

## アルミニウム合金における微小突起と真実接触面積の関係 Relationship between microprotrusions and real contact area in aluminum alloys

新潟大・工〈学〉\*大原唯人 新潟大・工〈正〉月山陽介

\*Yuito Ohara, Yosuke Tsukiyama  
Niigata University

### 1. 背景

摩擦特性の制御は、工業製品の性能を決定する上で重要である。特に、摩擦増高技術は、潤滑技術などの摩擦低減技術に比べて研究例は少ないが、機械の締結部の性能を決めるための重要な技術である。摩擦増高技術が必要な例として、ネジなどのような固定部品が挙げられる。固定部品に摩擦増高技術を用いることで固定力が向上し、小型化などの性能向上につながる。固定力向上のために、締結部の摩擦界面における材料の凝着を促進させることは有効であると考えられる。その一例として挙げられるのがレーザマイクロテクスチャリング技術である。レーザマイクロテクスチャリング技術とは、金属材料表面にレーザ加工を用いて微小凹凸表面を作製する技術であり、乾燥摩擦において表面酸化膜層や汚染層による比較的低摩擦な状態から、高摩擦な焼付きに近い状態にいち早く到達させることが可能である。この技術には大気中で加工ができることや、局所的な加熱処理ができるため、部分改質も可能であるという利点があり、近年注目されている<sup>(1)</sup>。これまでに、レーザマイクロテクスチャリング技術を用いて、アルミニウム材料表面の高摩擦化に成功した。しかしながら、最適な加工方法については明らかになっていないため、摩擦増高に関する詳細な要因の解明が必要となってくる。しかしながら、レーザ加工によって形成される突起の変形量が摩擦特性にどれくらい影響するのかが明らかになっていない。そこで、本研究ではレーザマイクロテクスチャリング技術を用いて、突起の変形量と摩擦面の真実接触面積が及ぼす摩擦係数の変化を明らかにすることを目的とした。

### 2. 試験内容

#### 2.1 試験片加工条件

試験片を Figure1(a) に示す。四角形の試験片の材質は A5052、厚さは 5mm である。また、押し込み試験、摩擦試験には SUS304 の  $\Phi 4$  の長さ 5mm のピンを用いた。レーザ照射は試験片のみに行った。さらに、試験片形状を Fig. 1(b) に示す。レーザ加工条件は電流 17A、周波数 0.7kHz、マーキングスピード 77mm/s で行った。本実験は 4 回照射して実験を行った。表面形状のパラメータ  $S_v$ ,  $S_p$ ,  $S_z$  はそれぞれ  $16.7\ \mu\text{m}$ ,  $33.5\ \mu\text{m}$ ,  $50.1\ \mu\text{m}$  である。

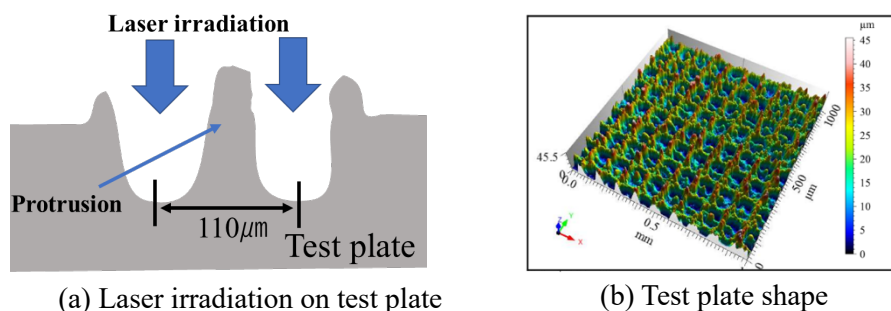


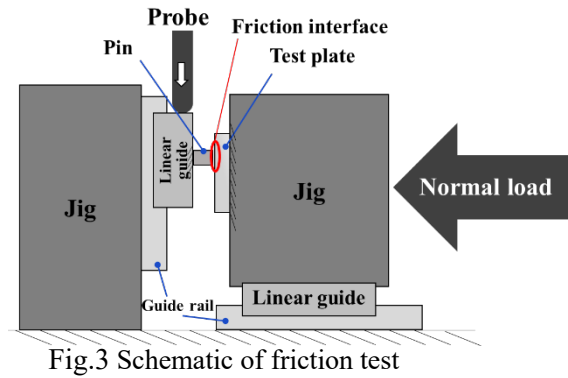
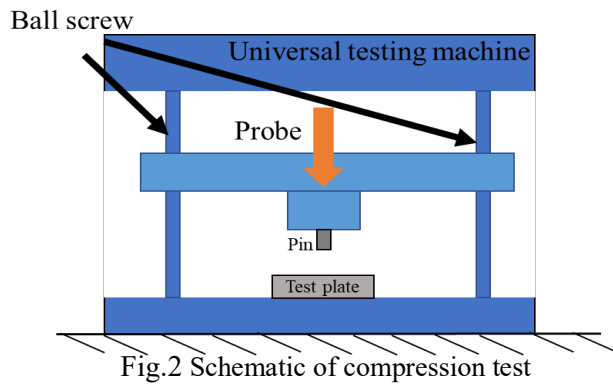
Fig.1 Test plate

