



ORIST

鍛造シミュレーション、プレス成形シミュレーション

キーワード：鍛造、プレス加工、塑性加工、CAE

はじめに

鍛造、プレス加工に代表される塑性加工は、金型を利用した生産性の高い加工法です。自動車、家電製品をはじめとした種々の製品の量産に幅広く利用されています。

しかし、金型を利用した加工法であるがゆえに、試作にコストを要すること、加工時に不具合が生じた場合に要因がわかりにくいことなどが問題となっています。

コンピュータを用いた鍛造およびプレス成形シミュレーションは、成形現象の予測ができるもので、試作コストの削減や、不具合解決に寄与します。

当研究所では、鍛造系のソフトウェアとして、Simufact Forming [エムエスシーソフトウェア(株)]、板材プレス成形系のソフトウェアとして、JSTAMP(株 JSOL)を所有しており、技術支援に活用しています。本稿では、これらソフトウェアの概要と解析例、ならびに、シミュレーションを設定する際の注意点を説明します。

鍛造シミュレーション (Simufact Forming)

Simufact Forming は、鍛造など各種塑性加工を三次元でシミュレーションするための有限要素法プログラムです。冷間鍛造、熱間鍛造、板鍛造、リングローリング、転造などさまざまな加工をシミュレーションできます。

計算を行うと、変形後の材料について、形状や内部のメタルフロー、塑性ひずみ、および、応力などが三次元の分布図として得られます。また、金型が受ける応力について予測することができます。

鍛造シミュレーションの解析例

ボルトヘッド加工時の捲れ込みを予測した例を図1に示します。鍛造シミュレーションでは、同図(a)のようにメタルフローおよび塑性ひずみを予測できます。詳細は割愛しますが、同図(b)に示した成形品の捲れ込みは、シミュレーションを活用することで、予備成形時のストローク設定が要因であることがわかりました。

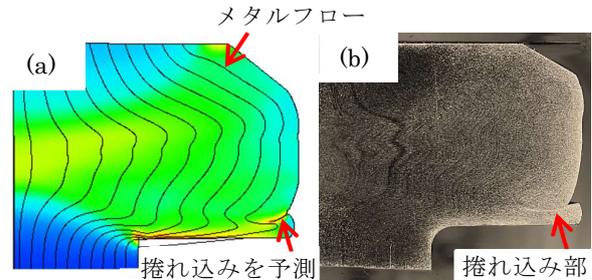


図1 ボルトヘッド加工の(a)シミュレーション、(b)断面写真

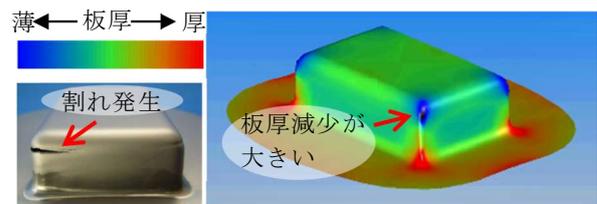


図2 角筒絞り成形シミュレーション

プレス成形シミュレーション (JSTAMP)

JSTAMP は、板材を用いた曲げ、絞り、および、張出しといったプレス加工を三次元でシミュレーションするための有限要素法プログラムです。板材をシェル要素と呼ばれる平面応力近似(板厚方向の応力を0と近似)を用いた要素分割を行うことで、面内方向に大規模な板材のプレス加工でも、高速で計算できることが特長です。また、近年は、絞り加工後のしごき加工といった板厚方向に圧縮する解析についても、シェル要素からソリッド要素に変換する機能を用いた計算が可能になりました。

プレス成形シミュレーションの解析例

角筒絞り成形時の割れを予測した例を図2に示します。実際の成形では角部に割れが発生したものをシミュレーションすると、同様の場所での板厚減少が大きく、割れの危険性が高いことがわかります。ブランクの形状を変更してシミュレーションしたところ、板厚減少が小さくなり、割れを回避できることがわかりました。

シミュレーションの設定における注意点

●材料の変形抵抗曲線、異方性、成形限界線

材料の変形抵抗は、実際にプレス加工する材料ごとに異なります。鍛造系、特に熱間鍛造のシミュレーションでは、変形抵抗の温度依存性や速度依存性の影響が大きくなります。また、プレス系では、板材の異方性[塑性ひずみ比(JIS Z2254)]や成形限界の把握が重要です。シミュレーションの精度を上げるためには、それらの情報を材料試験等から取得することが望ましいですが、ソフトウェアにも一定の材料データベースが備えられています。

