

## 研究ノート

## テクスチャによる金型表面摩擦の低減

河田圭一\*1、石川和昌\*1、児玉英也\*1、菅野祐介\*2、永縄勇人\*3

## Friction Reduction of Die Surface by Texture

Keiichi KAWATA\*1, Kazumasa ISHIKAWA\*1, Hideya KODAMA\*1,  
Yusuke KANNO\*2 and Hayato NAGANAWA\*3

Industrial Research Center \*1\*2\*3

鍛造による部品成形において形状の複雑化・高精度化に対応するため、金型と材料間の摩擦低減が求められている。そこで、本研究では、レーザによりテクスチャを加工した金型表面の摩擦低減効果について調べた。リング圧縮試験を行った結果、溝深さが  $0.3\mu\text{m}$  程度のテクスチャを金型表面に加工することで、テクスチャの無い金型と比較して摩擦係数を最大で  $1/10$  以下にできることが分かった。

## 1. はじめに

生産効率の高い鍛造による部品成形は、自動車や家電など幅広い分野で利用されているが、EV 用自動車部品を中心に、より形状の複雑化・高精度化が進められている。そのため、成形精度、焼付、型寿命に大きく影響する金型と材料間の摩擦低減が求められている。

前報<sup>1)</sup>では、金型表面に付与したテクスチャによる摩擦低減効果についてリング圧縮試験により評価を行った。その結果、圧縮率の高い条件でテクスチャにより摩擦が低減することを示した。そこで、本研究ではより高い摩擦低減効果を得るためにテクスチャ形状を見直した。

## 2. 実験方法

## 2.1 テクスチャ加工

前報同様、金型中心  $\phi 6\text{mm}$  から  $\phi 30\text{mm}$  の間に同心円状の溝状テクスチャを、ピコ秒パルスレーザ (Atlantic6、EKSPLA) を用いて加工した。テクスチャによる油膜の動圧効果を高めるため<sup>2)</sup>、前報の溝深さ  $3\mu\text{m}$  に対し、本実験では  $0.3\mu\text{m}$  とした。テクスチャの油保持量が少なくなるため、溝ピッチは前報の  $100\mu\text{m}$  から  $50\mu\text{m}$  に変更し、溝本数を増加した。レーザ加工後、ダイヤモンドペーストを使用したハンドラッピングにより溝周辺の盛り上がりを除去した。干渉式非接触三次元粗さ計を用いて溝の断面形状を評価した。

## 2.2 リング圧縮試験方法

金型と成形材料との摩擦は、**図 1** に示すリング圧縮試験により評価した。試験前後のリングの内径変化率から摩擦係数を推定するため、塑性加工用 CAE (Computer Aided Engineering) の DEFORM (Scientific Forming

Technologies Corporation) を使用して、各摩擦係数における圧縮率と内径変化率との関係を摩擦校正曲線として算出した。

圧縮試験は、サーボプレス機 (SDE1522、アマダ) を用いて行った。金型には SKD11 (HRC60)、供試材には S45C を用いた。金型と供試材に冷間鍛造用油剤 (ユニプレステラミ CFH150、JXTG エネルギー) を塗布し、 $10\text{spm}$  の速度で圧縮した。圧縮した供試材の内径は測定顕微鏡により測定した。圧縮率は 20、40、50、60% とし、試験は各条件において 3 回実施し、内径変化率の平均を求めた。

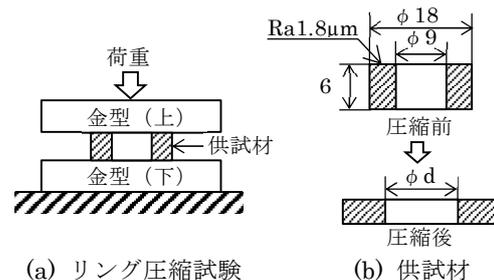


図 1 リング圧縮試験の概略

## 3. 実験結果及び考察

## 3.1 テクスチャの形状評価

レーザでテクスチャを加工した金型を**図 2**に、干渉式非接触三次元粗さ計によるテクスチャ形状の測定結果を**図 3**に示す。加工された溝の形状は、測定位置により異なる傾向が見られた。本実験で用いたレーザ加工システムの加減速の影響によりステージ速度が一定にならないため、特に  $\phi 30\text{mm}$  の外周付近では、周期的に溝内部に深い穴が形成された。しかしながら、中央付近まではお

\*1 産業技術センター 自動車・機械技術室 \*2 産業技術センター 自動車・機械技術室(現総合技術支援・人材育成室)

\*3 産業技術センター 金属材料室

およそ目標の溝形状が加工できていること、また、外周付近の周期的な穴部の深さは約  $1\mu\text{m}$  であり、前報の溝深さ  $3\mu\text{m}$  より小さいことから、本金型によりリング圧縮試験を実施した。

