



絞り加工時の成形不良予測のための指標確立

西田政弘¹, 山口純司², 野崎孝洋²

1 名古屋工業大学 電気・機械工学科, 2 旭精機工業株式会社

キーワード：プレス加工，内部観察，ボイド，割れ

1. 測定実施日

2020年 8月7日 BL8S2 (1シフト)

2020年 9月24日 BL8S2 (2シフト)

2020年 10月20日 BL8S2 (1シフト)

2. 概要

深絞り加工時の成形不良予測を目的として、Aichi SR BL8S2により高分解能 X線 CTによる供試体の内部観察を行った。深絞り量を変化させた複数の供試体を作製し、変形量が異なる幾つかの場所から観察試料を作製した。一方で、引張試験片を作製し、塑性変形量と内部空隙の関係を調べ、深絞り加工時の成形不良予測を目指して、観察を行った。内部空隙には大きな違いを観察することができた。深絞り量を変化させた複数の供試体では、内部空隙の総量の違いを明確に示すことができた。

3. 背景と研究目的

金属の成形加工の一つである絞り加工は、金型を使って、板材からさまざまな形状の容器を作る加工方法で、広く用いられている。中でも、底付き容器を作る加工方法である深絞り加工は、大変形を生じさせるため、しわや割れなどの成形不良を生じやすく、多段階の加工（絞り工程数）を必要とし、適切な絞り工程数の選定、金型設計や加工条件の決定が重要であるため、その試作や調整には多くの時間やコストがかかってしまうことが新規開発時の大きな問題である。

一般に、しわや割れなどの成形不良は外観から判断し、予測が難しい。内部の空隙を詳細に調べ、しわや割れに発展する可能性がある部分を事前に予測できれば、試作や調整の時間およびコストを低減することができる。材料科学の分野では、戸田らは、SPring-8において高分解能 X線 CT技術を確立し、さらには 4D 観察法により材料内部の時間変化を詳細に調べることで破壊メカニズムを明らかにしている[1]。材料科学の分野において、広く用いられつつある高分解能 X線 CT技術[2,3]を、本研究では、成形加工の分野に応用する。引張試験片の内部の空隙量と塑性変形量との関係を調べ、さらに内部の空隙量との関係性（指標）を見出すことを目標とする。成形不良予測の可能性を検討する。

4. 実験内容

まず初めに、アルミニウム合金 A3005-H14 丸板（厚さ 1.35 mm）を用いて、深絞り加工を行った供試体を作製した。深絞り量を変化させた 3 種の供試体を作製した。供試体の結果の一例を Fig. 1 に示す。図中の黒丸印に示すような変形量が多い部分（深絞り底近くのアール部）や平らな部分のフランジ部のような変形量が少ない部分のように、一つの供試体の、変形量が異なる複数の部分から観察用の試験片を取り出した。機械加工により、観察用に幅、厚さが 0.6 mm の角柱試験片を

