

動的3次元可視化技術を用いた押し出し現象の可視化

生産技術部

○牟禮雄二

1. はじめに

優れた熱伝導性と高い導電率を有する銅製押し出し製品が、高性能CPU用放熱部品およびモータ整流子片など各種機能部品として広く利用されている。

押し出し加工は、図1に示す様に円筒コンテナ内の円柱素材（以下、ビレット）を工具で加圧し、コンテナ端に配置した製品断面と同じ孔を持つダイスからビレットを強制的に塑性流動させる加工法である。同加工では、ダイス孔の出口近傍に形成されるデッドゾーンに起因する材料流出速度の不均一さにより成形品に曲がりが発生する。流出速度を均一にするには一般にフローガイド（整流板）が用いられるが、適正形状のフローガイド設計は容易ではない。

もし、ダイス孔の近傍における塑性流動を動的に3次元で可視化できればフローガイドの設計が極めて容易になる。

本研究では、独自の動的3次元可視化技術を用いて押し出し加工に伴うデッドゾーンの3次元形状を可視化する手法を開発したので報告する。

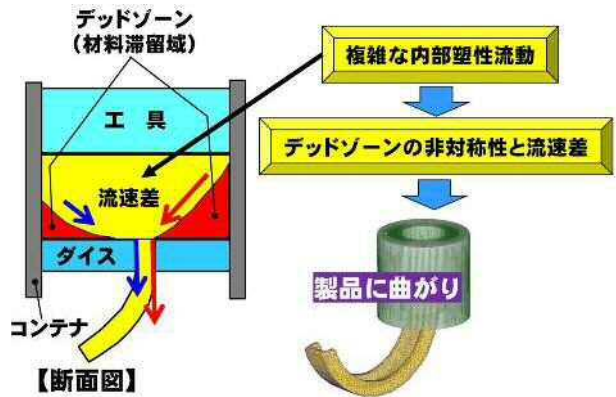


図1 押し出し加工と不良発生メカニズム

2. 前方押し出し加工の可視化実験

2.1 動的3次元可視化システム

システムを図2に示す。システムは、ステレオ構成のX線発生器とX線カメラ（視野：112mm×86mm）を相対して設置してあり、その他、押圧装置（最大加圧能力9.8kN）、360°回転と3軸動作が可能な回転台、制御装置、画像キャプチャーボード、PCおよび画像処理ソフトで構成した。

2.2 塑性流れの3次元可視化方法

押し出し加工における塑性流れの3次元可視化は、金属材料と同様の変形特性を示す軟質モデル材料の内部に埋め込んだ硬質変形指標（以下、トレーサ）の移動量を2台のX線発生器と1台のX線カメラで撮影することで可能となる。同カメラで得られたNTSC信号は、1フレーム（1/30秒）ごとにX線照射方向別に収録する。同信号をPCへ画像キャプチャーした後、X線照射方向別に分別してステレオ画像として記憶装置に保存する。得られたステレオ画像から画像処理により連続フレームごとにトレーサの2次元位置座標を同定する。以上の時系列かつX線照射方向別のトレーサの2次元位置座標をもとに3次元位置座標を算出するとトレーサの実時間3次元可視化が可能となる。

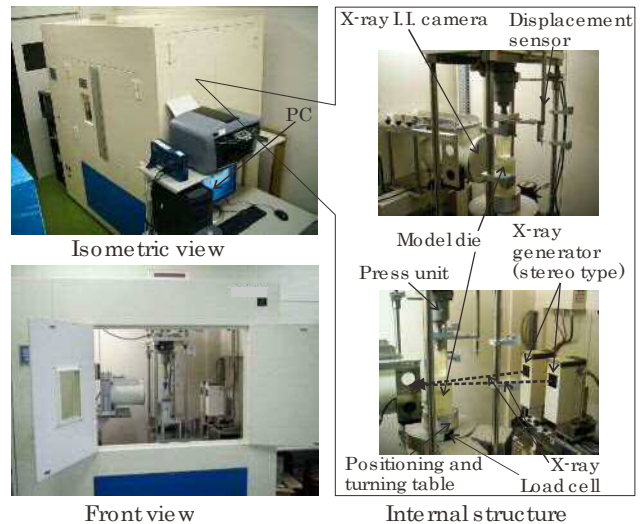


図2 動的3次元可視化システム

2. 3 モデル型と可視化実験条件

押し出し対象は、4列フィンのヒートシンクとした。樹脂製モデル型の外観図とダイス形状およびビレット（直径40mm、高さ30mm）への超硬製トレーサ（φ1.2mm）の埋め込み状態を図3に示す。押し出し加工では押し出しの初期段階にデッドゾーンがダイス上側に形成され、その後、定常押し出し状態となる。すなわち、この定常押し出し過程においてビレット表層部は、デッドゾーン界面をせん断すべりを起こしながら塑性流動して成形品の表層部となる。以上のことから、トレーサは、ビレット外周部に15° 間隔で24個を、底面から12mmと14mmの位置に各12個ずつ埋め込んだ。

