

電子ビーム照射が高純度チタンに与える影響に関する研究

Study on Effect of Electron Beam Irradiation on High Purity Titanium

勝田智宣・宇野義幸*・村上浩二

Tomonori KATSUTA, Yoshiyuki UNO, Koji MURAKAMI

キーワード 大面積電子ビーム照射 / 表面仕上げ / 結晶構造 / 高純度チタン

KEY WORDS Large-area Electron Beam Irradiation / Surface roughness / Micro structure / High purity titanium

1 はじめに

鏡面を得る新たな方法として、電子ビーム照射を用いた大面積電子ビーム装置が1993年に宇野らによって開発された¹⁾。これはExplosive Electron Emission(EEE)という原理を応用し、高密度の電子ビームを約 $\phi 60\text{mm}$ の領域に対して、一括で照射できる特徴を有する装置である。この装置は照射条件によって、従来の研磨加工と比較して非常に高能率で表面粗さを改善させることが可能であることに加えて、材料の耐食性を飛躍的に向上させられる等の特徴を有する。

この大面積電子ビーム装置を用いた研究は岡田、宇野らによって多く行われ^{2)~4)}、チタン合金に対してもその有効性が見出されてきた⁵⁾。本報では、大面積電子ビーム照射が高純度チタンに与える影響について、照射前後の表面粗さや結晶構造変化に対して、実験的検討を行った。

2 実験方法

表1は、実験に用いた高純度チタン(純チタン: TB JIS 2)の化学成分を示す。純チタンは、遷移金属で低温では六方最密構造(hcp)の $\alpha\text{-Ti}$ であるが、1158Kで体心立方構造(bcc)の $\beta\text{-Ti}$ に同素変態し、融点は1941Kである。

電子ビームを照射する高純度チタンの試験片は、超硬合金工具を用いて旋削加工によって作製した。その大きさは分析の都合上、 $\phi 20\text{mm}$ 、厚さ3mmである。また表2は、電子ビームの照射条件である。照射回数は0(未照射)、15、30、50回の4通りを比較した。1回の照射時間は2~3 μs であり、0.2Hz(5秒間に1回)で試料に照射される。

3 実験結果

3.1 照射回数と表面粗さ

図1は、電子ビームの照射回数と表面粗さの関係を示す。図から明らかなように照射前では表面粗さは

Ra0.42 μm であったが、照射回数が増加するにつれて表面粗さが改善され、照射回数50回では表面粗さはRa0.06 μm となった。これは照射回数が増加するにつれ照射エネルギーの総量が増加し、材料表面の溶融量が多くなったためと考えられる。このことから、高純度チタンの表面粗さの改善には電子ビーム一括照射が非常に有効であることが明らかとなった。

3.2 X線回折による結晶構造の同定

電子ビーム照射による高純度チタンの結晶構造の変

表1 化学成分

N	C	H	Fe	O	Ti
0.03	0.08	0.01	0.15	0.15	Bal.

表2 照射条件

エネルギー密度 Ed	8.7 J/cm ²
加速電圧 V	30 kV
照射回数 N	0, 15, 30, 50 回
照射時間 Dp	2-3 μs / 回
照射頻度 Fp	0.2 Hz
ビーム直径 Db	60 mm

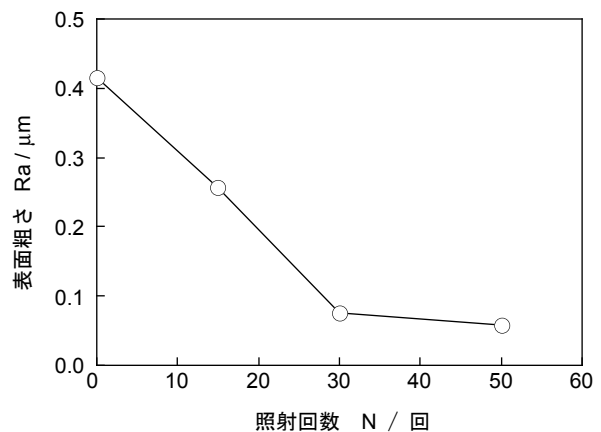


図1 表面粗さと照射回数の関係

* 岡山大学大学院

化を調べるため、X線回折装置(Rigaku社製RINT)を用いて検討を行った。X線の入射角は 0.2° である。図2は、照射回数の違いによるX線回折強度を示す。図より明らかなように、照射前では α -Tiであるhcp構造のピークのみであり、照射回数15回においても α -Tiのhcp構造のみであった。しかしながら、照射前ではhcp構造(0002)のピークはhcp構造(10 $\bar{1}$ 1)より大きかったのに対し、15回の照射後にはhcp構造(10 $\bar{1}$ 1)のピークの方がhcp構造(0002)より大きくなっている。また、30回の照射回数では β -Tiであるbcc構造のピークが出現し、さらに照射を続けると、50回では β -Tiのbcc構造のピークは低下した。

