

# チタン製品のバリ取り技術の研究（第2報）

西村 通喜・寺澤 章裕・長田 和真

## Study of the Deburring Process of the Titanium Product (2nd report)

Michiyoshi NISHIMURA, Akihiro TERASAWA and Kazuma OSADA

### 要 約

チタン材料に機械加工を施した際に発生するバリの除去を目的に研究を行った。遊離砥粒加工（ブラスト加工・バレル加工）を用いてチタン試料のバリ取りを行うと、試料表面に砥粒成分が残留するため、除去が困難なセラミックス系の砥粒を用いずにバリ取りを行った。この結果、硬度の低い砥粒を用い表面粗さの変化を少なくして、バリ取りを行うことができた。また、鉄球を用いたバレル加工において、表面に残留した鉄成分を劇薬を用いずに除去することができた。

### 1. 緒 言

チタン材料の特徴<sup>1)</sup>として、比強度が高いこと、錆や薬品に強いなどの耐食性が高いこと、アレルギーを起しにくいなど生体親和性が高いことなどがあり、近年、成長が見込まれる分野での使用が高まっている。

チタン製品の加工は、切削加工やプレス加工など機械加工を中心に行われているが、材料の持つ性質上、加工表面にバリ（不要な突起）が発生しやすい。このため、製品を加工する上でバリを除去する工程が必須である。バリの除去方法には、やすりなどを用い手作業で行う物理的除去方法、電解研磨などの化学的除去方法などがあるが、主に遊離砥粒（ブラスト加工、バレル加工）を用いた方法が多く利用されている。しかし、遊離砥粒を用いた手法は、砥粒がチタン材料表面に残留するなどの問題がある。例えば、医療用製品などの使用用途によっては、手作業でのバリの除去を強いられている。

本研究では、チタン製品のバリ除去を、遊離砥粒加工法（ブラスト加工、バレル加工）により行い、その効果を示すとともに、加工表面における砥粒残留の影響と、その改善方法を検討した。

### 2. 実験及び評価方法

#### 2-1 実験試料

試料素材は、純チタン（2種）とチタン合金(Ti-6Al-4V)を用いた。試料は、NC旋盤を用い、図1のような形状に加工した。除去実験するバリは、外径加工後に端面を0.1mmの切込みで外周から中心方向に加工し、試料端面外周部に生成させた。

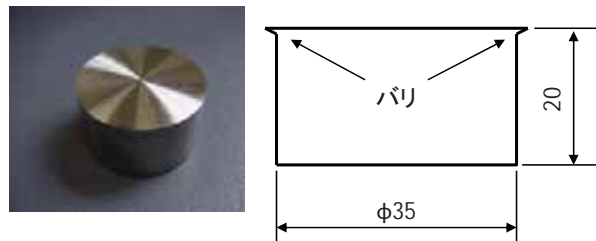


図1 実験試料概要

#### 2-2 ブラスト加工実験

ブラスト加工は、圧縮エアを用いたマイクロブラスト装置（新東ブレーター（株）MB-1）を用いた。この装置は、上部ノズルから研磨材と圧縮空気を混合したものを噴射させ、試料表面を加工するものである。試料は、XYテーブルに固定し、一定速度で移動することで、試料全面を加工する。試料全面を走査させた加工を1回とし、加工回数で評価を行った。加工に用いた砥粒は、砥粒の残留を考慮して、ユリア樹脂を粉砕した熱硬化性プラスチック砥粒（PSU）、桃の種子を粉砕した植物性砥粒（PS）を用いた。加工条件は、表1のとおりである。

表1 ブラスト加工条件

エア圧力	0.3MPa
走査速度	10mm/s
走査ピッチ	2.5mm
使用砥粒	PSU60, PS60（新東工業（株）製）

#### 2-3 バレル加工実験

バレル加工は、図2のような回転バレル装置を用いた。

加工に用いた砥粒は、砥粒の残留を考慮し、素材を純チタン、熱硬化性プラスチック（ペークライト）で直径10mm 長さ20mmの円柱形状のものを試作した。また、市販品の直径約5mmの鉄球を用いた。加工条件は表2のとおりである。



