

# シェーピング加工を適用した段差成形加工法の基礎的研究

岐阜工業高等専門学校 機械工学科

助教授 加藤浩三

(平成9年度研究開発助成 AF-97002)

キーワード： シェーピング，せん断加工，冷間型鍛造

## 1. 緒言

「シェーピング加工」は塑性加工法のうち、元来は、金属のせん断加工に属する分離加工方法である<sup>1)~3)</sup>。この方法は慣用せん断により成形された分離面を精度よく仕上げるための最終プロセスとして適用される。少ない取り代で薄い表層を除去するタイプの加工であり、加工形態が髭剃りに類似しているため、金属の加工方法でありながら「シェーピング加工」と称されている。

本研究では、「シェーピング加工」を、従来の金属分離加工方法として適用するのではなく、「段差形状」を有する機械部品を「成形」するために適用する。従来からある分離面の精度向上を目的とした「シェーピング加工」では、排除した部分を分離層として排出する。けれども、本成形方法では、本来の排出側を、閉じた工具構造とすることにより、排除部の分離、あるいは排出を実現しないで、排除部を堆積することにより、段差プロファイルを成形する。

「シェーピング加工」を利用した「段差形状成形」の可否については、一部の軸対称製品ではすでに実用化されており、すでに実証されてはいる。けれども、この成形例は偶然によるところもあり、成形可能条件など、成形についての基本特性は未だ明らかとはなっていない。また、その成形機構については不明な点が多く材料流動の観点からの確認は為されていない。

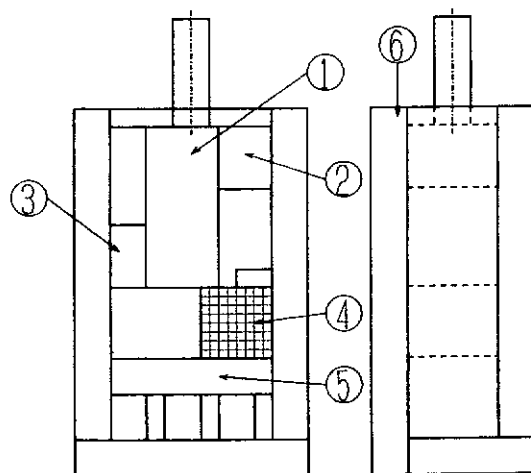
本研究では以上の観点に基づき、本成形方法について成形可能な加工条件範囲を明確にすること、および材料流動に基づいた成形機構の解明を行うことを目的として実験的検討を実施した。

## 2. 方法

### 2.1 実験装置の概要

実験は、図1にその概要を示す装置を、能力 1500 kN の油圧プレスに設置し実現した。本装置は以下の仕様を満たしている。

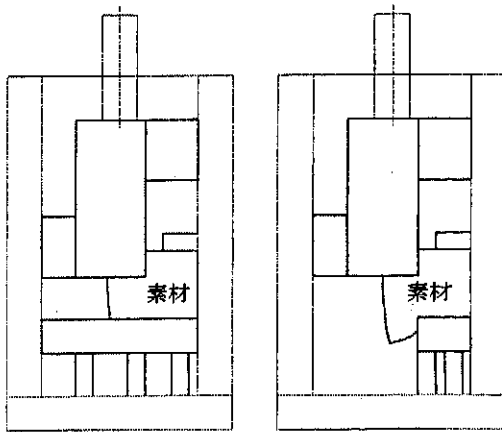
- 1) 平面ひずみシェーピング工程の実現
- 2) 変形中の材料流動の観察が可能
- 3) 「段差成形」と「せん断」の両加工を実現可能
- 4) シェーピング取代の変更が可能



- ①パンチ，②スペーサ1，③スペーサ2，  
④テストピース，⑤ダイ，⑥アクリル板

図1 実験装置の概要図

仕様2)については、装置前面部を透明のアクリル板⑥とすることにより実現した。また、仕様3)については、図2に示すようにダイ⑤を交換することにより、段差成形とせん断の各加工を実現することが可能である。また仕様4)のシェーピング取代については、②スペーサ1を交換することにより実現される。