#### 2.2 突起圧縮変形試験

突起圧縮変形試験方法は Figure2 に模式的に示した。万能試験機で試験片のレーザ加工表面にピンを押しつけ、突起の変化量を触診式粗さ測定機で計測した。加えた荷重は 25N, 125N の 2 パターンである。

#### 2.3 摩擦試験

試験方法はピンオンディスク方式で Figure3 に模式的に示す。試験内容は、ピンを取り付けたリニアガイドを万能試験機で押し込み、摩擦試験を行う。



### 3. 試験結果および考察

#### 3.1 突起圧縮変形試験結果

突起圧縮変形試験で 25N, 125N で押し込んだ場合、突起の変形量はそれぞれ 7 $\mu$ m, 13 $\mu$ m となり、荷重 5 倍にすると突起変形量は約 1.9 倍となった。Fig. 4 のように突起が円錐形状であると仮定すると接触面積が変形量の 2 乗に比例して増加する。そこで、三次元触針式粗さ計で突起形状を測定し真実接触面積を測定した。真実接触面積と、そこから求められる見かけの接触面圧および真実接触面圧を Table1 および Table2 にそれぞれ示す。

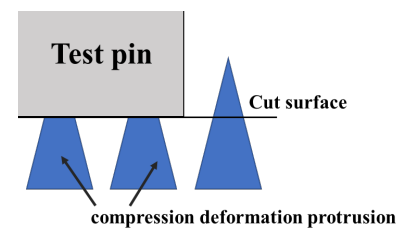


Fig.4 Compression of the protrusion

#### 3.2 摩擦試験結果

As polished プレートを用いた摩擦力に対する Laser textured プレートの摩擦力の比を Fig. 7 に示す。研磨プレートを用いた場合とテクスチャ突起を形成したプレートを用いた場合の摩擦力を比較すると、テクスチャ突起が 7  $\mu$ m および 13  $\mu$ m 圧縮変形する場合それぞれ約 2.5 倍および 5.2 倍に摩擦が増加した。Table 2 より、7  $\mu$ m(軽荷重)の場合は真実接触面圧が若干低く、これはレーザー照射により軟化した場合の硬さ (1.3 GPa) により近い値となった。

また、13  $\mu$ m(高荷重)の場合にはより高い真実接触面圧力となり、研磨後の A5052 試験片の材料硬さ (1.7 GPa) に近い値となっている。本研究では相手材 SUS304 に対し、より軟質な A5052 上に形成した突起が塑性変形したと考えられ、突起はレーザー照射により突起表面がやや軟化し、その後、加工硬化を伴いながら変形したと考えられる。

突起の塑性変形が進んだことにより、摩擦面に介在する酸化膜等の状態が変化し、より摩擦状態に移行したことなどが摩擦増高の理由として考えられる。

Table 1 Apparent contact area and real contact area for each load

	Apparent contact area(mm <sup>2</sup> )	Real contact area(mm <sup>2</sup> )
25N	12.56	0.016
125N	12.56	0.067

Table 2 Mean contact pressure and real contact pressure for each load

	Mean surface pressure(MPa)	Real contact pressure(MPa)
25N	19.63	1544
125N	98.17	1865

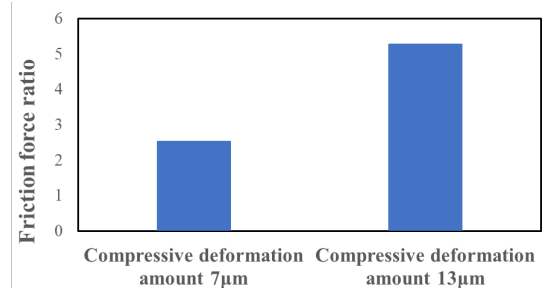


Fig.7 Friction force ratio  
( $F_{\text{Laser textured}}/F_{\text{As polished}}$ )

### 4. 結言

本研究により以下の結論が得られた。

- 1) 突起の圧縮変形試験の荷重が 5 倍になると、真実接触面積は約 4.2 倍になった。
- 2) 突起の変形量が約 1.9 倍になると、摩擦力の増加量は約 5.2 倍になった。

### 参考文献

- 1) 佐々木信也, 表面テクスチャリングによるトライボロジー特性の向上, 表面技術, 第 65 巻, 第 12 号, pp568-572