図2 回転バレル装置

表2 バレル加工条件

回転数	20r.p.m
バレル直径	265mm
使用砥粒	純チタン円柱，熱硬化性プラスチック円柱 S.B.5.56（株）チップトン製

#### 2-4 残留砥粒除去実験

純チタン試料を鉄球砥粒でバレル加工した試料表面の鉄成分を除去するため、取り扱いが比較的安全な酸を用いた。120分バレル加工をした試料を10%塩酸・30%酢酸・30%クエン酸溶液に一定時間浸漬させ、その前後の表面元素量より除去効果を求めた。

#### 2-5 バリ取り評価方法

バリ取りの評価は、表面粗さ輪郭形状測定機（ミットヨ（株）CS-H5000CNC）を用い、断面方向で測定した。測定値は、突出しているバリの高さを測定し、外周部の4箇所の平均値を求めた。なお、加工により角が削りこまれている試料もあるが、測定値を0とした。

#### 2-6 表面粗さ評価方法

ブラスト加工やバレル加工は、バリ部分だけでなく試料全体に加工を行う。そのため、加工による試料の表面粗さ変化を測定するため、試料上面の外周付近を表面粗さ輪郭形状測定機で測定し、算術平均粗さ Ra を求めた。

#### 2-7 表面残留砥粒の評価方法

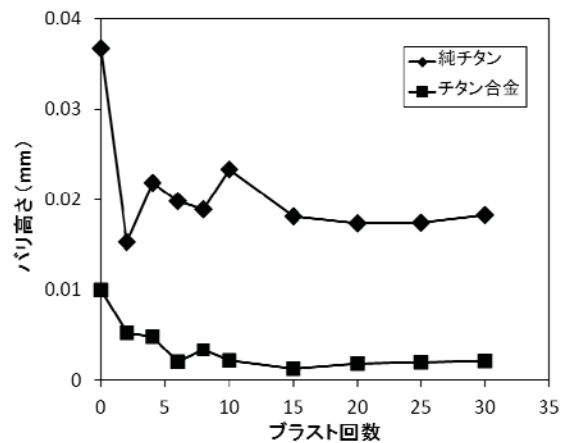
試料表面に残留する元素を、波長分散型蛍光 X 線分析装置（リガク（株）ZSX Primus II）を用い、簡易定量測定を行った。砥粒成分に含まれる代表的な元素の量を、表面に残留している砥粒量とした。

### 3. 結果及び考察

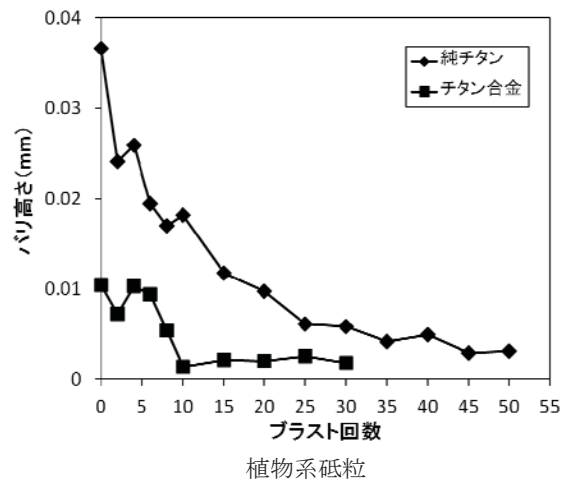
#### 3-1 プラスト加工結果

ブラスト加工回数を変化させバリ取りを行った結果を図3、表面粗さ変化の結果を図4に示す。この結果から、加工回数を重ねるごとに段階的にバリを除去できることがわかった。熱硬化性プラスチック砥粒を用いて純チタンを加工した場合は、バリを完全に除去することはできなかった。これは、純チタンのバリが根元付近で厚いことと、砥粒が柔らかく、加工能力が低いためと考えられる。