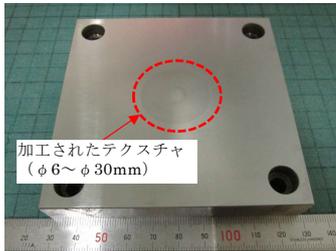


図2 テクチャを加工した金型

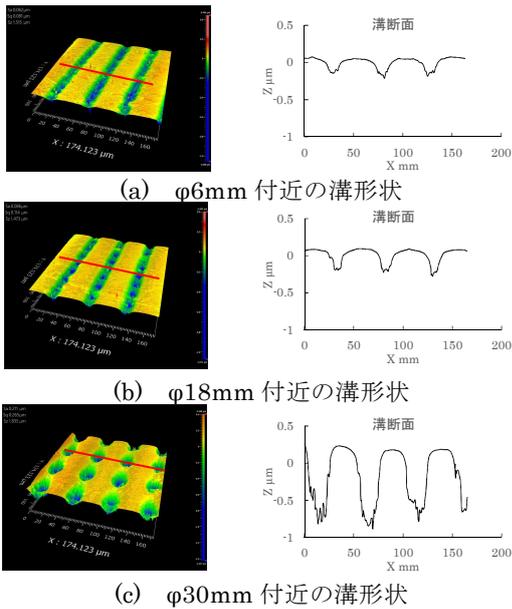


図3 テクチャ形状の測定結果

### 3.2 リング圧縮試験

#### 3.2.1 供試材の様子

圧縮率 60%におけるリング圧縮試験前後の供試材の外観を図4に示す供試材の内径の拡がり、テクスチャ無しの金型による場合と比較して、テクスチャ有りの方が大きくなった。

#### 3.2.2 金型表面摩擦の評価

CAE で算出した摩擦校正曲線に、実験より得られた内径変化率をプロットした結果を図5に示す。この結果より、各試験条件における摩擦係数を推定した。推定した摩擦係数を前報の結果と併せて図6に示す。前報では圧縮率 20~50%の範囲において、テクスチャを有する金型による摩擦係数は大きくなり、テクスチャの効果を得られなかった。しかし、溝深さを小さくした本実験の金型では、全ての圧縮率において摩擦係数は小さくなり、テクスチャの有効性が確認できた。特に、圧縮率 60%の摩擦係数は 0.003 と最も小さくなり、テクスチャの無

い金型に対し 1/10 以下の摩擦係数を示した。一般的なしゅう動部では、油剤の膜厚と溝深さが同程度の場合に、最も動圧効果が高くなることが知られている<sup>2)</sup>が、結果から冷間鍛造のような厳しい潤滑環境においても、溝深さを小さくすることで摩擦を大幅に低減できることが明らかとなった。



図4 リング圧縮試験後の供試材外観(圧縮率 60%)

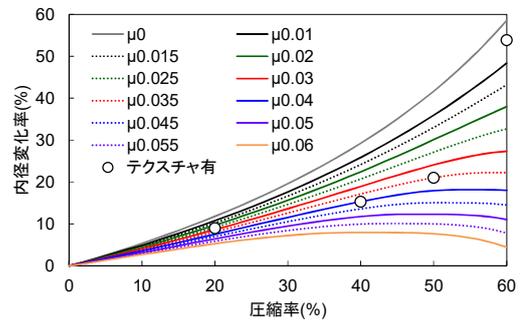


図5 内径変化率の測定結果

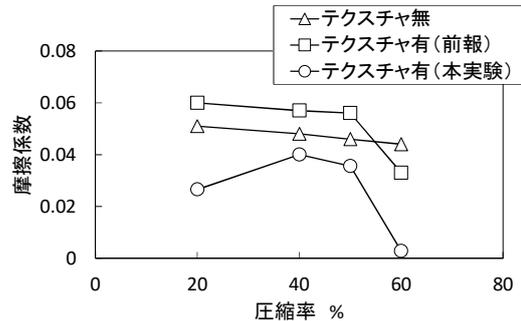


図6 各金型表面における摩擦係数推定結果

## 4. 結び

リング圧縮試験を行った結果、溝深さが  $0.3\mu\text{m}$  程度のテクスチャを金型に加工することで、摩擦を大幅に低減できることが分かった。特に、圧縮率 60%の時の摩擦係数は、テクスチャ無しの金型に対し 1/10 以下となった。

## 付記

本研究は、「知の拠点あいち重点研究プロジェクトⅢ期」で行った研究の一部である。

## 文献

- 1) 河田圭一, 児玉英也, 菅野祐介, 永縄勇人: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **10**, 40(2021)
- 2) 沢田博司: トライボロジスト, **63**(10), 659(2018)