

## 金属材料の変形過程を再現できるモデル材料の開発

生産技術部 ○桑原田聡, 牟禮雄二, 松田豪彦  
鹿児島大学 中西賢二

### 1. はじめに

成形加工シミュレーションは、金属成形加工の加工条件を検討する技術として広く活用されている。この中で、成形体の形状変化や材料の流動等を実験した結果をベースとする実験シミュレーションは、加工材と型・工具間の接触条件や加工材の変形特性が不明な加工過程において、特に有効な手法である。同手法において、油粘土あるいはワックスを実金属の代用材（モデル材料）として用いているが、市販の材料では、多くの金属材料と同様な変形特性をもつように調整することが困難である。

そこで本研究では、ワックスや微粉末等からなる油粘土で、材料の種類や配合割合を調整することで様々な金属材料の変形特性を低荷重下で、再現できるモデル材料を開発し、金属材料との類似性について評価したので報告する。

### 2. モデル材料の作製と変形特性試験

実験に用いたモデル材料は、ワックスと微粉末を混合・混練した油粘土である。ワックス成分には、マイクロワックス、鉱油、ロジン、微粉末にはカオリン、炭酸カルシウムを用いた。各原料を用いて、表1に示す配合でモデル材料を作製した。

作製したモデル材料の変形特性の評価として、 $\phi 40 \times 40$ mmの円柱試料の単軸圧縮試験から、ひずみと応力の関係を求めた。試験はワセリンを潤滑剤に25°C、加圧速度1mm/sの条件下で初期高さの50%になるまで圧縮した。

図1に表1の各試料における応力とひずみの関係（フローカーブ）を示す。この結果から、各配合のモデル材料が金属材料でみられる以下の3パターンのフローカーブを示すことがわかった。

- 1) 微粉末量0～55mass%（表1のNo. 1～5）までは、ひずみ0.05付近の応力値が最大となり、それ以降のひずみの増加に伴って応力が低下する加工軟化型
- 2) 微粉末量60mass%（表1のNo. 6）は、ひずみ0.05以降の応力値が、ほぼ一定となる定常変形型
- 3) 微粉末量が、さらに増加する（表1のNo. 7～9）と、ひずみの増加に伴って応力値が高くなる加工硬化型

以上のことから、モデル材料の微粉末量を調整することで、フローカーブを制御できることがわかった。

表1 モデル材料の配合

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
WAX (mass%)	100	85	70	50	45	40	35	30	20
Powder (mass%)	0	15	30	50	55	60	65	70	80

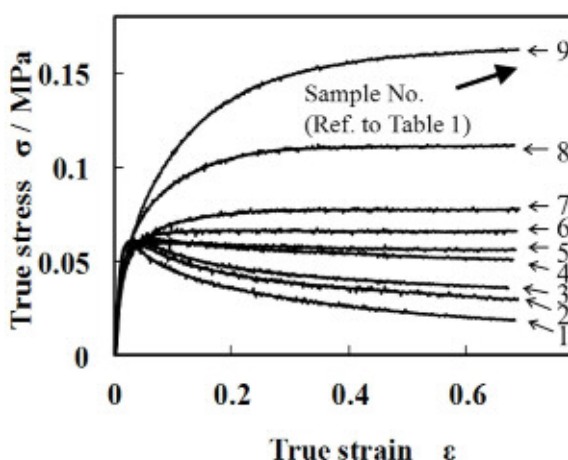


図1 モデル材料のフローカーブ

### 3. 平面ひずみ据込み加工実験シミュレーション

成形品の外形変化と内部変形状態の計測が容易な平面ひずみ据込み加工を適用例に選び、開発したモデル材料を用いて金属材料の成形加工実験シミュレーションを実施した。

実験に用いた金属材料は、室温付近で加工硬化型のフローカーブを示す純アルミニウム(A1050)と熱間加工温度域で加工軟化型のフローカーブを示すマグネシウム合金(AZ31B)である。加工実験装置の概略図を図2に示す。実金属は、試料の片面に2mm間隔の格子線をけがき加工し、モデル材料では、格子線をスタンプ印刷して、2枚の試料を合わせて1個の実験材料とし、0～9mm間の逐次加工実験を行い、加工後の格子模様を観測した。

金属材料とそのモデル材料の平面ひずみ据込み加工後の成形品写真を図3に示す。同図から実金属とモデル材料は、相互に類似した輪廓形状ならびに材料内部の格子模様となっていることが分かる。また、加工硬化型変形特性を示すアルミニウムおよびそのモデル材料と加工軟化型のマグネシウム合金とそのモデル材料の変形状態に明確な差異が認められた。

