

事前予測で大幅な金型製作リードタイムの短縮と製造プロセスの技術革新を実現する「Stampack」

アプライドデザイン㈱ 三宅昌昭*、大成金型㈱ 大國 哲**

大成金型㈱は、昭和 52 年に愛知県岡崎市で“明るく、元気に、前向きに！”をモットーに「金型製作、機械加工・組付」を目的に設立され、トヨタ系企業を主要顧客とし、自動車部品用プレス部品の金型を設計から製作まで一貫して行っている。2006 年に大型加工機を導入、2008 年にはエコステージの認証を取得した。

CAE を導入した背景

「開発期間の短縮」「品質向上」と「コスト削減」を目的に、中小企業利用の先駆けとして 2003 年、FEM に経験のないエンジニアでも使用できる操作性と中小企業向けのコストパフォーマンスの良さから Stampack を導入した。1 年後の 2004 年には、第 5 回 ADA ユーザコンファレンスで“業務が非常に効率化され、金型開発期間の短縮化に貢献した”との使用実績とその効果を事例発表した¹⁾。

Stampack は定期的にバージョンアップが行われ、機能拡張が継続されている点が安心できる。2009 年 10 月にリリースされた最新版 V 6.2.4 では、大幅な機能拡張が行われ、特に下記の点で改良がなされた。

- ①日本語 UI 化と容易な操作性
- ②高速化
- ③高精度化と CAD 連携強化

* (みやけ まさあき)：代表取締役
〒113-0033 東京都文京区本郷 3-40-11 柏原ビル 8 階
TEL: 03-3815-6335 FAX: 03-3815-6336
** (おおくに さとし)：設計担当
〒441-2135 愛知県岡崎市大門 4-20-4
TEL: 0564-21-8089 FAX: 0564-21-4436

④解析の高機能化

プレス金型産業での加工高度化に向け、メカニカル・フォーミング、マルチブランク加工、ヘミング加工、テーラードブランク加工、ストレッチ成形 (シート/型材)、ロール成形、パイプ曲げ加工 (中子処理)、スピニング成形 (へら絞り)、ダイレス成形、ハイドロ成形 (シート/チューブ材)、パーソン液圧成形、圧肉材のしごき/つぶし加工、ワンステップ解析、サーボプレス機用パンチモーション模擬機能などの高機能解析がある。

活用事例と解析の検討事項

2 種の自動車用インナープレス部品への適用を通し、最新の運用と活用事例を紹介する。

完全日本語化されたプレス成形専用のプリポストは、3次元 CAD 機能を標準装備し、形状データの編集や CAD 読み込み時の優れたヒーリング機能を有している。CAD 形状データには、曲率と品質を考慮した高品質の自動メッシュを生成、成形加工専用ツールとして定義され、多段工程の設定をアイコンメニューベースの簡単な操作で行えるため使いやすい。また、解析結果は割れ・しわの発生、材料流れ込みの状況把握や成形機械能力評価やダイ変形解析のために、ツール反力履歴グラフ出力などが簡単に行える。

2008 年にパラレル CPU のハードウェアを導入し、複数の解析ジョブをパラレルで解析実行できるようになり、解析業務処理量の増加にもより迅速に対応できるようになった。

事例 1 面精度不良の検討

本例の検討のポイントとして、材料を引っ張ら

なければ製品の上面部分に重なりやしわが発生することになり、反対に引っ張り過ぎると形状凹み部の引張りが強くなり、板厚減少がきつく破断しやすくなる。両方の課題をクリアできるように、上手にバランスをとりながら絞り形状を検討する必要がある。本例では、DRAW工程での成形性（割れ・しわ・重なり）に着目して解析検討した。

①加工条件

素材：SCGA 440-45、 $t=1.4$ mm
(スケッチ材)

実プレス工程は、DRAW→TRIM
→FLANGE→PIERCE 解析工程：
DRAW

②初期設定の解析結果

しわと重なりは下死点上3mmの状態図と“安全領域”評価より、製品上面部にしわ発生が予測された。また、板引けは“相対板厚”評価と“安全領域”評価より、目標値の板引け20%以内に対しNG部が予測された(図1)。