(a) 段差成形 (b) せん断

図2 「段差成形」と「せん断」の実現方法

## 2・2 実験条件

実験で使用した材料の仕様を表1に示す。成形時の材料流動を観察するため、供試材の表面には青タックを塗布した上に、ハイトゲージにより5mm角の格子線を罫書いた。

表1 供試材

材質	工業用準アルミニウム A1050 焼きなまし F値 130 MPa n値 0.277
寸法	40mm×40mm×50mm
その他	5mm角の格子 (ハイトゲージ)

加工条件を表2に示す。シェービング取代を5mmから20mmまで、5mm間隔で変化させた。潤滑剤としては牛脂を用い、供試材と工具の接触面に塗布した。成形後に、材料流動を評価するため、成形中の供試材をビデオカメラにより撮影する。各ストロークにおける荷重をロードセルにより計測し、デジタル荷重指示計の直読値を記録した。

表2 加工条件

加工の種類	段差成形, せん断加工
シェービング取代	5, 10, 15, 20 mm
潤滑剤	牛脂

## 3. 実験結果と考察

### 3・1 せん断試験

図3はせん断試験の結果であり、シェービング取代15mmの条件の結果である。パンチストロークの進行に伴う変形挙動を示した写真である。本試験装置により、せん断試験をシミュレートし、格子線法により材料流動を観察可能であることが確認された。



ストローク 5mm (0.125)



ストローク 20mm (0.50)



ストローク 40mm (1.00)

図3 せん断試験の結果例

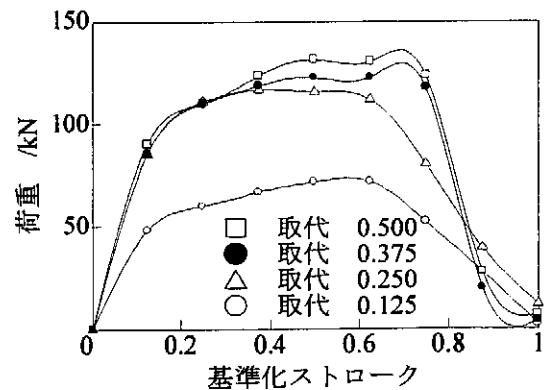


図4 せん断試験の荷重-ストローク線図

図4は、せん断試験で得られた荷重とストロークとの関係をしたものである。シェービング取代をパラメータとしている。ただし、ストローク、およびシェービング取代のいずれも、素材高さ(厚み)で除して基準化している。

一般に、理想的なせん断変形ではシェービング取代により、荷重レベルが変化することは無い。けれども実験結果では、シェービング取代が最も小さい0.125(5mm)の条件では、荷重レベルが極端に低くなっている。図5はこの傾向を考察するため、シェービング取代0.125(5mm)の場合の結果を示したものである。例えば、ストローク10mmの行程初期では、パンチが降下した分のみ、表層が剥がされるように、局所的に分離が生じている。シェービング取代が小さい場合には、行程全体を通じて、変形が厚み方向全域に及ばず、局所的な変形が逐次的に実現されるため、荷重レベルが低くなるものと考えられる。

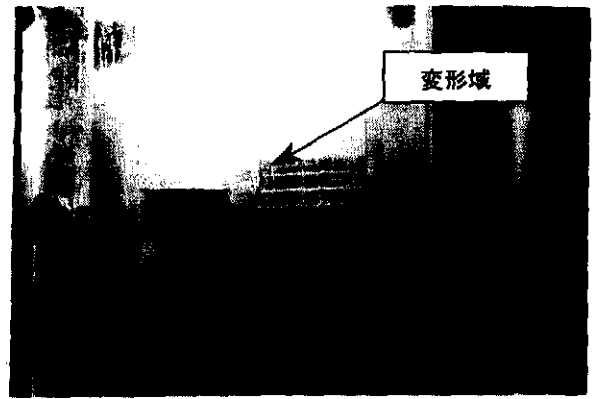
一方、これよりシェービング取代の大きい条件では図3に示したように変形域が厚み方向の全域に及んでいる。以上のことから、せん断加工はシェービング取代の大小に応じて、シェービング取代の小さい場合には逐次タイプの分離加工になり、これよりシェービング取代が大きい場合には、厚み方向全域に塑性変形が及ぶタイプのせん断加工になることが明らかになった。

