

穴付き金属カップ成形における素材穴形状設計の最適化

生産技術部 ○堀之内悠介, 牟禮雄二
企画支援部 栗毛野裕太

1. はじめに

モータハウジングや照明器具の反射板等のようなカップ状の部品は、金属薄板を素材とする絞り加工によって製造される。これらの部品は、配線やねじ止め用途で絞り加工後に切削加工等により穴あけ加工するのが常である。しかし、立体形状であるカップ成形品に穴あけ加工するには専用の加工機や治具等を必要とするため、必然的に段取り時間やコストが増加する。

そこで、素材時点での穴あけ加工が比較的容易であることに着目し、塑性変形挙動を考慮した穴を打ち抜いた後、絞り加工する技術を検討した。本技術により、目的とする穴付きカップ形状を得る素材穴形状設計の最適化技術を確立したので報告する。

2. FEM 解析検討

研究対象とする絞り加工形状を図1に、割れによる成形不良を図2に示す。対象形状は、直径50mm、高さ30mmのカップ成形品とした。素材は、板厚1mm、直径95mm、材質SPCCである。

図2に示すように、穴をあけた素材を絞り加工すると、穴近傍に局所的な応力集中が発生することで穴が変形し割れやしわが生じた。

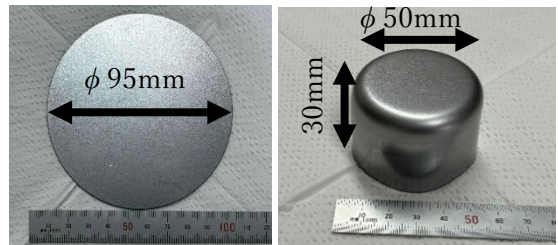
そこで、成形可能な穴位置と穴の変形挙動を検討するため、絞り加工前の素材に施す穴位置を変えて、コンピュータ上で絞り加工のFEM解析を行った。

解析モデルを図3に、解析条件を表1に示す。直径3mmの穴を中心から10mm間隔で5つあけた素材モデルを用いて解析した。なお、穴は中心から順に①～⑤とする。

解析には商用ソフトウェア「PAM-STAMP V2021」を使用し、素材モデルを弾塑性体、金型モデルを剛体として設定し、パンチストローク30mm、しわ押さえ力50kN、摩擦係数0.1とした。

絞り加工後の位置および解析結果を図4に示す。①底面中央部、②底面側部、③角部、④側壁部において、材料の変形挙動が以下のようになることが確認された。

①底面中央部では穴形状が若干の楕円へ変形した。これは素材の圧延方向による影響と考えられる。②底面側部では成形時に底面の中央方向へ伸び、楕円となった。③角部では素材の中心方向及びその直交方向へ大きく伸び、歪な円形状となった。④側壁部では容器高さ方向へ大きく伸びるとともに、その直交方向へ大きく縮み、し



(a) 絞り加工前 (b) 絞り加工後
図1 研究対象とする絞り加工形状

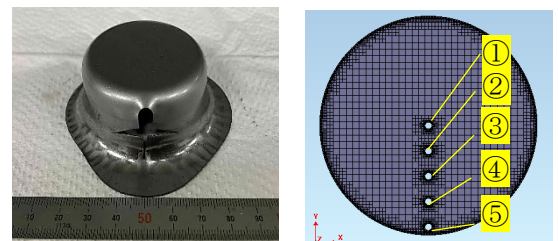


図2 成形不良 図3 解析モデル

表1 解析条件

パンチストローク	30mm
しわ押さえ力	50kN
摩擦係数	0.1

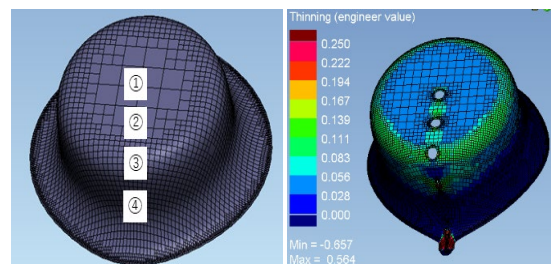


図4 検証した位置及び解析結果

わが生じた。⑤については変形により穴が消失した。

3. 板厚減少率と成形限界曲線による解析

成形後の穴近傍における板厚減少率の解析結果を図5に、成形限界曲線を図6に示す。

図5に示す穴において、容器の高さ方向に板厚が大きく減少、つまり割れが発生することが示唆された。容器高さ方向と直行する方向には、板厚が減少しないことが確認された。

従って、素材にあらかじめ加工する穴形状を単純な円形状とする場合、穴が容器高さ方向に伸びて板厚が著しく減少し、割れが発生すると考えられた。そこで、あらかじめ素材に加工する穴形状を楕円形状に設計し、板厚減少を抑える設計を検討した。

