

物理・論理シミュレーションによる加工プロセス設計 ー 軸対称側方押し鍛造加工のメタルフロー解析 ー

素材開発部 ○松田豪彦
 機械技術部 牟禮雄二
 鹿児島大学 中西賢二

1. はじめに

軸対称側方押し鍛造加工は、円柱状の素材をプーリーやホイールなど軸付回転体機能部品形状に成形加工することができる。同加工法を適用して1工程で目的の製品形状を得るネットシェイプ加工を実現するには、高精度なシミュレーション技術で素材の形状変化と塑性流れ（メタルフロー）を正確に把握して、その結果を製品形状設計および型構造設計に活かす必要がある。

本研究では、成形過程における成形品形状の変化を実験（物理）シミュレーションにより明らかにするとともに、同シミュレーションで得た成形品形状実測データに一致する計算結果が得られる計算条件で計算機（論理）シミュレーションを行い、成形品内部の相当ひずみ分布を明らかにした。

2. 成形加工実験シミュレーション

2.1 実験方法

実験装置を図1に示す。本装置は、円柱状素材（工業用純アルミニウムJIS A1050の焼鈍材）をパンチで型内部に押し込むことにより、素材を側方に押し出す構造となっている。型内部底面には、成形品外縁部の型形状転写能を向上させる機能を持つ段差空間（図1中e, f）を形成する円板形状プレートを設置することができる。ここで、側方押し出し部空間高さHは10.4mm、半径Rは15mm、プレート半径Rbは13.2mm、プレート厚さHbは3mmである。実験は、同プレートを設置して段差空間を設けた条件とプレート無しで段差空間を設けない条件で行った。

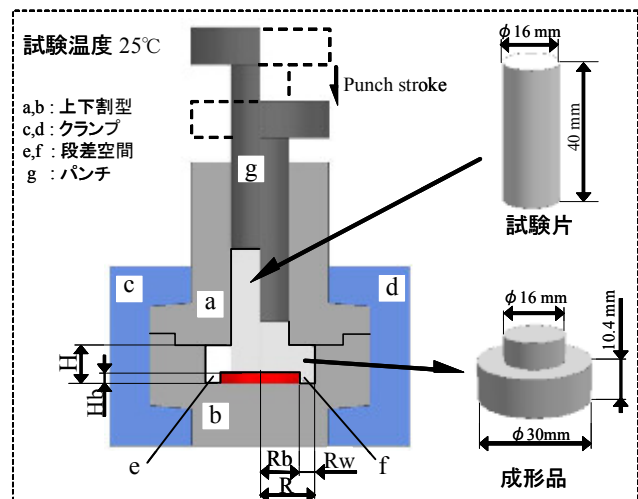


図1 実験装置

2.2 実験結果

加工の推移に伴った素材側面の形状変化を図2に示す。段差空間を設けない場合では、加工終りに型内部に未充填空間があるにも関わらずパンチストロークが26mm付近でパンチ荷重の急激な増加が現れ、メタルフローは閉塞状態となった。一方、段差空間を設けた場合では、閉塞状態になることなく加工が完了し、パンチ荷重の急激な増加は発生しなかった。

3. 有限要素法を用いた計算機シミュレーション

3.1 解析方法

本研究では、成形品内部のひずみ解析を行うため、実験シミュレーションにより得られた成形品外形形状実測データを参考に、その形状に一致する計算結果が得られるよう計算機シミュレーションを行った。被加工材の変形抵抗データ（真応力-真ひずみ曲線）や素材/工具間の摩擦係数を入力し外