### 3・2 段差成形試験

図6は段差成形試験の実験結果であり、シェービング取代15mm(0.375)のものである。ストロークに伴う変形挙動を示した写真である。本試験装置により段差成形をシミュレートし、格子線法により材料流動を観察することが可能であることが確認された。

格子線の観察から、変形はパンチ直下の材料のみで生じており、パンチ下部以外の材料は塑性変形していない。したがって、シェービング方式の段差成形においては、パンチ直下部の材料のみにより段差が成形され、これ以外の部分からの材料供給のないことが明らかになった。

図7はシェービング取代15mm(0.375)の荷重-ストローク線図を示したものである。同じシェービング取代条件のせん断試験の結果を、比較のために併せて示している。両曲線を比較すると行程初期から段差成形の



ストローク 10 mm (0.25)



ストローク 25 mm (0.625)

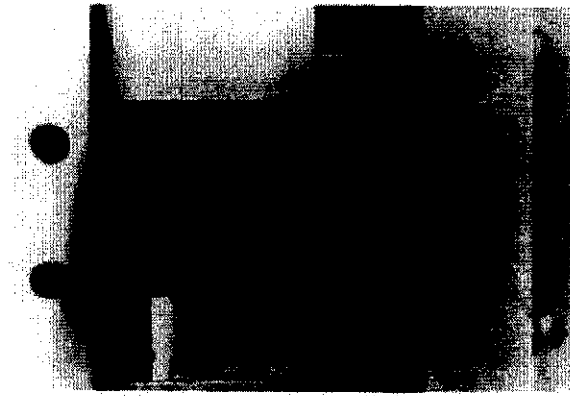


ストローク 40 mm (1.0)

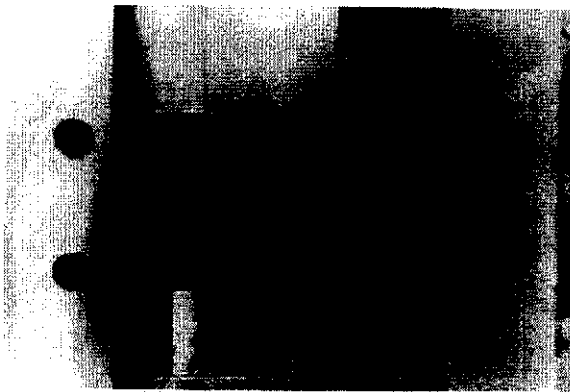
図5 せん断加工 (シェービング取代 5mm)

場合の荷重レベルの方が高い。ストローク0.4付近から両者の差異は顕著になっている。せん断の場合には、ストローク0.5付近に荷重レベルのピークがあり、これ以降は減少しているが、一方の段差成形の場合には逆に急増している。

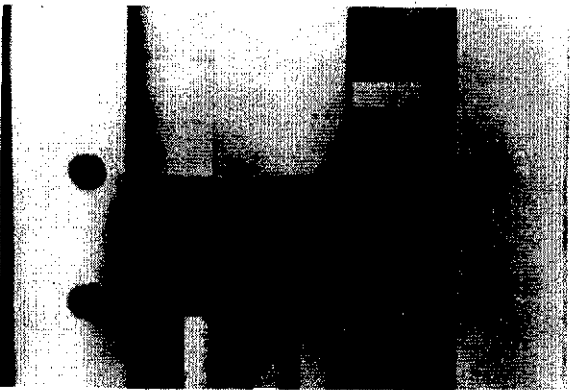
全行程を通じて、段差成形の方が荷重レベルが高い理由は、シェービングの場合にはせん断変形のみであるのに対して、段差成形の場合にはせん断変形に圧縮加工が