③見直し形状による解析結果

絞り形状と素材サイズ・設定位置を変え、試行錯誤しながら検討した。しわと重なりは、下死点上3mmの状態図と“安全領域”評価より、製品上面部に発生が残るがドロビードで対策し、最終的にクリアした。板引けは“相対板厚”と“安全領域”評価より、目標値をクリアした(図2)。

④プレスパネル品との比較

上記のシミュレーションにより得られた条件に基づき、金型を製作した。しわの発生位置や寄り具合などが正確に予測されている(図3)。また、成形途中での材料の重なり具合も正確に再現されている(図4)。

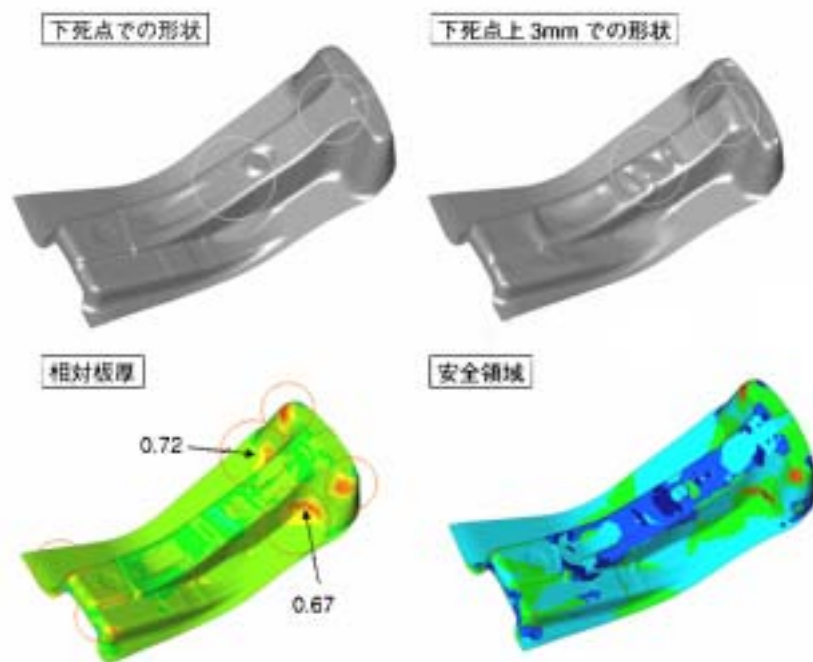
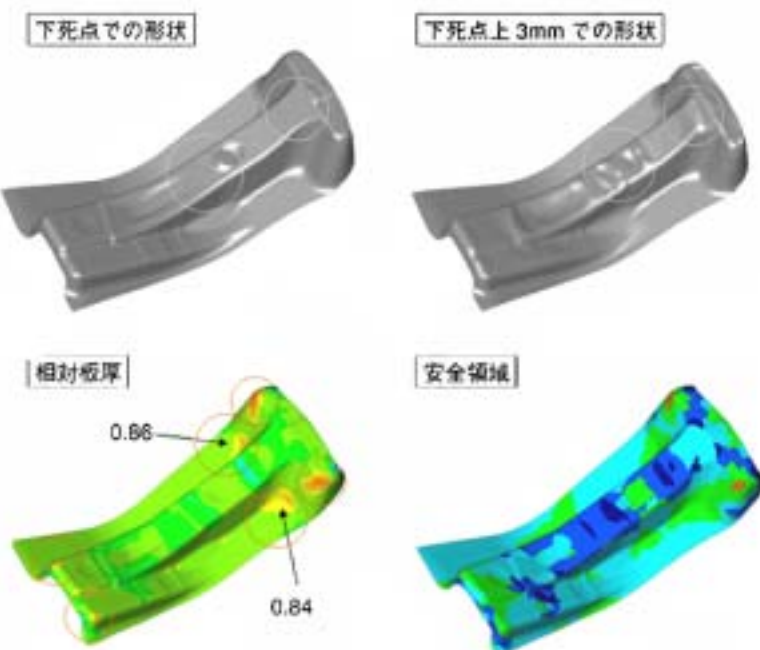


