

研究ノート

リング圧縮試験によるテクスチャを有する金型表面の摩擦評価

河田圭一*1、児玉英也*1、菅野祐介*1、永縄勇人*2

Evaluation of Friction on Textured Die Surface by Ring Compression Test

Keiichi KAWATA*1, Hideya KODAMA*1, Yusuke KANNO*1 and Hayato NAGANAWA*2

Industrial Research Center *1*2

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付与した金型表面の摩擦低減効果について調べた。摩擦の評価方法にはリング圧縮試験を用いた。その結果、レーザで加工された溝のバリの影響で摩擦は上昇するが、バリを除去することにより摩擦が低減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。ネットシェイプ化¹⁾が進み、切削などの後処理工程の必要ない高精度な鍛造成型部品が多く生産されているが、EV用自動車部品を中心に、より形状の複雑化・高精度化が求められている。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必要となっている²⁾。

一方、しゅう動表面にディンプルや溝形状のテクスチャを付与することで摩擦を低減できることは、従来から知られており、様々な研究が行われている。特に、切削加工における高温、高面圧下においても同様な摩擦低減効果が期待できることがこれまでに示されている³⁾。

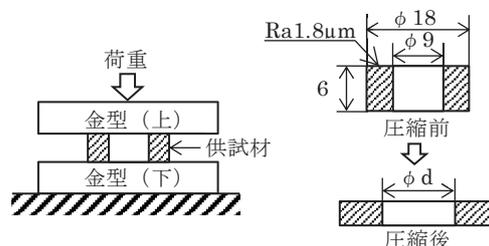
そこで、本研究ではテクスチャを有する金型による鍛造成形の高精度化を目標に、テクスチャが型面摩擦に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 リング圧縮試験及び摩擦校正曲線

金型と成形材料との摩擦は、従来から広く利用されているリング圧縮試験で評価した。リング圧縮試験は、**図1**のようにリング状の供試材を金型で圧縮し、圧縮前後のリング内径の変化率を測定し、摩擦係数を求める手法である。各摩擦係数に対応した圧縮率と内径変化率との関係を、予めCAE(Computer Aided Engineering)を用いて解析することにより得られた摩擦校正曲線から、摩擦係数を推定した。本研究では、校正曲線を得るため、塑性加工用CAEソフトであるDEFORM(Scientific Forming Technologies Corporation社製)を使用した。計算結果を**図2**に示す。

リング圧縮試験は、サーボプレス機(SDE1522、(株)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(株))を塗布し、10spmの速度で圧縮した。圧縮した供試材の内径は測定顕微鏡(MF-B3017C、(株)ミツトヨ)を用いて測定した。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。



(a) リング圧縮試験 (b) 供試材

図1 リング圧縮試験の概略

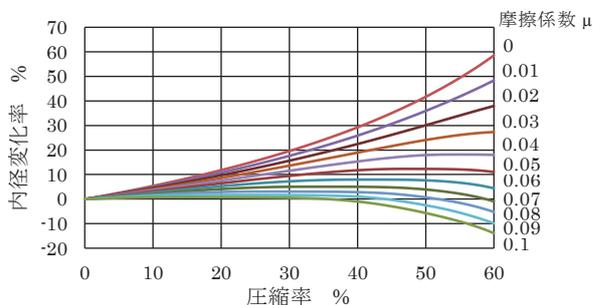


図2 CAEによる摩擦校正曲線の計算結果

2.2 テクスチャの加工

テクスチャは、金型表面の中央に配置した同心円状の溝状とした。**図3**にテクスチャの概略図を示す。溝の加工は、粗さがSa30nm程度に平面研削した金型表面に、ピコ秒パルスレーザ(Atlantic6、EKSPLA社)を用いて

行った。幅 $30\mu\text{m}$ 、深さ $3\mu\text{m}$ の溝を $\phi 6\text{mm}$ から $\phi 30\text{mm}$ の間にピッチ 0.1mm で 121 本加工した。干渉式非接触三次元粗さ計(WykoNT9100、Veeco 社)を用いて溝の断面形状を測定した結果を図 4 に示す。(a)のように、レーザ加工した溝の縁には $0.3\mu\text{m}$ 程度のバリ状の盛り上がり形成された。このバリをダイヤモンドペーストによるハンドラップにより除去した溝の断面形状を(b)に示す。溝の縁には平坦部から緩やかに変化する幅 $20\mu\text{m}$ 程度のダレが形成され、平坦部の粗さは $\text{Sa}10\text{nm}$ 以下であった。本実験では、前述 2 種類のテクスチャについて評価した。また、比較としてテクスチャを加工していない平面研削後の金型及び研削後ハンドラップをした金型についても同様の実験を行った。

