2101 THG レーザによる微細ディンプルの作製と摩擦特性評価

Evaluation of frictional characteristics of microscopic dimples processed by THG laser processing machine

学 坂爪 貴英 (新潟大・院) 正 新田 勇 (新潟大)
非 高津 昇 (瑞穂医科工業)

Takahide SAKATSUME, Niigata University, 8050, Ikarashi2-nocho, Niigata, 950-2181
Isami NITTA, Niigata University, 8050, Ikarashi2-nocho, Niigata, 950-2181
Noboru TAKATSU, Mizuho Ika Kougyo, Co., Ltd. 3631-14, Akomi, Gosen, 959-1821

A cerebral aneurysm is the dilation, bulging, or ballooning out of part of the wall of a vein or artery in the brain. If the cerebral aneurysm ruptures, it will become serious life-threatening condition. An aneurysm clip (sugita clip) is a medical instrumentation that is used in operation of the cerebral aneurysm to clip the ruptured aneurysm and to reduce the risk of rebleeding. In order to prevent the sugita clips from slipping out of the blood vessels, a number of pyramidal dimples are formed on their clamp surfaces. However, it was not verified whether the form of pyramidal dimple was optimum or not. In this research, we used a THG laser process machine to produce the clamp surface with dimples or grooves. Frictional characteristics of each surface texturing was examined.

Key Words : Cerebral aneurysm , Aneurysm clip, Sugita clip, THG laser, Friction characteristics, Surface texturing

1. 緒言

脳動脈瘤 (のうどうみゃくりゅう) とは、脳動脈の血管壁が風船のように外側に膨らんだものを指す⁽¹⁾。脳動脈瘤が成長し続けるとやがて破裂し、脳内の出血を引き起こすことがある。そのため破裂する前に、また破裂後にも、治療を施すことが多く行われている。この治療には、脳動脈瘤の根元を特殊なクリップで把持することで、脳動脈瘤への血流を遮断し壊死させる方法がある(Fig.1-(a))。この方法に使われる特殊なクリップが脳動脈瘤クリップと呼ばれるものである。クリップの把持部の表面 (血管と接触する面) にはピラミッド形状の窪みが塑性加工により形成されている(Fig.1-(b))。これには、把持したクリップが血管から外れること (スリップアウト) を防ぐ役割がある。しかし、ピラミッド形状以外にも様々な窪み形状が考えられるが、塑性加工では窪みの形状を変えることは難しい。レーザ加工は、塑性加工に比べて種々の形状の窪みが容易に形成できる。この利点を用いて、表面テクスチャリングやパターンニングを施し、優れたトライボロジー特性を求める多くの研究がある。

本研究では、よりスリップアウトを防ぐ高性能な脳動脈瘤クリップの作製及び優れたトライボロジー特性を示す形状の発見のために、YAG THG レーザ加工装置を用いて、微細な表面性状を作製し、それぞれの摩擦特性を評価した。

Fig.1 Aneurysm clip and the clamp surface

Table.1 Dimensions of textures on test piece surface processed by the laser processing machine

Shape	Depth [μm]	Diameter or Width [μm]	Pitch distance [μm]
Dimple	0.6	20	40
	1		30~100
	2		40
	3		40
	6		40
	9		30~100
	13	30	40
Groves(90°)	13	30	100
		38	
		50	
		30	60
			50
Groves(45°)	13	30	40
Pyramid (sugita clip)	100	220	300

2. 試験片及び実験方法

2.1 試験片 試験片は既存の脳動脈瘤クリップと同じ材質である Ti 合金 (6Al-4V, サイズ: 1×20×1mm) とした。試験片の表面粗さを $Ra \leq 0.1 \mu\text{m}$ とするために研磨紙とバフにより研磨した。微細表面形状はレーザ装置の加工条件を変えることで種々の形状に加工される。その際、ディンプルの周辺にバリが生じたため、研磨紙及びバフによりバリを除去し、所望の形状に仕上げた。形状の計測には触針式表面形状・粗さ測定器 (Taylor Hobson 社製 タリサーフ S-6) を用いた。作製した形状の寸法を Table.1 に、形状の顕微鏡画像を Fig.2 に示す。

2.2 実験方法 摩擦係数の測定には、トライボギア (新東科学社製, HEIDON-14DR) を用いた。装置概要及び実験装置を Fig.3 に示す。安定した測定をするために、試験片の相手材は血管と似た特性を持つシリコンゴムチューブとした。

シリコンゴムチューブを水槽内に設置した。水槽内を 37℃ 生理食塩水で満たし、脳内の雰囲気近くに近づけた。試験片を試験片固定治具に固定し、所定の荷重でシリコンゴムチューブに押し付けた後、一定方向に摺動させ、発生した摩擦力をロードセルにより測定した。測定は同条件で複数回行い、その平均を摩擦力とした。この摩擦力と垂直荷重から摩擦係数を求めた。

3. 実験結果

3.1 摩擦係数に及ぼすディンプル深さの影響

ディンプル深さに対する摩擦係数の変化を Fig.4-(a)に示す。図中の深さ 0 μm の点はディンプル加工されていないときの摩擦係数を示している。この点を基準に、摩擦係数の高低を決定した。深さが 6 μm の時に、基準とほぼ同じ静止摩擦係数になった。深さ 3 μm 以下では基準よりも低い摩擦係数になり、深さ 1 μm で最も低い値になった。

3.2 摩擦係数に及ぼすピッチ間隔の影響

ピッチ間隔に対する摩擦係数の変化を Fig.4-(b)に示す。深さ 1 μm の場合、間隔を狭くするにつれて摩擦係数が低くなり、間隔 40 μm で最も低い値をとった。一方、深さ 9 μm の場合、間隔を狭くするにつれて静止摩擦係数が高くなり、間隔 30 μm で最も高い値になった。

3.3 摩擦係数に及ぼす形状の影響

形状に対する摩擦係数の変化を Fig.4-(c)に示す。ディンプル形状よりも溝形状のほうが高い摩擦係数を示し、深いディンプル形状と同様にピッチ間隔が狭いほうが高い摩擦係数を示した。また、すべり方向に対して 45° 傾いている 45° 溝形状でも 90° 溝形状と同等の摩擦係数を示した。最も高い摩擦係数を示したピッチ 40 μm の 90° 溝形状は既存のクリップ表面に加工されているピラミッド形状より、静止摩擦係数が 140%増加し、動摩擦係数が 117%増加することを確認した。

(a) Multi-holes (b) Grooves(90°) (c) Grooves(45°)

Fig. 2 Test piece surfaces of titanium alloy processed by laser processing machine (Depth: 13 μm)

Load, N	1.5
Stroke, mm	5
Sliding velocity, mm/s	10
Environment	saline (37 $\pm$ 2℃)

Fig.3 Testing conditions and apparatus

4. 結 言

本研究により次の結論が得られた。

- (1) ディンプル深さ 1 μm 、直径 20 μm 、ピッチ間隔 40 μm で最も低い摩擦係数を示した
- (2) ディンプル形状よりも溝形状の表面性状のほうが高い摩擦係数を示し、ピッチ間隔が摩擦係数に影響することを確認した。

参考文献

- (1) 田中 博朗：脳動脈瘤クリップ「杉田クリップ」、医科器械学, 74(7), 7(2004), 356-360

(a) Effect of dimple depth

(b) Effect of dimple pitch distance

(c) Effect of various textures

Fig.4 Measurement results of frictional coefficients between test piece and silicone tube