

CAE技術を用いた深絞り加工の高度化研究

上田 聖* 行武 栄太郎**

1. はじめに

日本鏡板工業株式会社では、これまで従来からの加工技術を継承し、製造を進めてきたが、より高い品質を達成するためにデジタル技術の導入に取り組んでいる。そこで、大径鏡板製品のワンプレス深絞り加工を対象にして、デジタル技術であるCAE技術を導入し、課題解決に向けた金型設計方針の確立を目指す。

2. 目的

本研究では、現行の金型について種々の条件で塑性加工シミュレーションを行うことにより、金型の形状、寸法の変更が成形加工後の製品形状に及ぼす影響を把握することを目的としている。

当センターでは、深皿形状の深絞り製品に対して、非線形動的構造計算ソフトLS-DYNA（ANSYS社製）を用いて解析を実施し、解析結果と実加工品の比較評価を行ったので、以下に報告する。

3. 研究内容

3.1 材料強度試験による物性データの取得

図1に材料強度試験状況を示す。塑性加工シミュレーションを行うためには、応力-ひずみ線図を得る必要がある。そのため、実際に使用する材料である圧延材SUS304の引張強度試験により物性データを取得した。また、 r 値計測により材料の異方性の有無も併せて調査するため、圧延方向とその直交方向の引張試験も実施した。



図1 材料強度試験

3.2 塑性加工シミュレーション解析

本解析は、金型形状の各寸法が成形品の形状にどのような影響があるかを調査することを目的とする。そのため、金型形状の寸法変更効果が見込まれる箇所を複数選定し、その中から5箇所を解析変数として選定した。その寸法を現行の値から変更した場合に、成形品

の形状や応力、板厚などの状態を詳細に分析することで、金型形状の変更効果を評価・検討した。

ここで、解析条件を実現時間のおりに実施すると、計算時間が膨大となってしまうことから、加工速度の変更により、計算時間を大幅に短縮した。また、局所的な変形にも追従できるように、アダプティブメッシュ法を用いた条件設定とした。なお、上述の計算時間の短縮による解析が計算結果に影響がないことを事前に計算結果を比較し確認した。

3.3 実機での検証

3.2で実施した解析のうち、最も良好な成形結果が得られた金型形状について、実成形加工において効果を反映した結果が得られるか実機を用いて検証した。改良金型を使って通常の生産に用いるプレス機により成形加工し、製作した成形品を評価した。加工速度や潤滑は通常の生産時と同じ条件とし、材料圧延方向は装置に対して一定となるように設置した。

図2に改良金型による加工後の成形品の写真を示す。外観観察において、シワ・コブ等の不良は確認されず、良好な成形品が得られた。



図2 改良金型による実機での成形品

4. 研究結果と考察

4.1 物性データ

材料特性はJIS規格値（G 4304：引張強さ520MPa、伸び40%）を超える値（引張強さ：約640MPa、伸び：約66%）を示し、良好である。また、 r 値計測では、ほぼ異方性がないことが確認された。そのため、以下の塑性加工シミュレーションでは、異方性のない材料としてシミュレーション解析を実施した。

4.2 塑性加工シミュレーション解析

図3に、現行金型と実機で検証した改良金型の加工シミュレーション結果の板厚を示す。現行金型では板厚が大きく減少している部分や応力が多大にかかっていた部分を、改良金型では緩和させることができた。こ

これは、ビード部（材料の流入を拘束するための金型形状）の材料流入角度を変更し、ビード部の拘束力に影響を与えることで、加工中の材料の応力等を緩和することができたためと考えられる。一方で、板厚減少や応力の緩和効果を重視しすぎると、絞り加工が十分にできず、成形不良となることも判明した。