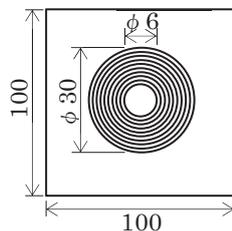


図 3 テクスチャの概略図

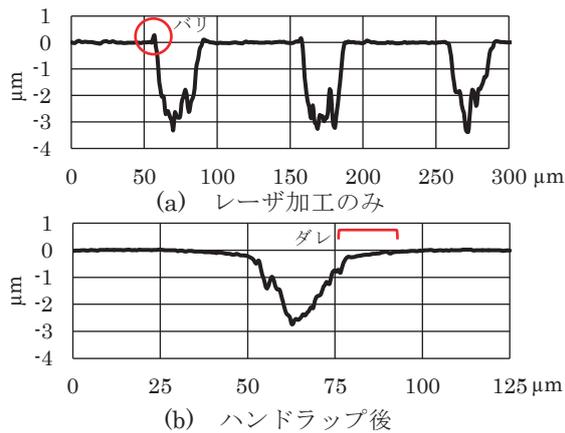


図 4 テクスチャ断面の形状測定結果

3. 実験結果及び考察

各条件において内径変化率を測定した結果から、図 2 を用いて摩擦係数を推定した結果を図 5 に示す。2 つのテクスチャ有の摩擦を比べると、レーザ加工のみの溝に比べ、ハンドラップした溝の方が全体的に摩擦は小さくなった。一方、テクスチャ無の摩擦には、ハンドラップの有無による大きな差は見られなかった。溝と溝の間の平坦部の粗さはテクスチャの無い金型とほぼ同じであるので、今回の実験条件では平坦部の粗さが摩擦に与える影響は小さく、溝の形状が大きく影響したと考えられる。

テクスチャ有ではテクスチャ無と比較して全般的に摩擦係数は大きくなる傾向が見られた。しかし、圧縮率 60% の条件においてハンドラップしたテクスチャの摩擦係数は最も小さくなった。

試験後に金型表面を顕微鏡により観察した結果を図 6 に示す。(a)のレーザ加工のみで形成したテクスチャ面には、外周部に供試材が激しく凝着した。さらに、凝着により溝の一部が埋まっている様子も観察された。一方、(b)のレーザ加工後ハンドラップしたテクスチャ面には激しい凝着はほとんど見られなかった。図 4(a)で示した溝縁に形成されたバリにより溝からの油剤の引込が阻害され、凝着が発生し摩擦が上昇したと考えられる。一方、図 4(b)のように溝の縁にダレのある溝形状では、油が引き込まれやすくなり、凝着が抑えられ摩擦は小さくなったと考えられる。特に圧縮率 60% の場合のような変形量が多い条件では、変形速度が大きい

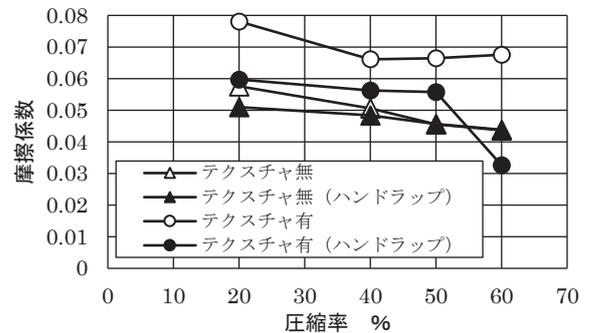


図 5 摩擦係数の推定結果

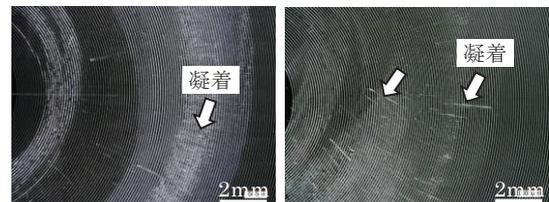


図 6 試験後の金型表面の観察結果

4. 結び

本研究の結果は、以下のとおりである。

- (1) レーザ加工によりテクスチャを付与した金型では、溝のバリが摩擦を大きくする要因となった。
- (2) 溝のバリをダイヤモンドペーストで除去することにより、摩擦を小さくできることが分かった。

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) 小坂田宏造: 精密工学会誌, **80**(12), 1045(2014)
- 2) 北村憲彦: 精密工学会誌, **80**(12), 1053(2014)
- 3) 河田圭一, 石川和昌: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **2**, 8(2013)