図1 初期設定による解析結果



(※数字が書いていない4カ所はスクラップになる部位)

図2 見直し形状による解析結果



図3 プレスパネル品との比較

成形途中での形状



図4 プレスパネル品との比較（成形途中）



図5 最終成形品

⑤最終成形品を示す（図5）。

事例2 寸法精度不良の検討

ハイテン材パネルの寸法精度不良（そり、曲げ角度不良）を解析で検討評価し、スプリングバック見込み量を予測し、最終的な金型を製作した。

①素材：SCGA440-45、 $t=0.9$ mm（ブランク材）

②工程

プレス工程設定：DRAW→TRIM→FLANGE
→PIERCE

解析工程：DRAW→TRIM→FLANGE

→SPRING BACK

③解析結果

平坦な製品形状であるため、Z方向の変位量を

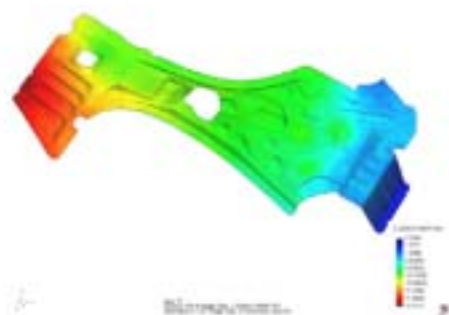


図6 解析結果（スプリングバック）

指標とした。またスプリングバック計算により、+方向に変形する部位と-方向に変形する部位とがあり、パネルのひねり変形が予測された（図6）。この結果をもとに見込み量・形状を決定し、折り込み形状にて金型を製作した。

④検証

プレス成形品を、非接触3次元測定機を用いて測定し、3次元データ化した。この測定データ、金型形状（ならい加工に使用した見込みを織り込んだCADデータ）、見込み織り込み形状にて再計算したスプリングバック計算結果をそれぞれ比較し、見込み検討した内容について検証した。

図7に実パネルの変形状態（固定側：金型形状、比較側：測定データ）、図8に計算結果の変形状態（固定側：金型形状、比較側：計算結果）、図9に計算結果と実パネルの差（固定側：測定データ、比較側：計算結果）を示す。実際のパネルと計算結果とで変形の状況は非常に近似しており、計算結果から変形（ひねり）の状況は予想再現できた。直接比較すると、実パネルと計算結果とで数値的に差が見られ、計算結果の方が実際の変形と比べて、変形予想量が少なめとなった。

⑤最終成形品

これらを検証と評価をもとに最終的な金型を作成し、完成した製品である（図10）。

CAEの課題と今後の展望

自動車衝突時剛性の強化と軽量化のニーズを満足するために、ハイテン材の使用割合がますます大きくなっている

プレス技術

図7 実パネルの変形状態（固定側：金型形状、比較側：測定データ）

図8 計算結果の変形状態（固定側：金型形状、比較側：計算結果）

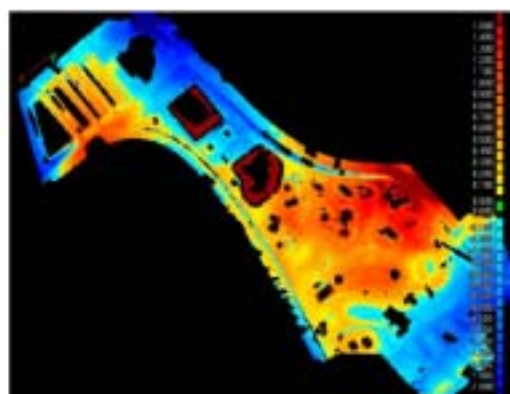


図9 計算結果と実パネルの差
(固定側：測定データ、比較側：計算結果)



