

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 27 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010 年 ～ 2012 年

課題番号：22560137

研究課題名（和文） 高い表面積拡大比領域における摩擦係数測定装置の開発とそのトライボ特性評価

研究課題名（英文） Tribological characterization and development of coefficient friction in high surface area expansion ratio

研究代表者 会田 哲夫 (Aida Tetsuo)

富山大学 大学院 理工学研究部（工学）

研究者番号：20283062

研究成果の概要（和文）：冷間鍛造における摩擦と潤滑の新しい試験方法を申請者によって開発している。試験方法は、被加工物が相対的に円錐形のパンチに回転することができる後方押出プロセスである。解析モデルは、パンチ先端に沿って摺動速度分布の分析と組み合わせられたテスト中に測定されたトルクから摩擦応力を算出することができる。後者は、試験のFE分析によって決定され、その結果、潤滑剤のさまざまな種類、すなわちリン酸塩コーティングプラス石鹸、リン酸塩コーティングプラスMoS<sub>2</sub>のとシングルPULSと6つの潤滑剤にアルミニウムと潤滑した炭素鋼の摩擦応力を示す。新しい試験方法は、それが鋼とアルミニウム冷間鍛造に最適な潤滑システムを打破することが可能であることを示唆している。

研究成果の概要（英文）：A new, simulative test of friction and lubrication in cold forging is developed by the authors. The test is based on a backward can extrusion process in which the workpiece rotates relatively to the conical punch. An analytical model is presented determining the friction stress from the measured torque during testing combined with an analysis of the sliding velocity distribution along the punch nose. The latter is determined by FE analysis of the test. Results show friction stress for unalloyed low C-steel provided with different types of lubricants, i.e. phosphate coating plus soap, phosphate coating plus MoS<sub>2</sub> and single bathe lubrication with PULS and aluminum provided with 6 different lubricants. The new test is so severe, that it is possible to break down the best lubrication systems for cold forging of steel and aluminum.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：

科研費の分科・細目：

キーワード：

### 1. 研究開始当初の背景

近年、塑性加工におけるネットシェイプ化

が進んでおり、これらの加工時には、被加工材の表面積拡大比が非常に高くなる。そのため、厳しい加工表面環境でも使用でき

る潤滑剤被膜の開発が求められている。これらの開発においては、摩擦特性を評価することが必要不可欠であり、厳しい表面状態を想定したトライボテストにより評価を行うことが望まれる。一般的なトライボテストとしては、リング圧縮試験しごき試験などがあるが、被加工材の表面積拡大比は2倍程度と低い。一般の鍛造品では、表面積拡大比が最大で40~100程度まで高くなるため、これらの試験方法による評価では、対応不十分である。そこで、テーパカップ試験を参考とし、FEM解析を用いて新たなトライボテストを考案した。このトライボテストは、後方押し出しのパンチ先端部にテーパ角を付与させたモデルであり、テーパ部において高い表面積拡大域と高い垂直応力が発生する。なお、このトライボテストをコニカルカップ試験とする。

## 2. 研究の目的

本研究では、コニカルカップ試験法を確立するため、代表的な4種類の潤滑剤について評価を行った。また、温熱間条件にて評価をし、加工温度の変化による影響を調べた。

## 3. 研究の方法

### 3-1 解析条件

高い表面積拡大域を安定的に有する試験を行うために、FEM解析を用いて最適なパンチ形状の選定を行った。解析には、汎用剛塑性FEM(DEFORM-3D)を使用し、解析モデルはFig. 1(a)に示すようにコンテナ、下金型、パンチ及び被加工材で構成し、解析しやすいように単純な形状とした。時間短縮のため1/12モデルで解析を行った。パンチ先端部の形状をFig. 1(b)に示す。Table 1に解析条件を示す。

### 3-2 解析結果

テーパ角を変化させたときの被加工材内部表面の表面積拡大域分布図をFig. 2に示す。この分布図より、テーパ角が35~37.5°の条件では、テーパ部の中央部において高い表面積拡大域が発生していることがわかる。

被加工材の加工表面付近の材料速度が大きくなるほど、厳しい表面環境となるため、本研究ではパンチのテーパ角がなるべく小さいものが適している。しかし、テーパ中央部において高い表面積拡大域が発生するのは、テーパ角が35~37.5°のときである。これらをつまみ、以下の実験で用いるパンチのテーパ角は $\theta = 35^\circ$ のものとする。解析における表面積拡大比の測定には、解析コードのポイントトラッキング機能を用いた。ポイントトラッキング機能は、リメッシングに関係なく初期にマーキングしたポイ

ントの位置(座標)が、変形により移動する位置を記憶できる。

測定結果をFig. 3に示す。ストローク6mm以上では、ストロークと表面積拡大比に比例の関係が見られる。ストローク $X$ と表面積拡大比 $S$ の関係は、 $S = -15.88 + 4.08X$ で表すことができた。

### 3-3 実験条件

本実験では被加工材に、A6063を直径 $\phi$ 20mm、高さ22mmの円柱形状に機械加工して使用した。また、黒色系潤滑剤と白色系潤滑剤をそれぞれ2種類ずつ使用し、全4種類で比較を行った。黒色系潤滑剤からは、主成分をMoS<sub>2</sub>とする潤滑剤をLub.A、MoS<sub>2</sub>と黒鉛を主成分とする潤滑剤をLub.Bとして使用した。白色系潤滑剤からは、PTFEを主成分とする潤滑剤をLub.C、カルボン酸塩系の潤滑剤をLub.Dとして使用した。

Fig. 4に本実験で使用した装置の概略図を示す。100ton油圧プレス機にダイセットを取付けて使用した。

Fig. 5に本実験で使用したダイセットの概略図を示す。このダイセットには、ロックアウト用のパンチを設備しており、加工後は被加工材を取出すことが可能である。

## 4. 研究成果

Fig. 6にコニカルカップ試験によって得られた試験片を示す。加工後の被加工材断面からわかるように、カップ内部底がテーパ形状になっており、先端部が円錐形状をしたパンチを用いた後方押し出し試験となっている。

Fig. 7にA6063における、荷重とストロークおよび表面積拡大比の関係線図を示す。なお、コニカルカップ試験において摩擦係数の評価は、加工荷重が大きいほど、摩擦係数が大きいとする。この図より、温度上昇によりLub.Dの加工荷重が軽減しているが、Lub.Cの加工荷重が上昇している。

このように、コニカルカップ試験では加工荷重や試験片表面観察から潤滑剤の摩擦を評価することが出来た。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

E. Ceron, N. Bay, T. Aida, K. Dohda, T. E. Nicolaisen, Proceedings of NAMRI/SME, Vol 40, 2012

[学会発表] (計2件)

研究者番号：

Y. Okajima, T. Aida, N. Takatsuji ,  
K. Dohda , N. Bay: ICTP2011, Friction  
Characteristic Measurement 3D Simulation  
in High Surface Extension Ratio by Taper  
Cup Test (ドイツ アーヘン)

T.Aida: Asian Symposium on Tribology in  
Manufacturing, 2012. 5. 16 (タイ)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

[その他]

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

会田 哲夫 (AIDA TETSUO)

富山大学・大学院理工学研究部 (工学)・  
准教授

研究者番号：20283062

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )