

CAE技術を用いた深絞り加工の高度化

上田 聖* 勝山 秀信* 行武 栄太郎**

1. はじめに

日本鏡板工業株式会社では、従来の加工技術を継承し、製造を進めているが、より高い品質を達成するためにデジタル技術の導入も取り組んでいる。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、ブランク径の小径化を実現する金型設計を目指した。

2. 目的

本研究では、鏡板A製品（直径1,500mm、深さ290mm以上）の板厚4種と、B製品（直径1,400mm、深さ270mm以上）の板厚5種の深絞り加工に対して、従来よりも小径のブランクでのCAE解析を実施し、実機の結果と比較検討することで、金型設計の方向性の確立を目指した。

当センターでは以下を実施したので、報告する。

- CAE解析に用いる材料データ取得のための材料強度試験
- 非線形動的構造計算ソフトLS-DYNA（ANSYS社製）を用いた、対象製品の深絞り加工及びスプリングバックのCAE解析
- 実機とCAE解析の結果比較

3. 研究内容

3.1 材料強度試験

図1に材料強度試験の様子を示す。CAE解析に用いる材料データ取得のため、材料である熱間圧延ステンレス鋼SUS304の板厚4種の圧延方向と圧延方向に直交する板幅方向の引張試験及び r 値測定を実施した。



図1 試験の様子

3.2 A製品の4種製品の深絞り加工CAE解析

A製品の4種製品の深絞り加工のCAE解析を実施した。金型形状を変数としてCAE解析を実施し、小径化したブランクで正常に加工できるか確認するため、加工後成形品の形状や応力分布を評価し、最適な金型設計を検討した。ブランクは板厚不均一モデルとした。

3.3 B製品の5種製品の深絞り加工CAE解析

A製品の4種製品の深絞り加工CAE解析の結果を受け、最適化された金型形状を参考に、B製品の5種製品の深絞り加工CAE解析を実施した。3.2と同様に、小径化した板厚不均一のブランクで正常に加工できるか確認するため、加工後成形品の形状や応力分布を評価し、最適な金型設計を検討した。

3.4 実機検証

A製品の4種製品に対するCAE解析の結果を受けて選定した金型を製作し、実際に生産に用いるプレス機で、CAE解析結果と同様に加工できるか、外観や内径測定などにより検証した。ブランク径および金型以外の、潤滑材や加工速度などの条件は通常の生産時と同じ条件とした。

4. 研究結果と考察

4.1 材料強度試験

図2に、ある板厚の試験結果とCAE解析に用いるためのデータ変換例を示す。材料特性はいずれの板厚でもJIS規格値（G 4304：引張強さ520MPa、伸び40%）を超える値を示し（引張強さ：平均約660MPa、伸び：平均約66%）、良好であった。また、引張試験及び r 値測定の結果から、材料は板厚によらず異方性は確認されなかった。この結果から、CAE解析は異方性のない材料として実施した。

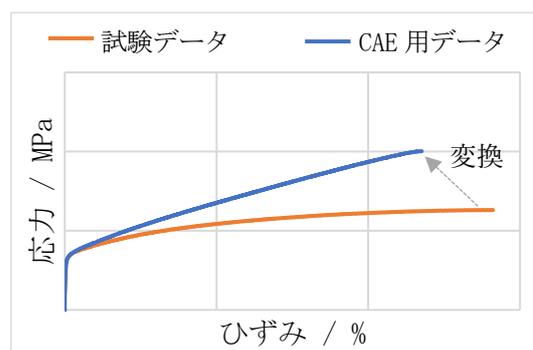


図2 試験データ変換例

4.2 A製品の4種製品の深絞り加工CAE解析

図3に、A製品の種々のCAE解析結果のうち、良好な成形と成形不良の結果の一例を相当応力のコンター図で示す。図3下図のように、金型形状によっては応力分布が均一にならず、コブが発生する条件が確認された。金型のビード角度に着目し、この角度を変更すれば、図3上図のように小径化したブランクでもシワ・コブなく、健全に成形できる見通しがあった。さらに、板厚が大きい場合は、ビード無し金型でも健全に成形できる見通しがあった。

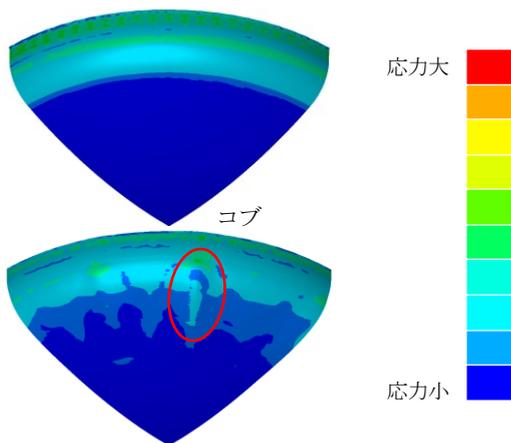


図3 A製品の成形品の相当応力の表示
(上：良好な成形、下：成形不良)

