、切り落とすべき口縁がすでに円筒を形成している場合と、(b) のようにフランジを残している場合とが考えられる。

今回の実験は、後者 (b) の場合を取り扱うこととした。図2 (a) は深絞り遂行中、(b) はポンチの長手方向中間部に設けた切れ刃Eが、ダイスの肩R部と円筒壁面に依って拘束されているブランクに接触し、切断を始めた状態である。(c) は縁切り終了後の状態である。このように、ポンチの軸方向の運動に依って、その運動方向と直角な面で切断分離するのがピンチ・トリミング法の特徴である。

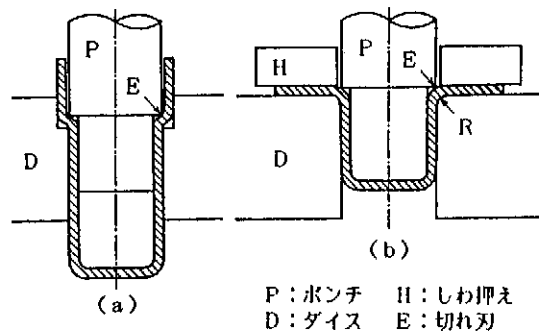


図1. ピンチ・トリミングの例

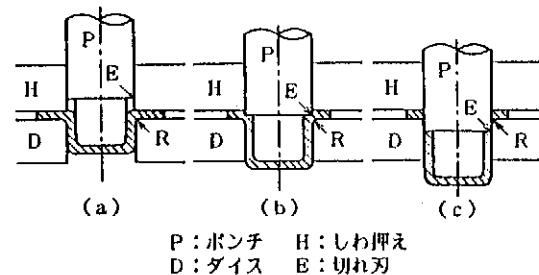


図2. ピンチ・トリミングの説明図

### 3. 研究の概要

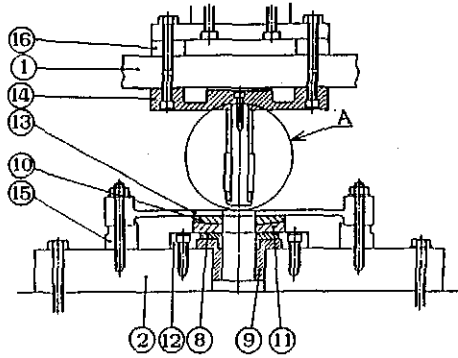


図3. 加工工具の組立断面図

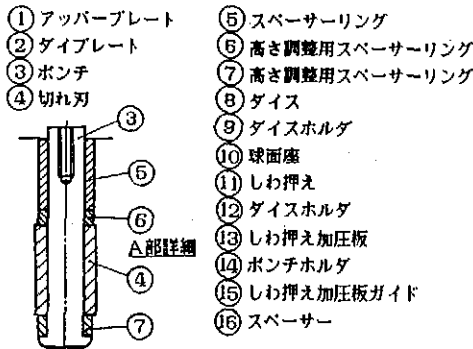


図4. ポンチ詳細図

表1. 実験条件

ブランク	材質: A1100-O 直径: 64mm	公称板厚: 0.8mm 絞り比: 2.1
ポンチ	材質: S45C (生材) 外径: 31mm 切れ刃径: 33.36mm	ラジウス: 8mm
ダイス	材質: SKD11 (焼入れ) 内径: 33.5mm	硬度: HRC 82 ラジウス: 4.5mm
しわ押え荷重	120kgf	
ポンチスピード	152.5mm/s (平均)	
潤滑剤	タービン油 #32	

表2. 材料の機械的性質

引張り強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	絞り (%)	0.2耐力 (kgf/mm <sup>2</sup> )	結晶粒度 mm	n値	c値
19.23	37.6	72.7	3.62	0.06	0.277	19.4