表面粗さは、両砥粒ともあまり変化は見られなかった。これは、両砥粒とも金属と比較して、柔らかく加工能力が低いためであると考えられる。

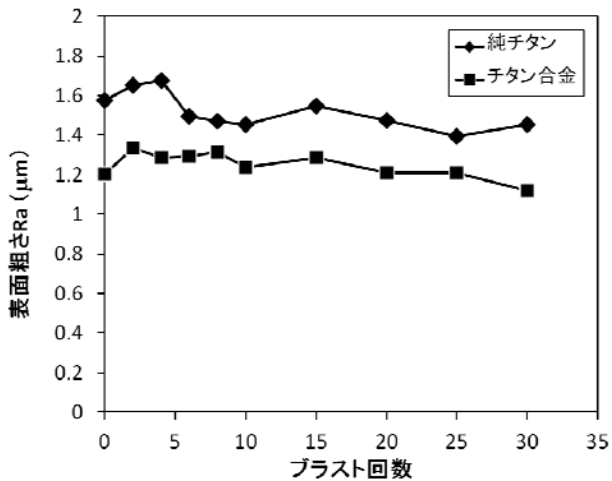


熱硬化性プラスチック砥粒

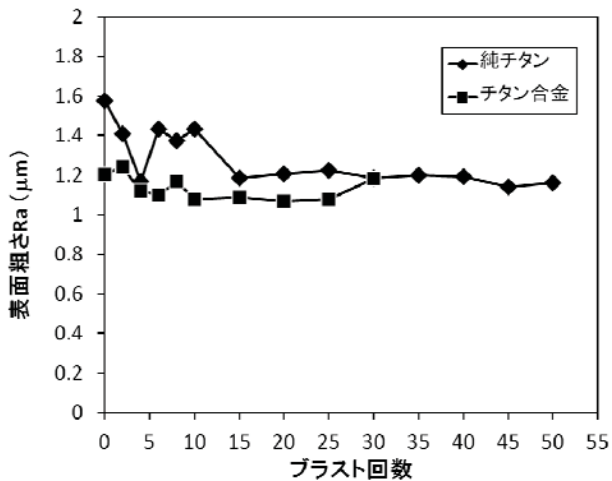


植物系砥粒

図3 プラスト加工回数とバリ除去



熱硬化性プラスチック砥粒

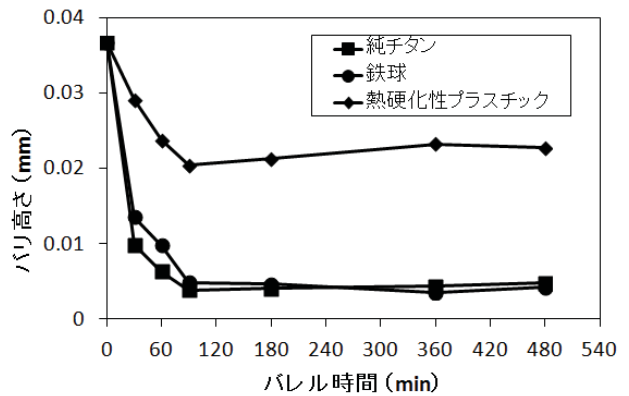


植物系砥粒

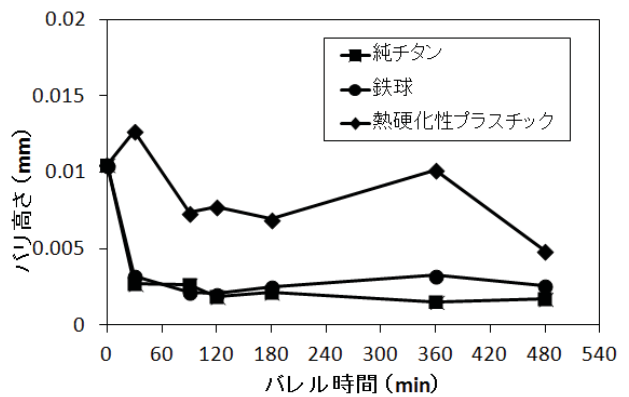
図4 ブラスト加工回数と表面粗さ

### 3-2 バレル加工結果

バレル加工時間を変化させバリ取りを行った結果を図5、表面粗さ変化の結果を図6に示す。純チタン砥粒と鉄球砥粒を用いた場合、約120分程度でほぼバリを除去することができた。熱硬化性プラスチック砥粒を用いた場合、バリは完全に除去できなかった。バレル加工の場合、砥粒の材種や質量、形状などにより効果に影響があるのではないかと考えられる。表面粗さの変化については、チタン合金より柔らかい純チタンの方が変化が大きかった。純チタン試料を純チタン砥粒で加工した場合は、砥粒の角との衝突でできたと思われる打痕により表面が一時的によくはなるが、長時間加工を行うと打痕が表面粗さを悪くすると考えられる。

