

金属薄板部品の増肉しごき加工による部分的厚肉化

豊田工業高等専門学校 機械工学科
 助教授 林 伸 和
 (平成11年度研究開発助成 AF-1999002)

キーワード: 板金化, 深絞り容器, 厚肉化

1. 研究の目的と背景

自動車部品は代表的な塑性加工製品であるが, 省資源, 地球環境保全のために燃費向上は強く求められている。そのための1つの強力な手段は, 自動車重量の軽減である。軽量化の方法として部品の「板金化」がある。出発素材として板材は鋳物等に比べて優れた機械的特性を持つこと, および板金部品は一般的に薄肉構造体となるため, 大幅な軽量化が可能である。また板金化は, 製品性能だけでなく, 製造工程改善にも効果的である。板材成形は小さな加工力が特徴で, そのため規模の小さなプレス機械, 設備で済み, コストダウンが可能となる。

本研究では, 自動車の自動変速機に使われているリングギアのように, 部品の大部分ははじめの薄板のままであるが(皿部分), 強度向上の観点から一部分(周辺歯形成形部近傍)だけ厚肉化する製品製造プロセスの提案を目的とする。深絞り加工によって作製した絞り容器の壁部に, 板面に沿う方向(容器高さ方向)に圧縮力を加え, 壁部のみ板厚増加を図る。単に圧縮するだけでは, かなり壁高さの小さな段階から座屈が生じ, それ以上の壁高さのときは単に折れ曲がるだけで厚肉化できない¹⁾。これを本研究提案の”増肉しごき加工”によって厚肉化する。

2. 実験方法

2-1 加工原理

図1に加工原理を示す。図1(a)のように, 薄板が接触している工具面から何の拘束力もない場合, 板面に沿って板端面全面が圧縮されれば当然座屈が生じる。そこで図1(b)に示すように, 何らかの方法で板の片側表面を接触する工具によって拘束し, 一方反対側表面近くの材料は板面に沿っ

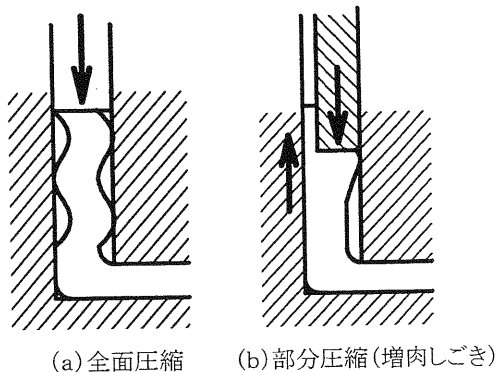


図1 加工原理

て厚肉化したい方向に移動させることができれば, 座屈のない厚肉化が可能と考えた。本研究では材料と工具配置の関係から, このプロセスを増肉しごきと呼ぶ。同様な考え方の加工方法に近藤らのせん断かしめ法があるが²⁾, 本研究では薄板の厚肉化にこれを適用しようとするものである。

本研究では, このプロセスを具体的に, しかも簡単に実現するため, 降伏応力の大きく異なる材料から成る積層板を用いた。加工の様子を図2に示す。積層板の降伏応力の小さな板材部分だけに圧縮荷重を加えることにより材料を部分的に変形させ, 一方降伏応力の大きな板材は変形させず座屈防止の役目を期待し, 厚肉化を狙う。

2-2 供試材

表1に本研究で使用したAl材(A1100)とSUS材(SUS430相当)からなる積層板の引張特性値(面内平均値)を示す。n値は小さく伸びは小さい。Al材の板厚は0.94mmでSUS材の0.56mmに対し約2倍, 引張強さおよびF値は約5倍異なる。

2-3 深絞り容器の作製方法

図3に示す手順で, 実験用絞り容器を作製した。パンチ径

表1 積層板の引張特性値

	Thickness (mm)	Tensile strength (MPa)	n value	F value (MPa)	Total elong. (%)
Clad	1.50	294	0.03	328	14.7
Aluminum	0.94	110	0.06	141	15.9
Stainless	0.56	603	0.02	691	9.0