#### 1. 実験方法

図2の工程を具現するために準備した実験工具セットの組立断面図を図3に、ポンチ部の詳細図を図4に示す。ポンチ軸部に設けた、切れ刃調節用スペーサーリングを取り替えることによって、カップ成形深さを変化させられる構造とした。

実験は、図3の工具セットを4柱式ダイセットの上下プレートに取り付け、行程3 in.、60 s.p.m、容量45 tFのCフレームプレスに搭載し駆動した。

加工が遂行される時間は1/3秒以内であるから、荷重は動ひずみ計を、ポンチ行程の測定には差動トランスを用いて捉え、出力は一旦PCMデータレコーダに収録し、事後の処理に応じさせた。

実験条件を表1に、材料の機械的性質を表2に示す。

なお、トリミング工程に重要なダイス円筒部と切れ刃の間の片側クリアランスは、ブランク板厚の9%に当たる0.07 mmとした。

## 2. 結果および考察

厚さ 0.8 mm の Al-O 材を絞り比 2.1 で深絞り加工中に、ポンチ貫入深さが

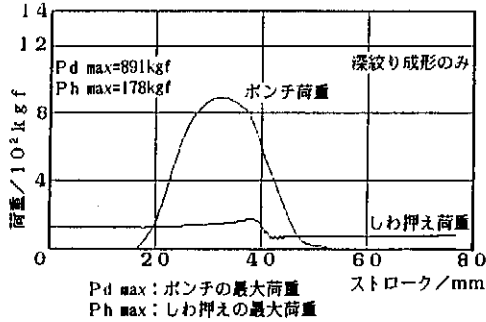


図 5. 荷重-ストローク線図 (a)

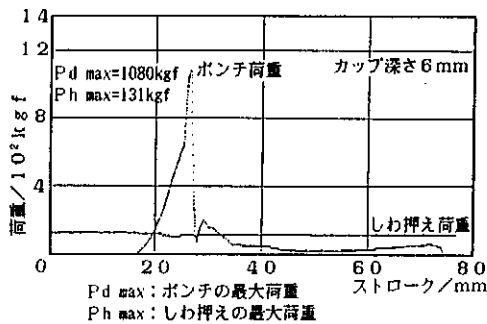


図 6. 荷重-ストローク線図 (b)

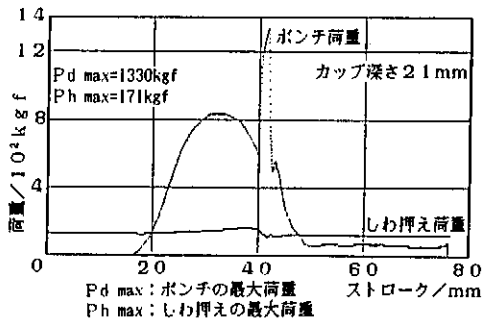


図 7. 荷重-ストローク線図 (c)