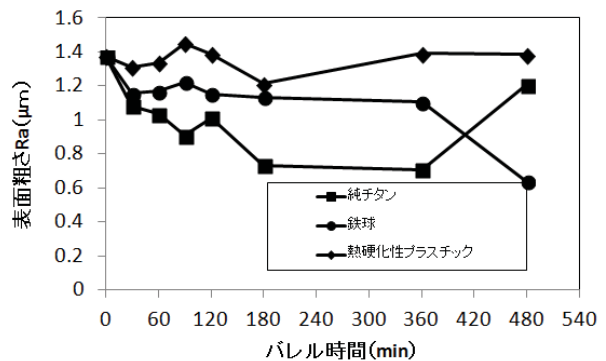


純チタン試料

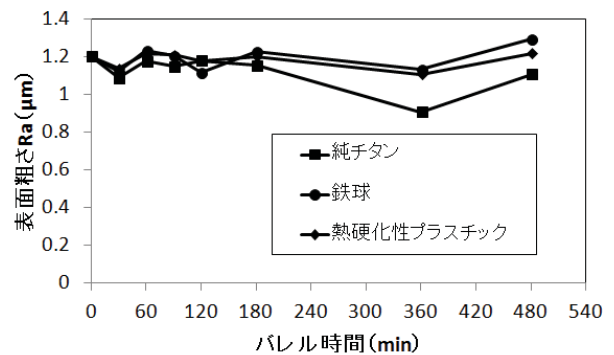


チタン合金試料

図5 バレル加工時間とバリ除去



純チタン試料



チタン合金試料

図6 バレル加工時間と表面粗さ

### 3-3 表面残留砥粒の結果および除去実験結果

ブラスト加工後の純チタン試料表面の元素分析を行った結果の一部を表3に示す。加工に用いた砥粒は、両種とも素材が有機物であるため、表面元素の酸素と炭素の量が増加した。増加量は加工回数の増加による影響は少なく、加工効果の大きい植物性砥粒ほど表面に残留していることがわかった。

バレル加工（120min）後の純チタン試料表面の元素分析を行った結果の一部を表4に示す。バレル加工では、砥粒による残留の影響が少ないことがわかったが、鉄球を用いた加工の場合、表面にFe成分の残留が認められた。

表面に残留したFe成分を除去するために3種類の酸を用いて洗浄を行った結果、2時間で10%塩酸溶液と30%クエン酸溶液で洗浄効果が現れたが、30%酢酸溶液では、洗浄効果はほとんどなかった。

表3 ブラスト加工表面残留元素量

元素	純チタン 試料 未加工	熱硬化性 プラスチック砥粒		植物性 砥粒	
		2回	10回	2回	10回
O	4.32	11.1	14.1	33.1	34
C	0.917	1.92	3.41	18	18.3

単位：mass%

表4 バレル加工表面残留元素量

元素	純チタン 試料 未加工	純チタン 砥粒	鉄球 砥粒	熱硬化性 プラスチック 砥粒
Ti	94.2	89.3	90.8	94.0
O	4.32	8.74	7.31	4.43
C	0.917	1.170	0.984	0.868
Fe	0.0521	0.0475	0.153	0.0509

単位：mass%

## 4. 結 言

チタン材料に機械加工を施した際に発生するバリの除去を目的に研究を行った。遊離砥粒加工（ブラスト加工・バレル加工）を用いてチタン試料のバリ取りを行うと、試料表面に砥粒成分が残留するため、除去が困難なセラミックス系の砥粒を用いずにバリ取りを行った。この結果、硬度の低い砥粒を用い、表面粗さの変化を少なくしてバリ取りを行うことができた。また、鉄球を用いたバレル加工において、表面に残留した鉄成分を劇薬を

用いなくても除去できた。

## 参考文献

- 1)上瀧洋明：目で見えるチタンの加工，日刊工業新聞社，P.2 (2012)