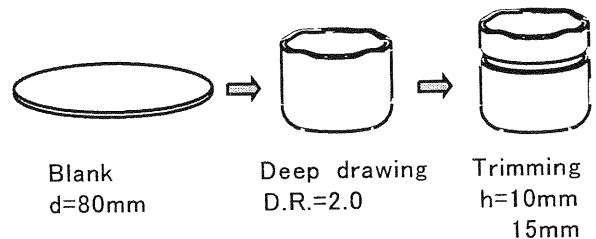


図3 絞り容器作製工程

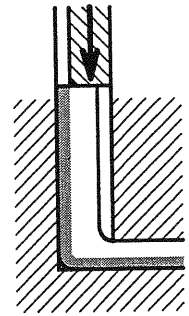


図2 積層板の増肉しごき加工
(灰色部が高強度材)

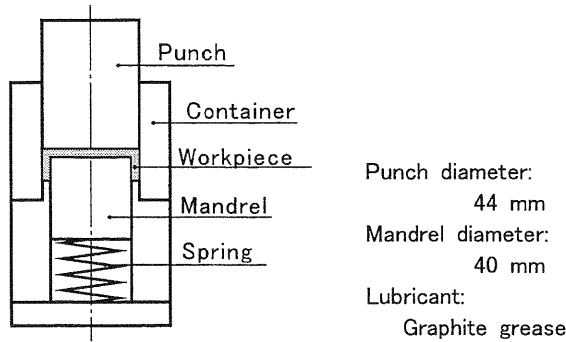


図4 工具配置(全面圧縮の場合)

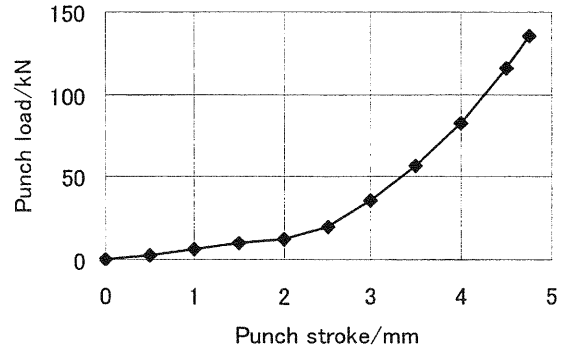


図7 板端面を全面圧縮した場合のパンチ荷重-パンチストローク線図(容器高さ 10mm)

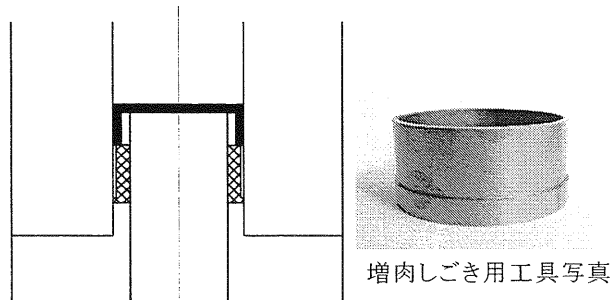


図5 増肉しごき加工における工具配置

40mm, 肩半径5mm, ダイス穴径44mm, ダイス肩半径10mmの工具を用い, 直径80mmの円形ブランクから, 容器内側がAl材となるように材料を配置し, グラファイトグリース潤滑のもと深絞り加工した. この容器から, 容器底から10mmおよび15mmの高さとなるように精密砥石切断機によって切り出し, 試料とした. 絞り容器の耳は比較的小さく, 面内異方性の程度はそれほど大きくなかった.

2-4 実験装置

図4に図1(a)の全面圧縮のときの工具配置を示す. コンテナ内径は44mm, マンドレル径は40mmとした. 試料容器と工具間はグラファイトグリースで潤滑した. 容器底は加工中しわ等の板面外の変形が生じないように, コイルバネを用いてパンチとマンドレルの工具間に挟み付けられている. この力は

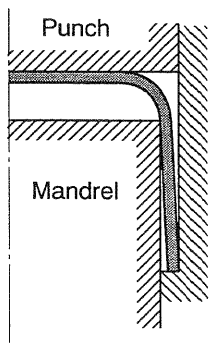
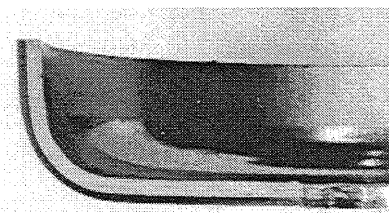


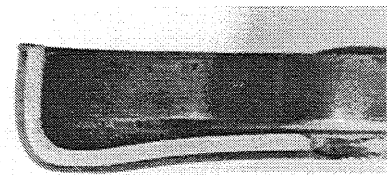
図6 加工初期における容器と工具の位置関係

機構上パンチストロークの進行とともに直線的に増加する. 実験ではパンチ荷重とパンチストロークの関係を測定, 記録したが, パンチ荷重は深絞り容器壁に付加される荷重と, マンドレルを通じてバネに付加される荷重が合わさったものとなる.