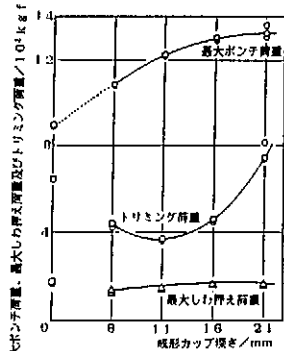


図 8. 荷重と応力の  
カップ深さに対する影響

がそれぞれ、6、11、16、21 mm

に達した時にカップトリムを行い、その

とき認められる現象の変化から機構を究

明するのとした。図 5 は深絞りのみ、図

6、7 は深絞りピンチ・トリムの複合加

工における荷重曲線、成形カップ深さ

は、それぞれ、6、および、2.1 mm で

ある。

この 3 枚の図から判るように最大ポン

チ荷重から、切れ刃がブランクに接した

荷重を引いた値 (トリミング荷重) は深

絞り荷重に加算されて現れる。また、ト

リミング終了後に残留するポンチ荷重量

に差異が認められる。後述する製品の仕

上がり状況からこの残留荷重の差が製品

の品位に影響することが確かめられた。

各カップ深さのトリミングにおいて、

ポンチ荷重としわ押え荷重の最大値およ

び、図 6、7 等から求められたトリミン

グ荷重の最大値をプロットしたのが図 8

である。

トリミング荷重に影響をもつ分離面の

最終厚さをプロットすれば図 9 のよう

になり、最大ポンチ荷重がカップ深さの増

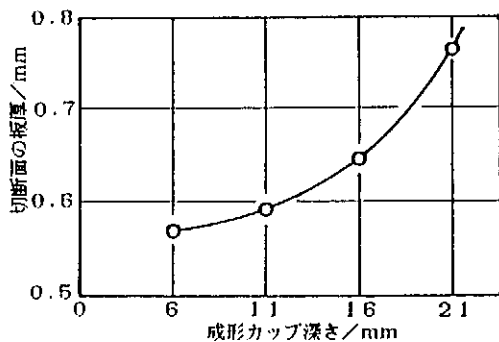


図9. 切断面の板厚の推移

加とともに増すのは、この影響によるところが大きいと思われる。

一様伸び限界における真応力の $1/\sqrt{3}$ 、および、それに準拠したダイス直径と同じ径の円盤をせん断した場合の荷重を計算で求めてプロットすれば図の□点となる。

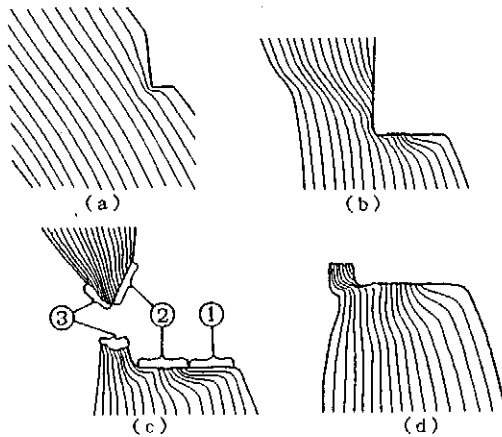


図10. 材料流動の様子

切断分離機構を明らかにするために、深さ16 mmのカップを成形する場合を例に取り、そのトリミング過程を切れ刃がブランクに接触したときから、切断が完了するまでを4段階に分け、成形途中の半製品を子午面で切断し、断面を顕微鏡撮影し材料内部の粒子の流れを推定したのが、図10である。

(a) は切れ刃がブランクに接触し材料内に押し込まれ、せん断が開始された状態。

(b) では、切れ刃が材料の通過できる通路を穿ぐ、そして、切れ刃より下の材料は、ダイス肩R部近傍から力を受け、切れ刃の方に押し込まれる。口縁外側は引っ張り荷重によってネッキングが認められる。

(c) は、(b) の直後に発生する。口縁外側の材料は、既にネッキングを起こしているため、ダイスR部からの干渉を受けず、今も続行している深絞り工程に起因する引っ張り荷重によって自由に伸びる。それに反して、切れ刃に接触している部材は、切れ刃円筒部により拘束されている部分と、切れ刃の下に入り込む材料とに別れ、微小なクラックの発生をゆるす。そのクラックが上記の引っ張り荷重とR部によってもたらされた曲げによって成長し②の部分形成する。③の部分は引きち

ぎられる。

(d) はネッキングによって内縁側に寄せられ、且つ、引きちぎられた部材③が切れ刃によって再び外縁に押し出され、切れ刃直下に二次せん断面を形成し、切断分離を終了した状態である。この図から判るように、切断面の内縁部のコーナーが予想外に鋭く、良好な切断面が形成されている。しかし、外縁部には、予期されたような返りが認められる。

更に詳しく切断破面を調べるために、その部分を顕微鏡撮影したものを図11に示す。(a)は図10(d)に相当するマクロ写真で、(b)(c)は同一製品サンプル上で認められた、切断分離面の写真の例である。