4.3 B製品の5種製品の深絞り加工CAE解析

図4に、B製品の金型のビードの有りと無しのCAE解析結果を、相当応力のコンター図で示す。A製品の4種製品のCAE解析の結果を受け、B製品の5種製品のために選定した金型でCAE解析を実施した。その結果、いずれの板厚でも小径化したブランクでシワ・コブなく健全に成形できる見通しがついた。また、A製品と同様に、板厚が大きい場合は、ビード無しの金型でも健全に成形できる見通しがついた。

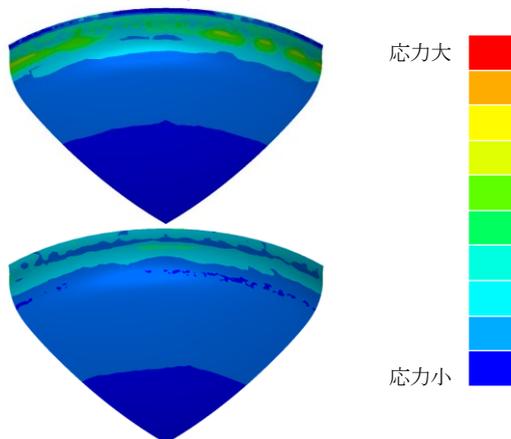


図4 B製品の成形品の相当応力の表示
(上：ビード有り、下：ビード無し)

4.4 実機検証

図5に、実機成形品の外観写真を示す。実機成形品の外観検査、外周長はいずれの板厚でも製品として問題なかった。一方、内径は板厚の小さい2種製品では矯正が必要な寸法であった。



図5 A製品の実機成形品と外観

図6に、A製品の実機成形品とCAE解析結果の内径測定の結果を示す。実機成形品の板厚が小さい場合、圧延方向と板幅方向の内径差が大きくなる。板厚が大きい場合、その内径差は小さくなった。この傾向はCAE解析の傾向と一致した。

その理由として、ブランクの板厚が圧延方向よりも板幅方向端部の方が小さく、また、公称板厚が大きいほどその板厚の差が小さくなるので、公称板厚が大きいほど、圧延方向と板幅方向との金型による拘束力や材料の変形量の差異が小さくなると思われる。

次に、実機成形品とCAE解析結果を比較する。

板厚が小さい場合、圧延方向の数値が若干異なる程度だが、板厚が大きい場合は圧延方向、板幅方向ともに大きく数値が異なった。これは板厚が小さい場合に合わせてCAE解析の境界条件を調整したためだと考えられる。板厚が大きくなる場合には、CAE解析の調整が必要である。

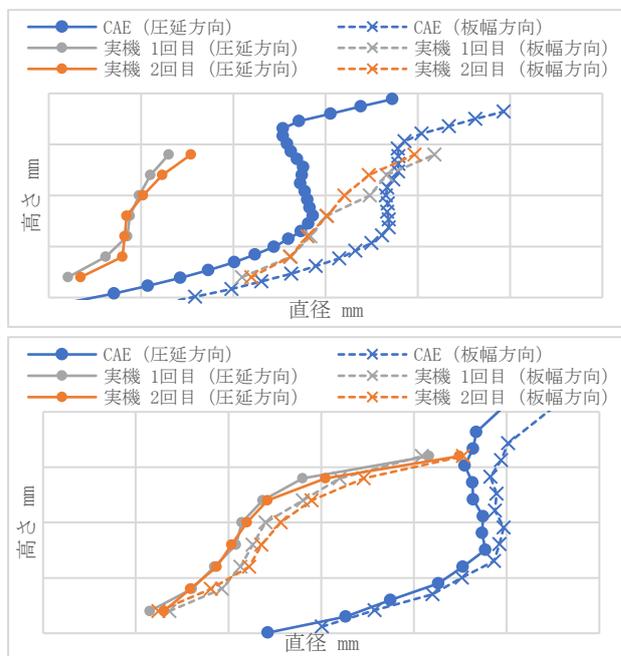


図6 A製品の実機成形品とCAE解析結果の内径
(上：板厚小、下：板厚大)

5. まとめと今後の課題

製品径、板厚が異なる9種製品に対して、CAE技術を活用したことで、小径化したブランクでも健全な製品が成形できる見通しがついた。

6. 参考文献等

- 1) 上田 聖他、CAE技術を用いた深絞り加工の高度化研究、茨城県産業技術イノベーションセンター研究報告、51、33-34、2023