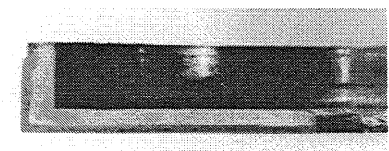
増肉しごき用の工具配置を図5に示す. 下コンテナと容器の間には内径40mm, 外径は43mmで, 絞り容器の内側Al材



(a)加工前の製品形状



(b)パンチストローク2mmの容器形状



(c)パンチストローク4.75mmの容器形状

図8 板端面を全面圧縮した場合の変形挙動(初期容器高さ 10mm)

部分にのみ荷重が付加できるような寸法のリング形状の工具が挿入され, 全面圧縮の場合と同様な手順で圧縮加工される.

3. 深絞り容器のコンテナ内軸方向圧縮による形状変化

3-1 加工プロセス

絞り容器底の角丸みは内側5mmに作製されている. 一方コンテナとマンドレルの間隙は2mmである. したがって加工が

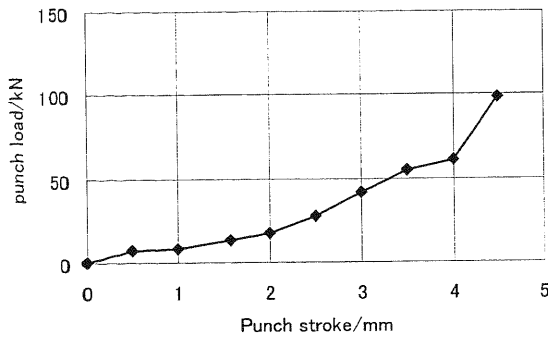
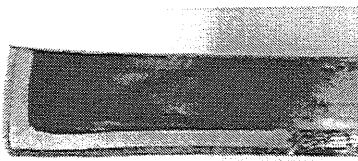
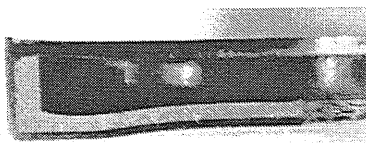


図9 増肉しごき加工した場合のパンチ荷重—パンチストローク線図(容器高さ 10mm)



(a)パンチストローク4mmの容器形状



(b)パンチストローク4.5mmの容器形状

図10 増肉しごき加工した容器形状(容器高さ 10mm)

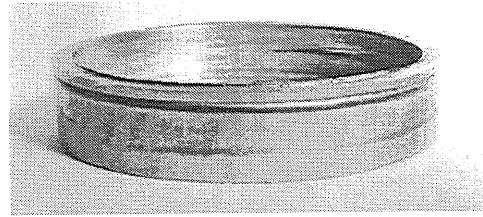
始まるときの容器底とマンドレルの間には図6に示すように隙間が存在し、この後の試料の変形が問題となる。1工程で加工を終了するため、この状態からパンチに荷重を付加した。マンドレルをパンチに押しつけるバネ定数が1180kN/mのバネを用いると、1工程で問題なく、底がほぼ平坦な容器形状とすることができた。

3・2 全面圧縮の場合の形状変化

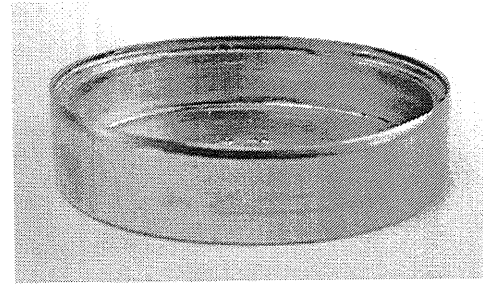
容器高さ10mmの場合のパンチ荷重—パンチストローク線図を図7に示す。図8は容器形状の変化を示す。図8(c)から、容器のSUS材部分に折れ込みが観察されることから、変形は座屈現象を伴うが、パンチ荷重には明瞭な増減は見られない。パンチストロークが2~3mm近傍からパンチ荷重が急激に増加し始めるが、容器形状の観察から、容器底丸み部分の材料が、大きな板厚増加を伴わずコンテナ内面に密着する段階と一致することがわかった。パンチ荷重をさらに増加させると、容器壁は座屈し、折れ込みが発生した。その後荷重は急激に増加したが、パンチ荷重がかなり大きくなっても、製品外側にしわが1本残存した。