このように、 β -Tiであるbcc構造のピークが出現したり、低下したりするのは以下のように考えられる。電子ビームの照射エネルギーによって金属表面は熔融し、照射終了とともに急冷される。そのため、凝固時には晶出した β -Tiが α -Tiに同素変態するが、一部に変態できなかった β -Tiが残留するものと考えられる。50回の照射回数では β -Tiのbcc構造のピークが減少したが、これは照射エネルギーが大きいと、試験片表面だけでなく試験片内部まで高温になり、冷却速度が低下したことにより起因すると考えられる。つまり照射回数が30回の場合と比較して、50回の照射回数の場合は徐冷されるため、 β -Tiが少なくなったものと推測される。一方、照射回数が15回では β -Tiが出現しなかった理由としては、照射回数が少ないことから照射エネルギーの総量が少ないため、Tiの熔融量、すなわち β -Tiの発生量が少なく、検出できなかったものと考えられる。

4 まとめ

本研究では大面積電子ビーム一括照射による高純度チタンの微細組織の変化について検討した。得られた結論は以下の通りである。

- (1) 高純度チタンの表面粗さの改善には、大面積電子ビームの照射が有効である。
- (2) 本来hcp構造の α -Tiである高純度チタンは電子ビーム照射によって熔融し、凝固時に高温相であるbcc構造である β -Tiの一部が残留する。

参考文献

- 1) 宇野義幸, 岡田晃, 藪下法康, 植村賢介, Purwadi RAHAJO: 大面積パルス電子ビームによる金型の仕上げと表面改質, 電気加工技術, **27**, 86(2003)12-17.
- 2) 岡田晃, 宇野義幸, 藪下法康, 植村賢介, Purwadi RAHAJO: 大面積電子ビームによる金型加工面の高能率仕上げに関する研究(第1報), 精密工学会誌, **69**, 10(2003)1464-1468.
- 3) 岡田晃, 宇野義幸, 仁科圭太, 植村賢介, Purwadi RAHAJO, 佐野定男, 虞 戦波: 大面

積電子ビームによる金型加工面の高能率仕上げに関する研究(第2報), 精密工学会誌, **71**, 11(2005)1399-1403.

- 4) 岡田晃, 石田太輔, 飯尾敦雄, 宇野義幸, 藤原邦彦, 土井憲司: 大面積電子ビームによる手術器具用ステンレス鋼の表面仕上げ, 2007年精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, (2007)75-76.
- 5) 岡田晃, 宇野義幸, 植村賢介, Purwadi RAHAJO: 大面積電子ビームによる生体用チタン合金の高能率表面仕上げ, 電気加工技術, **28**, 89(2004)9-14.

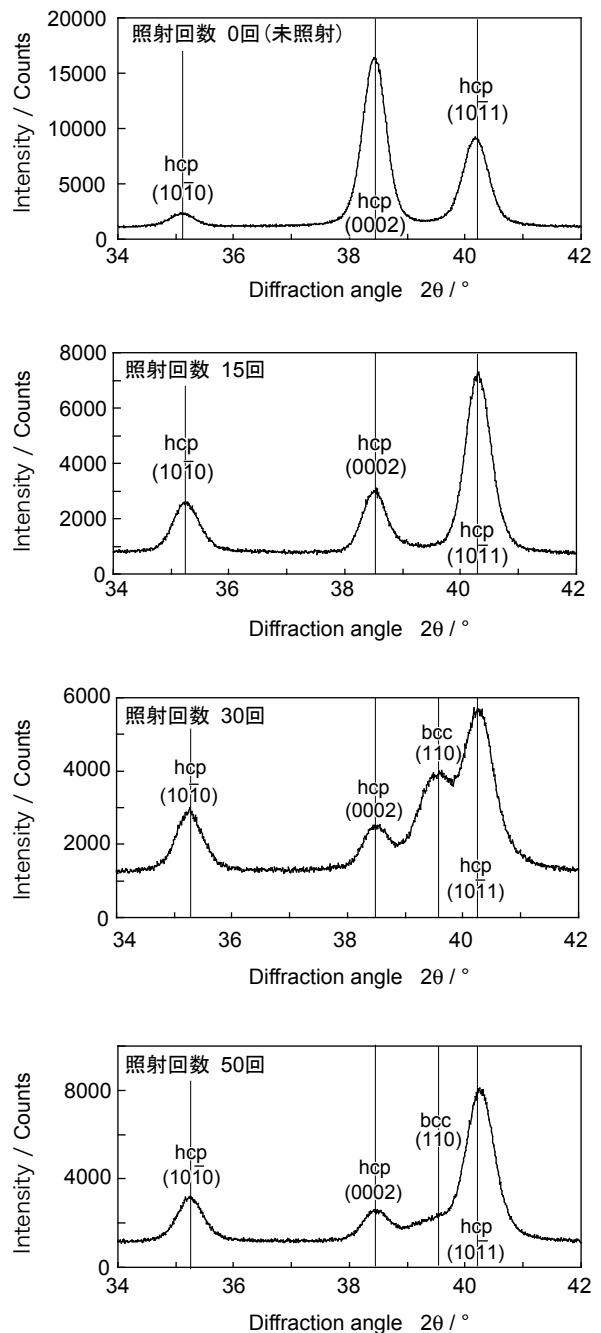


図2 照射回数の違いによるX線回折強度