押し出し加工実験は潤滑剤として石けん水を用い、加圧速度 1 mm/s で加圧量が28mmに達するまで連続的に加圧した。以上のモデル材料を用いた押し出し加工実験を検証するため、500℃の成形温度でC1020をビレットとする熱間押し出し加工実験を並行して実施した。

3. 可視化結果と考察

図3のT1-T13断面におけるデッドゾーン形状を図4に示す。(I)は、モデル材料のデッドゾーンの2次元形状で、図中の○と●はトレーサの移動軌跡をそれぞれ0.5秒と2.5秒ごとに表示した結果である。ビレット表層部の塑性流動を表すトレーサは、押し出し加工の進行に伴ってコンテナ壁に沿って押し出し方向（図の下方向）へ移動し、変形領域に入ると破線で示す様にデッドゾーン界面に沿って移動している。(II)は、C1020のデッドゾーン形状である。モデル実験とC1020の実試作の結果を比較すると、それぞれのデッドゾーン高さがほぼ一致することが確認できる。(III)は、トレーサの移動軌跡を等高線表示したデッドゾーンの3次元形状である。なお、等高線間隔は0.5mmとし、対称軸の半分のみを表示した。可視化したデッドゾーンをもとに、適正なフローガイドを設計して押し出し検証したところ、曲がり角が抑制されることを確認した。

4. おわりに

押し出し加工における3次元塑性流動現象を、動的3次元可視化システムならびに金属材料の変形特性に類似させたモデル材料を用いて定量的に可視化できることを確認した。熱間押し出し加工の塑性流動を常温で詳細に解明できる本手法は、フローガイド適正化設計に有用である。

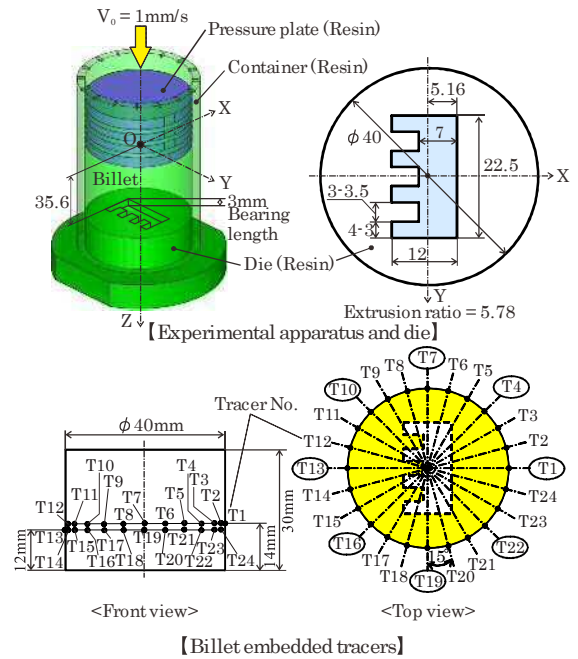


図3 モデル型とトレーサの埋め込み

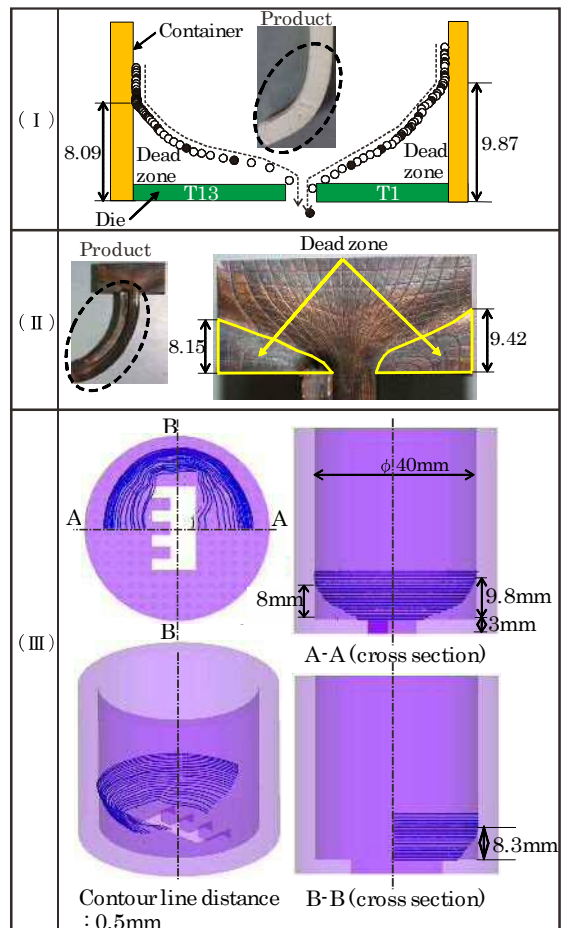


図4 デッドゾーン形状