

研究ノート

ステンレス鋼板及びアルミニウム合金板の 深絞りプレス成形 CAE 解析における材料モデルの影響

花井敦浩^{*1}、津本宏樹^{*2}、廣澤考司^{*2}、永縄勇人^{*2}、藤波駿一朗^{*2}

Effect of Material Model in CAE Analysis of Deep Drawing Press Forming of Stainless Steel and Aluminum Alloy Sheets

Atsuhiko HANAI^{*1}, Hiroki TSUMOTO^{*2}, Koji HIROSAWA^{*2},
Hayato NAGANAWA^{*2} and Shunichiro FUJINAMI^{*2}

Industrial Research Center^{*1*2}

ステンレス鋼板及びアルミニウム合金板において、プレス成形 CAE を用いた深絞りプレス加工の解析結果と実成形品の測定データとを比較し、成形寸法の予測精度に影響する要因を検討した。深絞りプレス成形においては、材質による板材料の異方性の違いにより圧延方向によって壁部高さが異なることが分かった。プレス成形 CAE 解析の結果、材料モデルの異方性の考慮の有無や降伏関数の選択により寸法予測精度に大きく影響することが分かった。

1. はじめに

付加価値の高いモノづくりのために、金属プレス成形は寸法精度の向上が求められている。難加工材と言われるステンレス鋼板やアルミニウム合金板においては、特にその要求が強い。高精度なプレス成形には、金型や加工条件など多くの要素を考慮する必要がある。近年ではコンピュータによるシミュレーションによりプロセスの可視化ができるプレス成形 CAE が普及し、CAE 解析により成形条件の最適化を行うことで、コスト削減などへの活用が進められている¹⁾。

本研究では、ステンレス鋼板及びアルミニウム合金板において、深絞りプレス加工の解析結果と実成形品の測定データを比較することで、成形寸法の予測精度に影響する要因について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 供試材

供試材は、板厚 1.14mm のステンレス鋼板(SUS304)とアルミニウム合金板(A5052)を用いた。

2.2 引張試験

CAE 解析の材料モデルに必要な実材料の物性値を得るため、引張試験を実施した。加工硬化指数(n 値)及び塑性ひずみ比(r 値)の算出^{2),3)}に必要な試験片の長さ方向と幅方向のひずみをデジタル画像相関法(DIC)により計測した。引張試験片は、JIS Z 2241 の 5 号試験片

とし、圧延方向を 0° 方向として 0° 、 45° 、 90° 方向に作製した。

2.3 深絞り成形

プレス機は、電動サーボプレス機((株)アマダ製 SDE-1522)を用いた。金型形状は、パンチ径 $\phi 33\text{mm}$ 、パンチ肩半径 $R5\text{mm}$ 、ダイ穴径 $\phi 36\text{mm}$ 、ダイ肩半径 $R5\text{mm}$ を用いた。ブランク材は $\phi 64\text{mm}$ で絞り比は 1.8 とし、汎用のプレス潤滑油を用いた。

2.4 プレス成形 CAE 解析

実際の深絞り成形に使用した金型及びブランク材の形状をもとに、**図 1** に示す解析モデルを作成し、CAE 解析を行った。解析ソフトは JSTMAP((株)JSOL 製)を用いた。主な解析条件を**表 1**に示す。引張試験で得られた数値を材料モデルのパラメータとして使用した。

CAE 解析の材料モデルには、降伏関数として Mises、Hill'48 及び Barlat'89 を使い、Barlat'89 については SUS304 では降伏応力式指数 $m=6$ 、A5052 では $m=8$ と

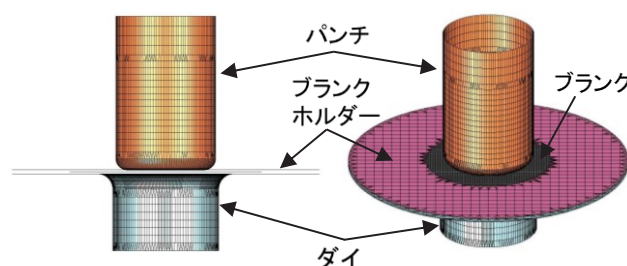


図 1 深絞りプレス成形の解析モデル

表 1 CAE 解析条件

	SUS304	A5052
0.2%耐力(MPa)	315	90
引張強さ(MPa)	694	197
伸び(%)	61	27
n 値	0.32	0.31
r 値 0°	0.81	0.72
r 値 45°	1.31	0.57
r 値 90°	0.86	0.58
摩擦係数	0.16	0.16
しわ押え最大荷重(N)	55000	5500

した。シェル要素での解析を実施し、材料モデルの降伏関数による違いについて比較した。Hill'48 及び Barlat'89 については異方性を考慮した材料モデルで解析を実施した。

3. 実験結果及び考察

図 2 に SUS304、図 3 に A5052 における実成形成品及び CAE 解析から得られた形状を示す。両材料とも実成形成品、Hill'48 及び Barlat'89 において上部の端部に凹凸が発生していることが分かった。