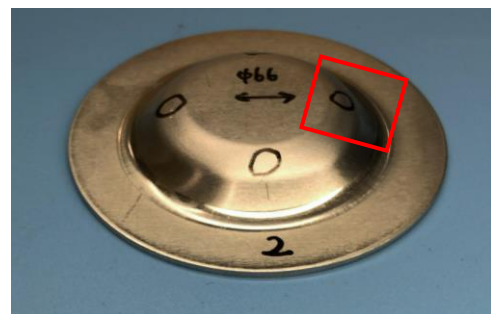


Fig.1 深絞り加工の供試体

作製し， Aichi SR BL8S2 で観察を行った．

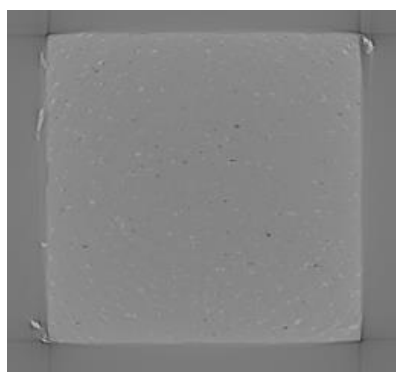


Fig.2 高分解能 X 線 CT での観察結果

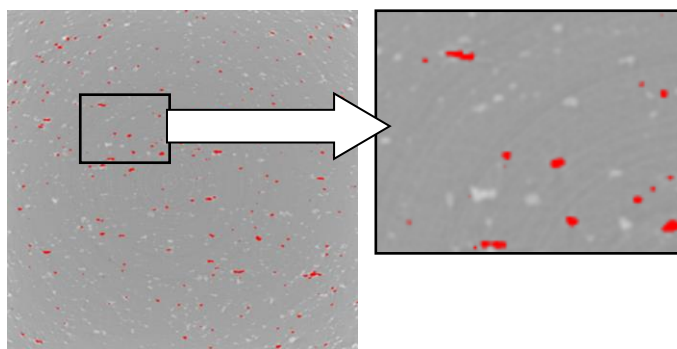


Fig.3 ImageJ の解析結果

5. 結果および考察

Fig. 1 の黒丸印のうち，赤枠の部分からの試験片を， Aichi SR BL8S2（高分解能 X 線 CT）で，観察した結果を，結果の一例として Fig. 2 に示す．試験片を切り出した位置は，初期厚さが 1.35 mm であった板が板厚 1.03 mm に塑性変形している場所である．黒色で示される空隙が観察でき（白色の部分は密度が高い部分であり，化合物と推定），ピクセルサイズから推定して，長さが 8-10 μm 程度の大きな空隙も数多く観察できる．この画像を画像処理ソフトウェア Image J で解析した．閾値を設定して領域を指定することで， Fig. 3 のように，赤色で示す空隙のみを選択することができる．赤色の空隙領域の総和を計算すると， 2332 μm^2 となり，その面積は，断面積にほぼ相当する測定領域に対して， 0.6% 程度に相当する面積であった．同じ試験片において，空隙が多い Fig. 3 の位置から， 300 μm 程度下方の位置（フランジ部に近い部分）における解析結果を Fig. 4 に示す． Fig. 3 に示した ImageJ の解析方法，解析条件と同じ処理を施した結果であるが，空隙（赤色）の総量は明確に低下していることがわかる． Image J により総和を計算すると， Fig. 3 に比べ，空隙領域の総和は 1/4 に低下しており， Fig. 3 近傍の変形量が多い部分では明確に空隙が増加していることがわかる．

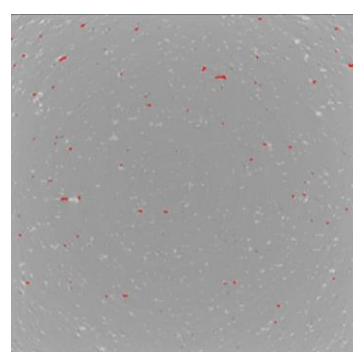


Fig.4 300 μm 程度離れた場所における ImageJ の解析結果

6. 今後の課題

深絞り加工を行った供試体を作製し，深絞り量を変化させた複数の供試体を作製したところ，内部の空隙の違いを明確に示すことができた．今後は，深絞り加工を行った供試体をさらに詳しく測定し，引張試験片の内部の空隙も詳しく調べ，塑性変形量との関係を明らかにすることにより，深絞り加工を行った供試体との関係を明らかにしていく．

効率的な深絞り加工の工程設計手法を確立するため，金属の成形加工の分野に，高分解能 X 線 CT 技術による材料の内部観察を導入することを目指していく．

7. 参考文献

1. 小林 正和，戸田 裕之，上杉 健太朗，竹内 晃久，鈴木 芳生，材料科学分野における最近の X 線トモグラフィの進歩，軽金属， 64 巻， 11 号（2014）， pp. 510-517.
2. 平山 恭介，戸田 裕之，清水 一行，上杉 健太朗，竹内 晃久，益永 涼平， Al-10Mg 合金における応

- 力腐食割れ挙動に及ぼす水素の影響, 軽金属, 69 巻, 4 号 (2019), pp. 223-227.
3. 鳴海 大翔, 河原崎 琢也, 加藤 勇一, 森下 浩平, 安田 秀幸, 時間分解 X 線トモグラフィを用いた TiB₂ 添加により等軸晶化した Al-Cu 合金の凝固過程の定量解析, 軽金属, 70 巻, 8 号 (2020), pp. 339-346.