3・3 増肉しごきによる容器壁の厚肉化

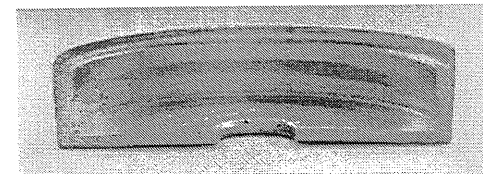
図5の工具配置で、容器高さが10mmの場合の圧縮荷重と



(a)全面圧縮によって座屈した容器外観



(b)増肉しごき加工による容器外観



(c)増肉しごき加工による容器断面

図11 容器初期高さが15mmのときの全面圧縮および増肉しごき加工による容器外観

パンチストロークの関係を図9に示す。図10はパンチストローク4mmおよび4.5mmのときの容器壁部の断面写真である。図7と同様、途中からパンチ荷重が大きく増大している。加工を途中で止めることによって、この時点で絞り容器が、大きな板厚増加を伴わずにコンテナ内面に密着する段階であることがわかった。一方それ以後の荷重上昇は、全面圧縮の場合より荷重増加は小さい。この断面写真から、座屈が生じることなく、厚肉化が達成されていることがわかる。

3・4 容器壁高さの影響

容器高さ15mmとして、増肉しごき加工実験を行った。パンチ荷重を98kNとしたときの容器外観および断面写真を図11に示す。容器には折れ込みは見られない。しかし断面写真からわかるように、容器高さ10mmの場合では容器壁の全体が厚さ2mmに厚肉化できていたが、容器高さ15mmでは荷重が付加されたパンチ近くのみ厚肉化され、容器底近くは厚肉化されていない。これを改善するためさらに大きなパンチ荷重を加えると、図8の全面圧縮法と同様に、容器壁部が座屈し、容器外側に折れ込みが発生した。

実際の使用に関しては、容器形状部品の場合、強度は容器底部から離れた容器壁端部分が問題である。この観点からは、本研究のように容器壁端部が厚肉化できていれば、種々の活用法はあるものと考えられる。

5. 加工の限界

本研究の増肉しごき加工において、Al材の変形が進むにつれてAl材の変形域が広がっていく。すなわち容器壁の圧肉化された部分が大きくなると、ますます加工を進めるために必要な力は増大する。この加工を進めるために必要な力が、未加工部分の座屈荷重と一致したときが本実験加工条件における加工限界となる。容器深さ15mmのときに観察された実験結果はこのような解釈で説明できる。

さらに容器高さの大きな場合も厚肉化するためには、本研究では有効に利用されていない材料とコンテナ間の摩擦をいかに活用するかが1つのポイントになると考えられる。これについては今後の課題としたい。

6. 結論

深絞り容器壁部だけを厚肉化することを目的とし、板厚1.5mmのSUS材とAl材からなる積層板から作製した深絞り容器を対象として、容器初期高さが10mmおよび15mmの場合、マンドレルを持つコンテナ内で増肉しごき加工した結果、以下の結論を得た。

- (1)容器初期高さ10mmの場合、Al材だけに圧縮荷重を加える増肉しごき加工によって、座屈を生じることなく板厚2.0mmまで厚肉化された。
- (2)容器高さ15mmの場合、容器壁端部しか厚肉化できない

が、容器全体の強度の観点から、本研究の有効性を指摘できた。

7. 謝辞

本研究の一部は、豊田工業高等専門学校の卒業研究として行われたものである。実験遂行は卒研究生 梶 賢太君、白村弘二君に負うところが大きい。ここに感謝する。またこの研究に対し研究助成金を賜った天田金属加工機械技術振興財団に感謝の意を表す。

参考文献

- 1)林・加藤・広田・近藤, 平11春塑加講論, (1999), 265.
- 2)近藤・平岩, 30回塑加連講論, (1977), 261.