壁部高さを圧延方向から円周向きに 360° 方向で比較した結果を図 4 及び図 5 に示す。SUS304 において、実成形成品では圧延方向 45° から 90° 毎に壁部が高くなり、0° から 90° 毎で低くなった。また、A5052 において、実成形成品では圧延方向 0° から 90° 毎に壁部が高くなり、45° から 90° 毎で低くなった。この傾向は両材料とも異方性を考慮した Hill'48 及び Barlat'89 による CAE 解析でも確認されたが、異方性を考慮しない Mises では壁部の高さは均一となった。

これは、引張試験の結果から算出した r 値より、材料に面内異方性があることが確認できており、SUS304 においては 45° 方向の r 値が 0° と 90° 方向よりも大きく板厚増加が起きにくいので、材料が高さ方向に逃げて 45° 方向が凸形状になるためと考えられる。一方、A5052 においては 0° と 90° 方向の r 値が 45° 方向よりも大きく板厚増加が起きにくいので、材料が高さ方向に逃げて 0° と 90° 方向が凸形状になるためと考えられる。また、両材料とも異方性を考慮しない Mises では r 値の影響が反映されないため均一の高さになったと考えられる。

さらに、図 4 と図 5 とともに Hill'48 の方が Barlat'89 よりも極値において実成形成品との差が 4~5 倍程過剰に評価されており、Barlat'89 の方が Hill'48 と比較して実成形成品に近い形状が得られた。これらの結果から使用する降伏関数が CAE 解析結果に大きく影響すると思われる。

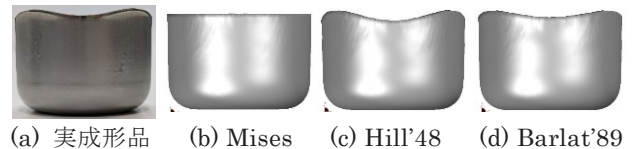


図 2 実成形成品及び解析形状(SUS304)

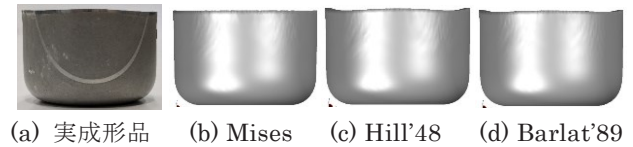


図 3 実成形成品及び解析形状(A5052)

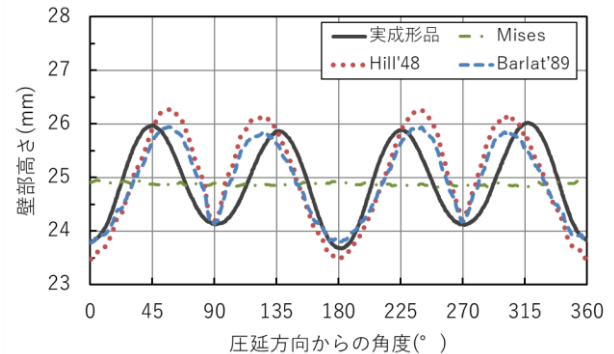


図 4 底から端部までの壁部高さ比較(SUS304)

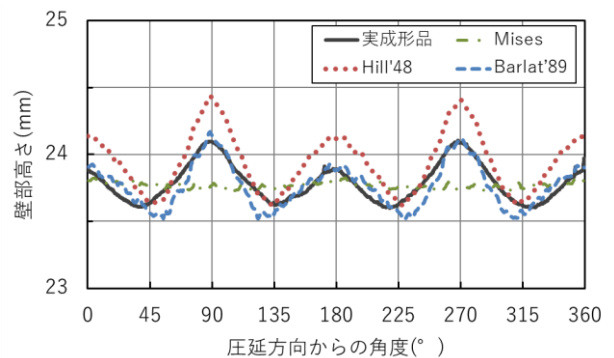


図 5 底から端部までの壁部高さ比較(A5052)

4. 結び

本研究の結果は、以下のとおりである。

- (1) 深絞りプレス成形において SUS304 と A5052 では、材質の違いにより圧延方向に対する異方性が異なり、壁部の高くなる位置や高さが大きく異なった。
- (2) プレス成形 CAE 解析の結果、解析に用いる材料モデルにおいて異方性の考慮の有無が寸法予測精度に大きく影響した。
- (3) 本研究の条件において、CAE 解析における材料モデルの降伏関数は、Barlat'89 モデルの方が Hill'48 モデルと比較して実成形成品に近い形状が得られた。

文献

- 1) 日本金属プレス工業協会, 吹春寛: プレス成形シミュレーション, 1(2003), 日刊工業新聞社
- 2) JIS Z 2253, 薄板金属材料の加工硬化指数試験方法
- 3) JIS Z 2254, 薄板金属材料の塑性ひずみ比試験方法