ストローク 5mm (0.125)



ストローク 10mm (0.25)



ストローク 20mm (0.5)

図6 段差成形 (シェーピング取代 15mm)

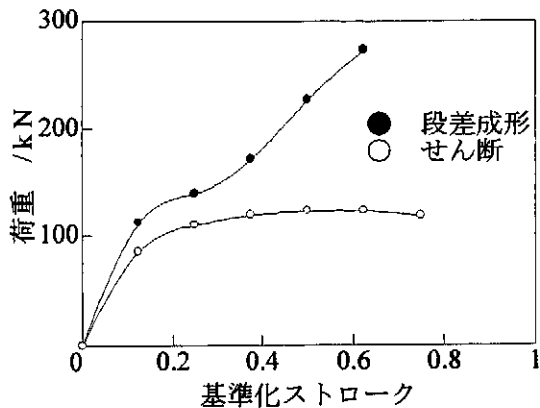


図7 荷重-ストローク線図

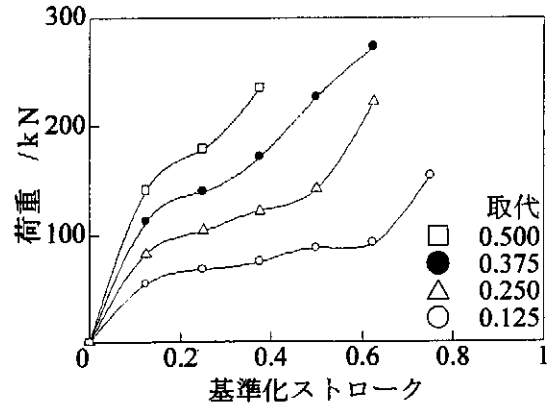


図8 荷重-ストローク線図

パラメータ：シェーピング取代

余分に加わっているためであると考え、段差成形の際の、せん断加工力レベルは、圧縮加工力レベルに比べてかなり小さいものと推測する。その理由は、図6から観察されるように、段差成形の場合のせん断変形は、行程を通じて逐次的であり、厚み方向の全域に及んではないからである。

次に段差成形において、シェーピング取代が荷重レベルに及ぼす影響を検討する。図8はシェーピング取代をパラメータとして、荷重-ストローク線図を比較したものである。全行程においてシェーピング取代の大きい材料ほど荷重レベルが高くなっている。この理由は先の段差成形の加工力は、ほとんどが圧縮加工に基づくものであるという考えから解釈が可能である。すなわち、シェーピング取代が大きいほど圧縮体積が大きいためであると考えられる。

#### 4. 結言

「シェーピング加工」を利用した「段差形状成形」について、材料流動に基づいた成形機構の解明を行うことを目的として、格子線法に基づく観察が可能な実験装置を試作し、シミュレーション実験を実施した。その結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 製作した実験装置によりせん断、および段差成形の加工シミュレーションを実現することができる。
- 2) せん断加工はシェーピング取代の大小に応じて、シェーピング取代の小さい場合には逐次タイプの分離加工になり、これよりシェーピング取代が大きい場合には、

厚み方向全域に塑性変形が及ぶタイプのせん断加工になることが明らかになった。

3) シェーピング方式の段差成形においては、パンチ直下部の材料のみにより段差が成形され、これ以外の部分からの材料供給はない。

4) 段差成形加工における加工力の主な構成要素は、圧縮加工力とせん断加工力の2要素である。このうち圧縮加工力がさらに主要な要素である。また、シェーピング取代を大きくするほど圧縮体積が増加するためこれに

伴い加工力が増加する。

#### 参考文献

- 1) 村川正夫・大川陽康・古閑伸裕・鈴木清・中川威雄：塑性と加工，26-288 (1985)，81.
- 2) 村川正夫・大川陽康・古閑伸裕・鈴木清・中川威雄：塑性と加工，26-290 (1985)，278.
- 3) 村川正夫・大川陽康・古閑伸裕・鈴木清・中川威雄：塑性と加工，26-292 (1985)，534.