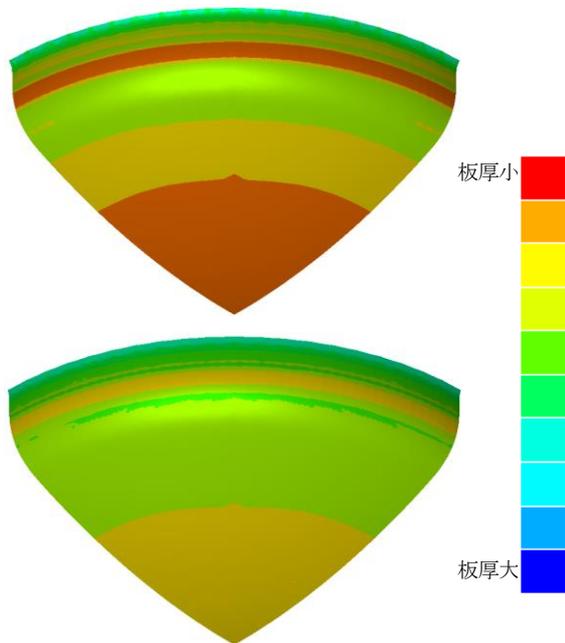


図3 板厚の表示（上：現行金型、下：改良金型）

4.3 実機での検証とシミュレーション結果の比較

実機での成形品を観察したところ、現行金型での成形品では明瞭に確認できるビード痕が、改良金型での成形品では目立たなくなることを確認した。ビード痕などはシミュレーションでは解析が困難ではあるが、応力や板厚減少を低減したことで得られた副次的な効果と考えられる。

図4に成形加工前後の板厚の測定結果を示す。シミュレーション結果では等方性モデルであるため1方向のみの測定であるが、実機では直交する2方向の測定を行った。板厚の測定においては、実機とシミュレーションの結果では大きな差が確認された。シミュレーションの条件では材料の板厚を4.0mmで一定としていたが、実際の材料は測定位置でばらつきがあることや平均約4.2mmであったことなどが影響したものと考えられる。

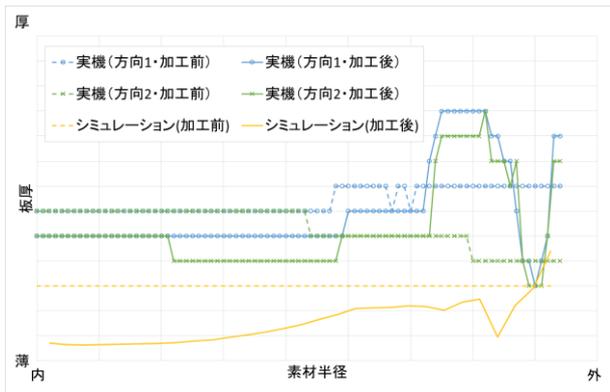


図4 板厚測定結果

図5に成形加工後の製品の長さ（高さ）と内径の測定結果を示す。板厚の測定時と同様、シミュレーション結果は1方向、実機では直交する2方向の測定を行った。その結果、測定方向による若干の異方性が確認された。これは上述の板厚のばらつきがあることによると考えられる。なお、シミュレーション結果では等方性モデルであるため1方向のみの測定であるが、実機の2方向の測定結果の概ね中間にあるため、等方性モデルのシミュレーションとしては妥当な結果と言える。今後、より現実に即したシミュレーションを行うためには、材料の板厚のばらつきを考慮するなどのチューニングをする必要がある。

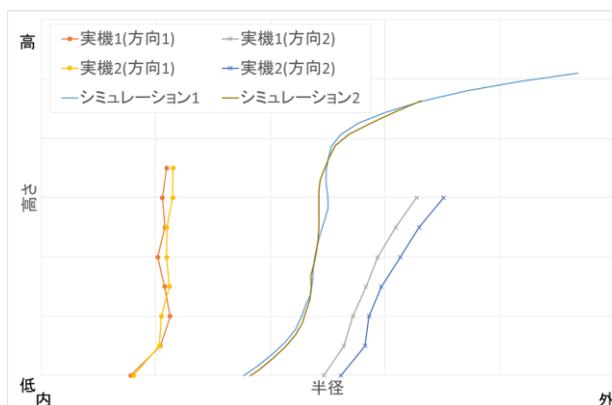


図5 内径測定結果

5. まとめ

- 材料の引張強さと伸びは、JIS規格を超えた良好な材料であった。
- 金型形状を種々に変更した塑性加工シミュレーションを実施し、現行金型よりも良好な成形が期待できる改良金型形状を見つけることができた。
- シミュレーションを実施し、最も良好な結果を得られた改良金型を製作し、実機で検証したところ、ビード痕が改善でき、成形品形状も良好であった。
- シミュレーションと実機での成形品の寸法を比較したところ、一部寸法に大きな差異が見られた。

6. 今後の課題

本研究では、金型形状が成形に及ぼす影響を中心に種々のシミュレーションを行ったが、加工速度や圧力などが成形に与える影響も調べる必要がある。また、シミュレーションと実機の結果で一部差異が見られたことから、シミュレーションの精度を上げるために、材料の板厚のばらつきや摩擦係数など細かなチューニングを行う必要もある。

7. 参考文献等

- 1) コロナ社 加工プロセスシミュレーションシリーズ1 静的解法FEM—板成形