

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、社内に蓄積された加工技術を用い、製品製造をしているが、より高い品質を達成するため、デジタル技術の導入に取り組んでいる。今回、大径鏡板製品のワンプレス深絞り加工を対象に、CAE技術を導入し、金型設計の技術修得やデータ蓄積を図り、将来的には金型形状の標準化を目指している。

2. 目的

本研究では、大径鏡板製品A(直径1,400mm、深さ270mm以上)、B(直径1,500mm、深さ290mm以上)の深絞り加工に対して、CAE解析結果とプレス機の結果を比較検討し、現象の把握を行い、金型設計のデータ蓄積化と、その活用を図る。

当センターでは、非線形動的構造計算ソフトLS-DYNAを用い、対象製品2種に対して深絞り加工及びスプリングバック(以下、SB)のCAE解析を実施した。

3. 研究内容

3.1 製品Aの深絞り加工CAE解析

製品Aはワンプレス深絞り加工のため、金型の形状・表面性状、プレス条件などの各種成形条件が影響し成形品の形状が決まる。そのため、各種成形条件と成形品形状の関係性を把握することが重要である。

本製品に対して、金型形状、プレス条件、ブランク径を変数としたCAE解析を実施し、成形条件と成形品形状の関係性を評価・検討した。

3.2 製品Bの深絞り加工CAE解析

製品Aで得た知見とCAEデータを他製品に活用し、さらなる金型設計のデータ蓄積を図った。

同形状・同材質で製品径が異なる製品SD1500-4を選定し、製品Aと同様、金型形状、ブランク径を変数としたCAE解析を実施し、成形条件と成形品形状の関係性を評価・検討した。

3.3 プレス機での検証

上記の2製品に対するCAE解析結果が、プレス機での成形と同等になるか検証実験を行った。2製品のCAE解析の検討のうち、最も良好な結果の条件を選定し、実生産用のプレス機で加工した。プレス機成形品の肉厚や内径差を測定し、CAE解析結果と比較・検討した。

4. 研究結果と考察

4.1 製品Aの深絞り加工CAE解析

実物の成形品は真円とはならず、やや楕円形状である。ブランクを測定した結果、板厚が不均一であることが判明した。そのため、CAE解析においてもブランクの板厚を不均一とすることで、実物の成形品のようなやや楕円形状の成形を実現することができた。

金型形状、プレス条件、ブランク径の種々の条件でCAE解析を実施した。多くの解析結果では成形不良は確認されなかったが、一部コブ状のものが見られた。

図1に、良好な成形と成形不良の結果の相当応力を示す。コブ状のものが見られる周囲では、応力状態が不均一な状態になっている。その原因は、「ビード部(材料の流入を拘束するための金型形状)の材料流入角度の変更により、ビード部の拘束力に影響を与える」こと及び「ブランク板厚の不均一により、金型の拘束力が不均一になる」ことにより、材料の流入状況が不均一になるためと、考えられる¹⁾。

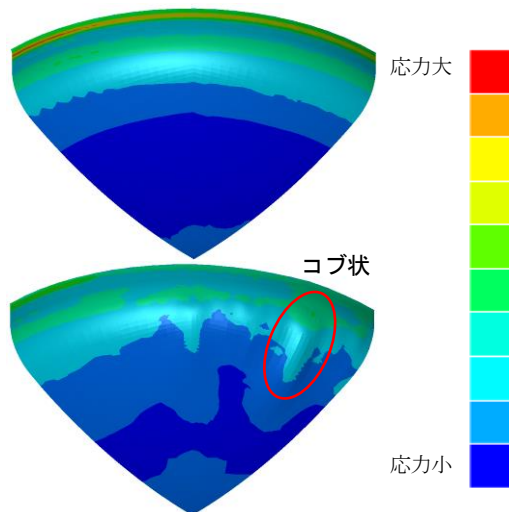


図1 相当応力の表示(上:良好な成形、下:成形不良)

図2、図3にビード部の材料流入角度と各解析結果のグラフを示す。SB前最大相当応力、SB後最大相当応力、内径差、伸び差はビード部の材料流入角度と正の相関関係がある。一方、SB後最小板厚はビード部の材料流入角度と負の相関関係があることが確認された。

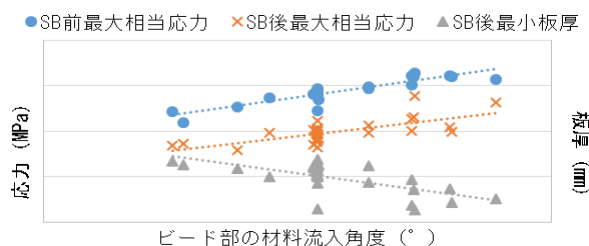


図2 ビード部の材料流入角度とSB前最大相当応力、SB後最大相当応力、板厚(製品A)

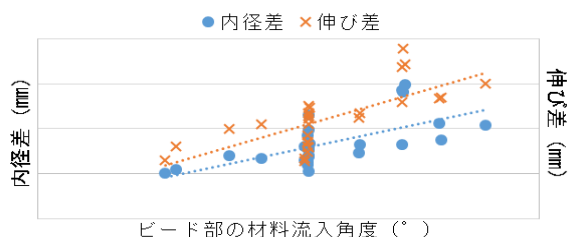


図3 ビード部の材料流入角度と内径差、伸び差(製品A)