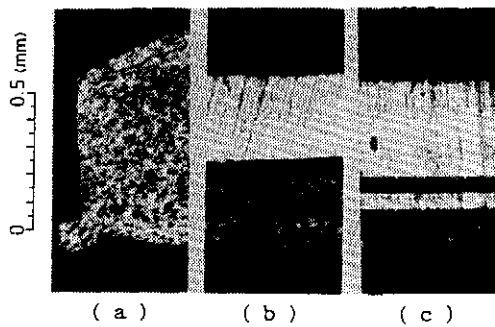


図11. 切断破面の顕微鏡写真

分離面の構成は、図12に示すように通常のせん断で認められるものと類似し、たとえば、二次せん断面の出現はダイスと切れ刃のクリアランスが不均一な場合、特に狭いクリアランスの部分において認められた(図13)。また、材料の異方性にも敏感であり、一見破断面を形成しない場合も認められた。

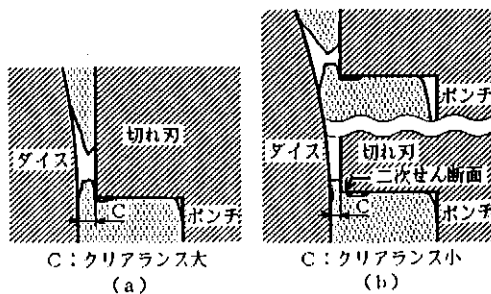


図12. 二次せん断面の発生機構図

図14は異なるポンチ貫入深さで得られた製品の切断分離面の性状を比較したものである。深さ6 mm から16 mm にいたる製品は、21 mm のものに比して良好であった。図中のfは薄片であり、前述のせん断終了後の残留荷重の部分は、この薄片の形成に使われたようである。今回の実験では、21 mm の製品を作る場合にのみ発生した。

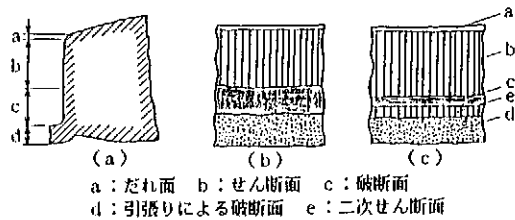


図13. 切断破面の分類

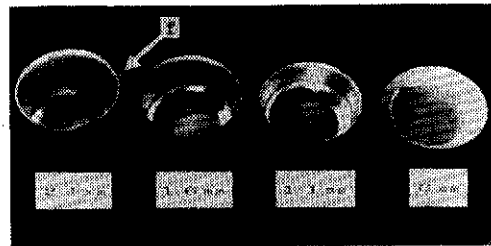


図14. 各深さに成形されたカップ

### 3. 結論

(1) しわ押さえが有効に作用し、絞り応力の高い深絞り工程中に、切断分離を行えば、最大荷重とせん断開始荷重の差を小さくすることができる。

(2) 深絞りトリミングを連続して行う複合工程中出现する最大荷重は成形カップ深さが増すほど増大する。その原因は、板厚の増加と加工硬化に起因するものと認められる。

(3) 切断分離破面をだれ面、せん断面、破断面、引っ張り荷重による破断面、二次せん断面に分類できることがわかった。

(4) 今回行ったピンチ・トリミングでは、深絞り工程による張力とダイスR部による曲げ、および、ダイスR部による負荷荷重方向の変換（材料を切れ刃に押し込む作用）が全て有効に働いていることが判った。

### 4. おわりに

本研究は、天田金属加工機械技術振興財団の昭和63年度研究開発助成によってなされたものであり、財団に対し心より御礼申し上げます。また、研究を進めるにあたり多大なご指導を賜った、本学、春日保男教授に、そして、実験遂行に協力してくださった大学院生（当時）森田敏充君と卒研生諸君に感謝します。

### 5. 発表論文

古市裕司・森田敏充：ピンチ・トリミングに関する基礎的研究、昭和63年度塑性加工春季講演論文集（1988-5）、367