一方、図6に示す成形限界曲線では、赤い楕円で囲まれた領域にプロット点が多く存在し、成形品に割れおよびしわが発生することを示した。

そこで、穴形状、穴径、穴位置等の条件を変えながら再解析を行い、成形限界曲線の該当領域にプロット点が含まれないような条件を検討し、最適加工条件を設計した。

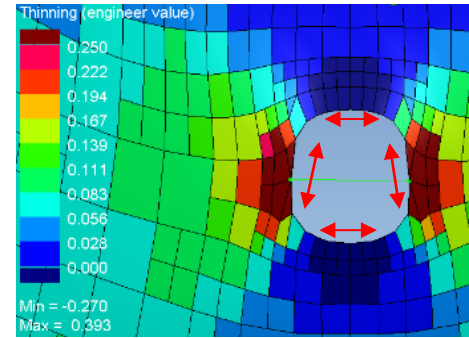


図5 穴近傍における板厚減少率

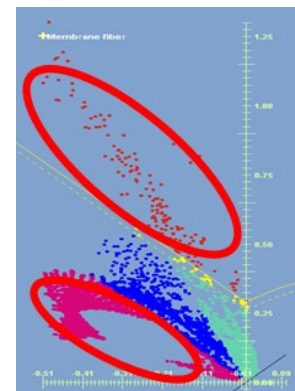


図6 成形限界曲線の一例

4. 加工実験による検証

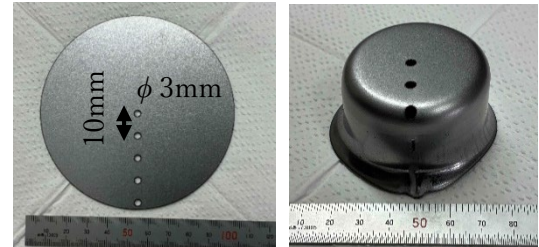
解析結果の妥当性を確認するため、金型を試作し、油圧サーボプレス機によって絞り加工実験を行った。

図7に加工実験によるカップ成形を示す。図4で示した解析結果と同様の形状が得られ、解析結果と成形実験の整合性を確認できた。なお、割れについては確認されなかった。

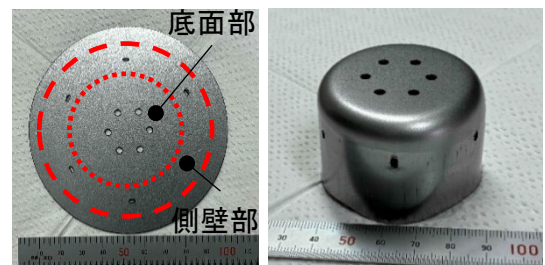
図8に、あらかじめ素材穴形状設計後の素材およびカップ成形を示す。

図8(a)に示す素材のうち、底面部に該当する部分については素材の圧延方向と加工による伸びを考慮し、歪ませた円形状を事前加工し、側壁部については容器高さ方向に伸びるため、割れが生じないように円周方向に横長の楕円形状が事前加工した。

絞り加工後については、図8(b)に示すとおり割れが発生することなく、側壁部に複数の穴があいたカップ形状を成形することができた。



(a) 絞り加工前 (b) 絞り加工後
図7 絞り加工実験によるカップ成形



(a) 絞り加工前 (b) 絞り加工後
図8 素材穴形状設計後のカップ成形

5. おわりに

本技術について、FEM解析と成形実験により整合性を確認するとともに、底面部及び側壁部に複数の穴があいたカップ成形品を成形した。今後、本技術を活用して県内企業の技術支援や研究開発等に役立てたい。