塑性ひずみ比や成形限界線図を取得する場合、従来は試験に多くの時間を要しましたが、近年は、デジタル画像相関法(DIC)や図3に示す成形品のひずみ測定技術が発達し、測定時間の大幅な短縮が可能となっています。

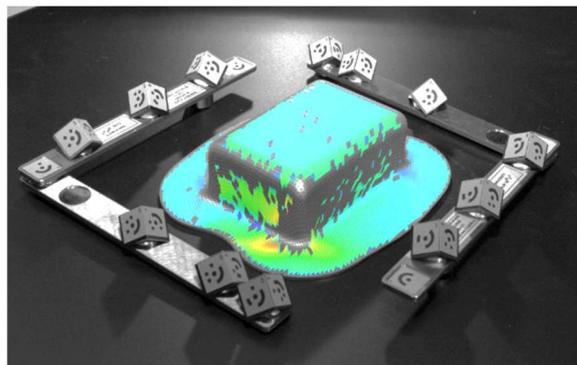


図3 ひずみ測定システムによる測定結果

●摩擦係数

鍛造やプレス加工時の金型と材料の摩擦は測定が難しく、シミュレーションに必要な摩擦係数はある程度経験的に入力することになります。しかし、設定した摩擦係数の値によっては、材料流れが大きく異なる可能性があります。鍛造系であれば、図4に示すリング圧縮試験により摩擦係数を概算することも可能です。



図4 リング圧縮試験 (変形後の試験片の内径が大きい方が摩擦係数は低い)

●要素分割

有限要素法では、材料および金型表面をメッシュと呼ばれる小さい要素に分割して計算を行います。この要素分割を大きく設定すると、計算時間は短縮されます。しかし、鍛造系では、図5に示すように欠肉が正確に計算されず、成形荷重についても大きく異なる結果になってしまいます。また、プレス系では、図6に示すように、パンチ、および、ダイR部で成形される製品Rが正確に計算されず、スプリングバックや板厚減少率に大きな影響を及ぼします。計算時間の節約に伴い、要素分割を大きくすると正確性が損なわれた結果となり、何のためのシミュレーションかわからなくなってしまいますので注意が必要です。

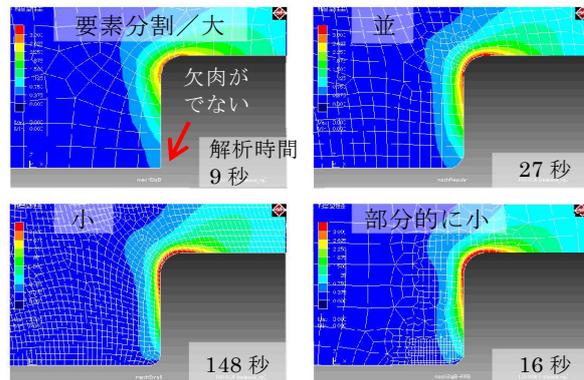


図5 計算結果に及ぼす要素分割の影響

おわりに

ものづくりの中核をなす鍛造、プレス加工では、金型が高価なため、小ロットの試作が困難な状況です。本稿で紹介したシミュレーション技術の活用は、試作数を低減することができ、金属加工の競争力強化につながります。積極的にご活用下さい。

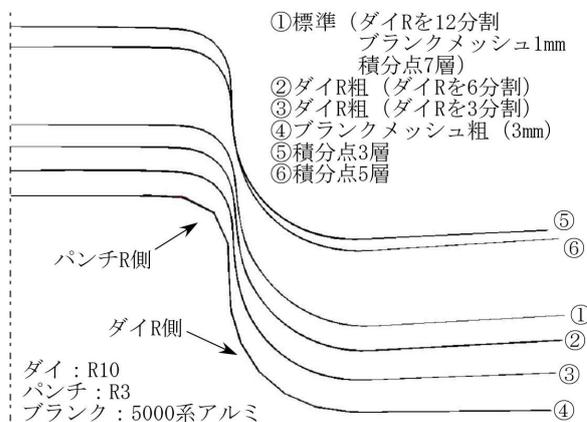


図6 ハット曲げ後のスプリングバック計算結果