4.2 製品Bの深絞り加工CAE解析

4.1と同様に、金型形状、ブランク径の種々の条件でCAE解析を行った。全ての解析結果で、成形不良は確認されなかった。これにより、実生産では不可能であったより小さいブランク径でも成形可能なことが判明した。

図4、図5に、ビード部の材料流入角度と各解析結果のグラフを示す。SB前最大相当応力、SB後最大相当応力、内径差は、製品Aと同様に、ビード進入角度と正の相関関係にある。

しかし、SB後最小板厚は正の相関関係であり、伸び差にあってはビード進入角度とほぼ相関関係がなく、製品Aの結果と異なる結果を示した。その原因として、ブランク径を変更した解析条件のデータが大半を占めたため、データの傾向が変化したと考えられる。

図6に、ブランク径の違いによる同一加工時間におけるブランク断面の状態を示す。ブランク径が大きい場合に比べ、小さい場合は、ビード部によるブランクの拘束時間が短くなり、加工状況に大きく影響を与える。そのため、製品Aと製品BのCAE解析条件を比較すると、製品BのCAE解析条件はブランク径変更の条件が多いため、製品Aと製品Bのビード進入角度とSB後最小板厚、内径差、伸び差の相関関係の違いが出たものと考えられる。

4.3 プレス機での検証

図7に、プレス機成形品とCAE解析結果の内径測定と板厚測定の結果を示す。上図の内径測定結果を比較すると、板幅方向は近い結果を得られたが、圧延方向では大きく異なる。下図の板厚測定結果を比較すると、近い結果が得られた。

5. まとめ

深絞り加工製品のCAE解析結果と実物成形品との成形条件と、成形品形状の関係性を評価・検討した結果を、以下に示す。

- ・CAE解析において、ブランクの板厚を不均一な形状にしたことで、実物の成形品に近い不均一な加工を再現することができた。
- ・種々のプレス条件をCAE解析上で検討した結果、同一金型で使用しても成形品形状を変えられることが分かった。
- ・製品Aと同形状同材質だが、寸法が異なる製品BのCAE解析を実施した結果、ビード部の材料流入角度が成形品形状と相関関係があるのが分かった。また、ブランク径を変更すると、それらの相関関係が変化した。

6. 今後の課題

実物の成形品に対し、CAE解析結果がまだ合致しない点があるため、プレス機をよく確認し、さらにCAE解析条件を検討する必要がある。

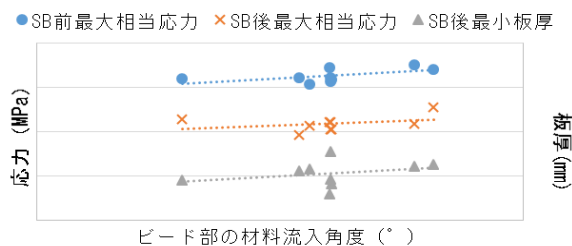


図4 ビード部の材料流入角度とSB前最大相当応力、SB後最大相当応力、板厚（製品B）

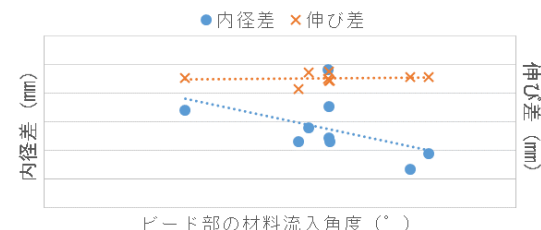


図5 ビード部の材料流入角度と内径差、伸び差（製品B）

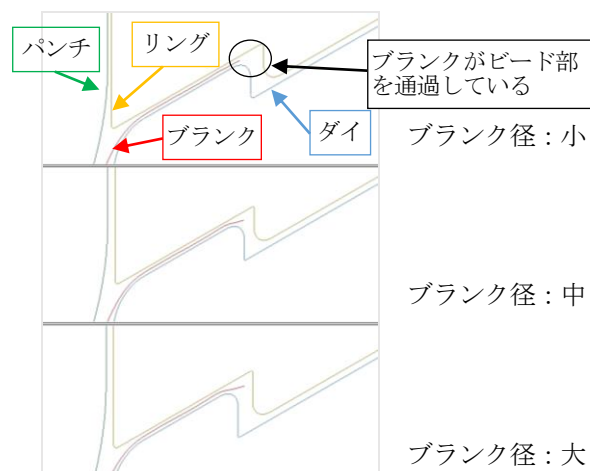


図6 ブランク径の違いによる同一加工時間のブランク断面

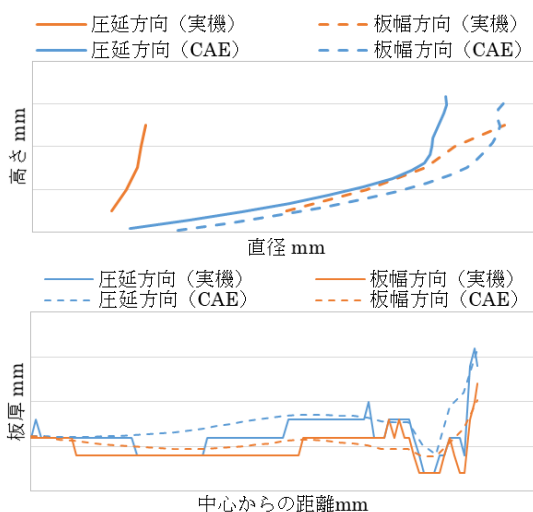


図7 プレス機成形品とCAE解析結果の比較 (上：内径、下：板厚)

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