図10 最終成形品

中で、板ひけ・しわ・重なりといった面精度の不良対策とともに、スプリングバックに起因する曲げ角度不良やひねり・そりなど寸法精度不良の対策も重要となってきている。金型製作の効率を上げるためには、面精度不良対策もシミュレーション上できっちり予測しておくことが重要課題となる。現状は、実パネルと差異が見られることから、計算条件の設定（メッシュサイズ、材料や硬化則の選択を含めた各種パラメータなど）の吟味を必要としている。

最新版 Stampack の対策としては、スプリングバック解析精度向上のために、移動硬化則の材料モデルが2002年より採用され改良され、これによりパウシंगाー効果も考慮され、精度向上に非常に有効であることが発表された²⁾。新版ではスプリングフォワード解析機能が追加され、スプリングバックの形状見込予測もできるようになった。見込形状作成支援大変形CADツールを併用し、見込形状予測解析結果に基づき金型形状を容易に大変形させることができる（図11）。このプロセスにより、バック見込の金型CADデータ作成作業が解析結果の見込形状予測に基づいて一貫して

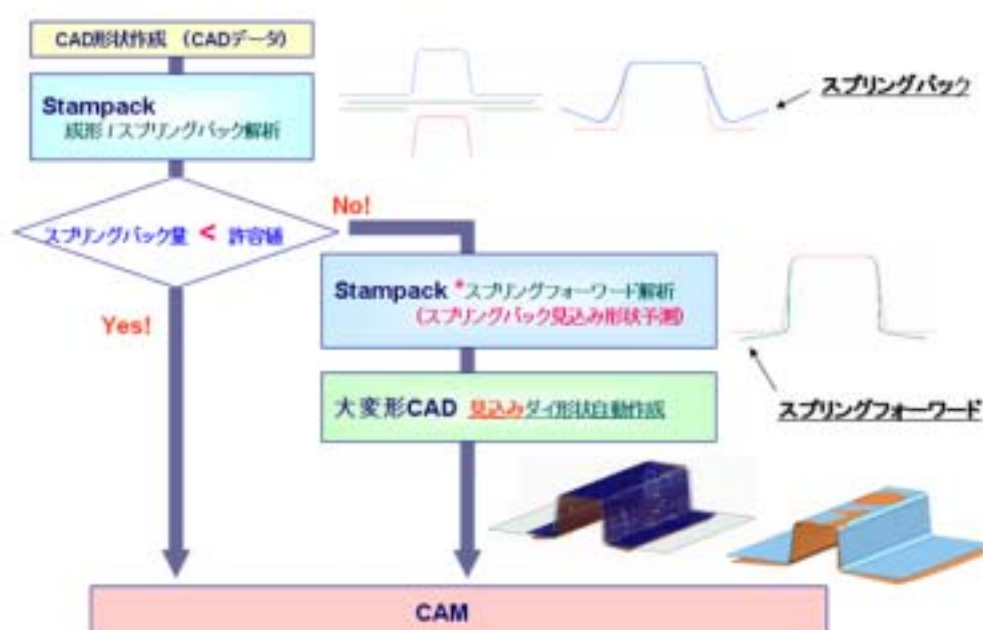


図11 スプリングバック見込み型形状作成フロー

行えるようになり、開発リードタイムの削減につながるものと期待している。また、ハードウェアおよびソフトウェアを含めたソルバーの高速化、新たな評価基準を含む高精度化、複合フォーミング（ホットフォーミング、溶接加工、超塑性加工との組合せなど）、操作性の向上の開発が計画されている。各種パラメータを吟味しながら、今後より一層精度の高いシミュレーションを行って行きたい。

参考文献

- 1) 第5回 ADA ユーザコンファレンス 2004 講演資料、2004年
- 2) G. Duffett, R. Weyler, Material Hardening Model Sensitivity in Springback Prediction, Numisheet 2002, Korea