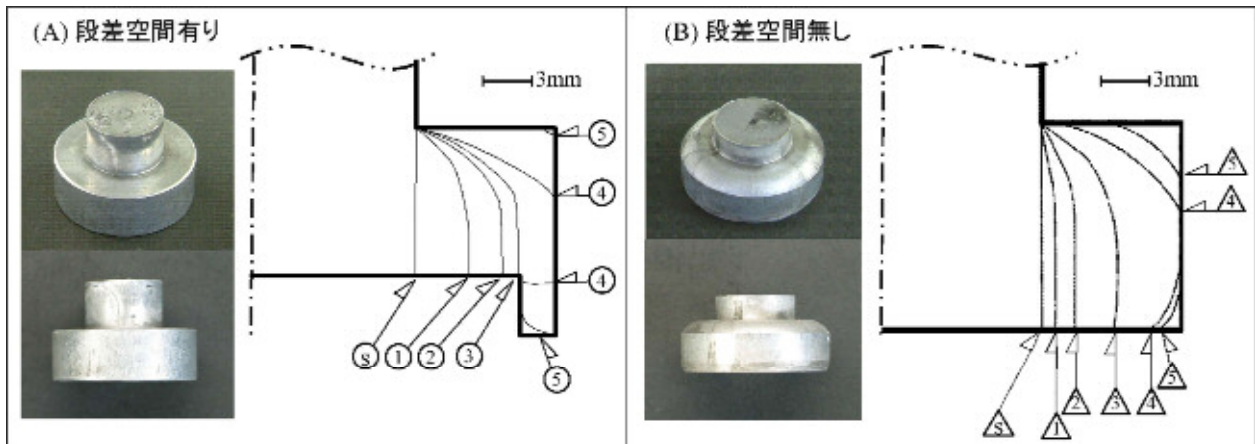


図2 加工に伴った素材側面形状の変化

形形状を求める。得られた形状が、実験シミュレーションの形状と同等になっているかを確認し、形状が異なっていれば、実現象で発生するバリ等を考慮したパンチストロークの変更や摩擦係数の設定変更を行う。これにより、外形形状が実験と計算とで一致する条件を設定する。本解析法は、実験シミュレーションで得られた成形品形状を反映させたハイブリッド的解析法であるため、計算条件に仮定条件が残存する通常の計算機のみ解析に比べ信頼性が高いといえる。

3. 2 段差空間の有無における解析結果比較

計算機シミュレーションにより得られた素材の形状変化に伴う相当ひずみ分布を図3に示す。図3中(A)の段差空間を設けた場合では、相当ひずみ分布はフローガイドプレートに面した窪み面で大きく、また、外縁部では側面に沿うような形で大きくなった。一方、図3中(B)の段差空間無しの場合では、底面から内側に入った成形品中央部の下側付近で相当ひずみが最も大きくなっており、左右斜め方向にひずみの分布が伸びる状態になった。段差空間を設けることにより成形品表面部のひずみが大きくなるため、表面が硬く強度が出て傷や磨耗に強いものが得られることがわかる。

以上のとおり、実験シミュレーションを行い実現象で成形品の外形形状を得てから、計算結果が実現象の形状になるよう計算条件を補正することで、より正確な計算機シミュレーションの実施が可能となる。

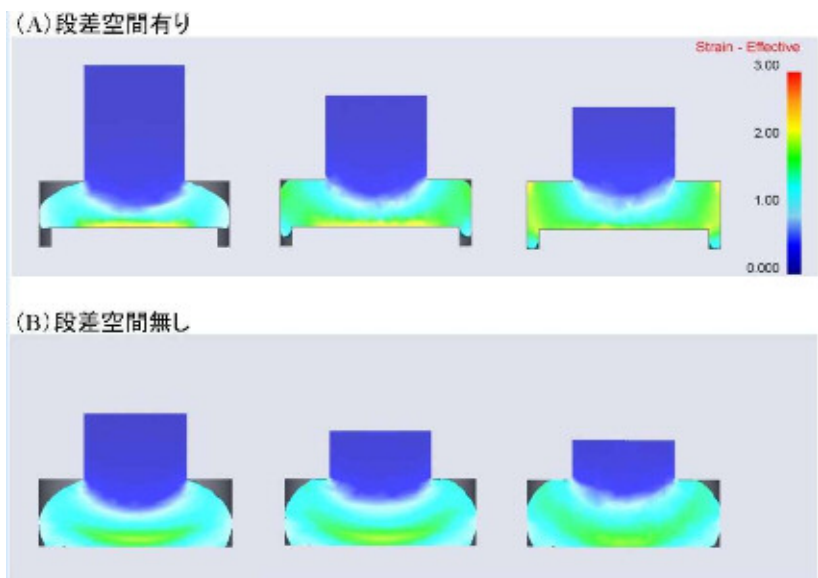


図3 計算機シミュレーション結果

4. おわりに

本研究では、軸対称側方押し鍛造加工において、実験と計算を組み合わせ精度良いシミュレーションを行った。同加工において段差空間を設けた場合、メタルフローは閉塞状態になることなく成形が完了する。相当ひずみ分布は、段差空間を設けた場合では、成形品窪み面部や側面部といった表面部分に大きなひずみが発生するのに対し、段差空間無しの場合では、成形品内部に大きなひずみが発生することがわかった。