次に格子線解析法を適用して、変形領域内部の相当ひずみ分布を算定した。ストローク量9mmまでの加工材内部の相当ひずみ分布を図4示す。この結果モデル材料で得た成形加工過程における相当ひずみ分布が、実金属で得る相当ひずみ分布と同様の傾向を示すことが確認できた。

### 4. おわりに

金属材料の冷間から熱間加工までの実験シミュレーションを常温および低加工荷重で簡便に実施できるモデル材料の開発を行い、その適用に関連する実験・解析を行った。この結果、金属材料と同様の変形特性をもつモデル材料を選択することで、実金属の成形品形状、塑性流れおよび内部ひずみ分布を実用上満足できる精度で予測できることを確認した。

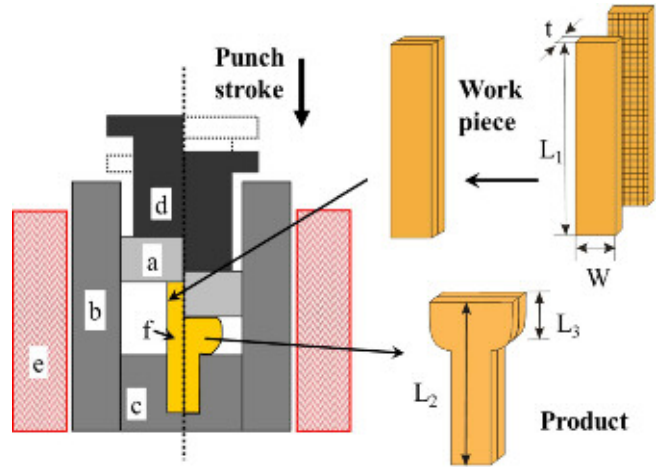
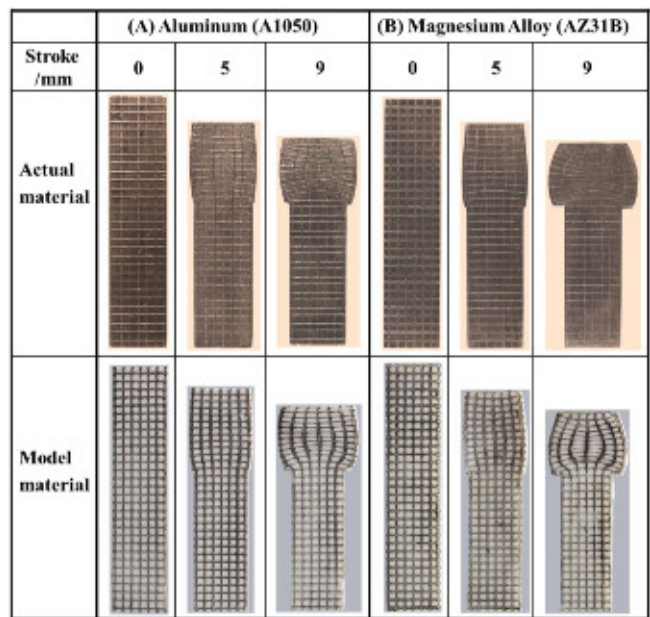
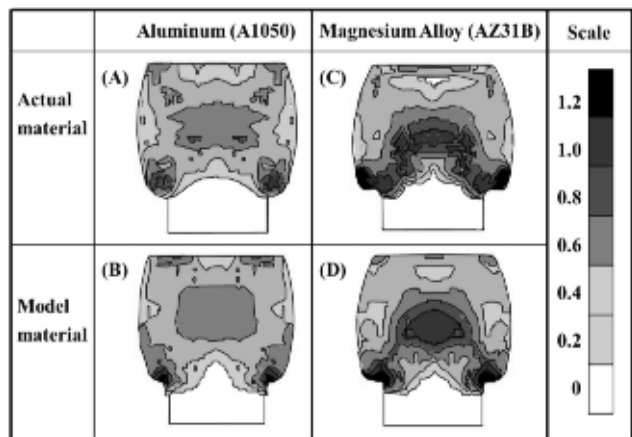


図2 実験装置概略図



A: 純アルミニウム B: マグネシウム合金

図3 平面ひずみ据込み加工実験の成形品写真



A: 純アルミニウム B: Aのモデル材料

C: マグネシウム合金 D: Cのモデル材料

図4 加工後の成形品外形形状と相当ひずみ分布