

大気プラズマを照射したチタン合金の低速二次元切削

苫小牧高専 ○村下伊代称, 長門由輝, 池田慎一, 藤川 昇

要旨

大気プラズマを照射したチタン合金 Ti-6Al-4V 試料の切削に及ぼすプラズマ照射の影響を調べるため, チタン合金の端面を所定の予備切削後, 切削速度 120 mm/min, 切込み量 0.02 mm でプラズマ照射部および無照射部を低速二次元切削し, そのときの切削抵抗の測定および切りくず形状の観察を行った. その結果, 無照射部に比べプラズマ照射部の切削抵抗はわずかではあるが増加した. また, 切りくずのカール半径も増加した.

1. 緒言

著者らはこれまでの研究でオレイン酸に代表される有機極性物質を微量塗布し切削加工を行うと, 切削抵抗, 切削面粗さおよび切りくず厚さが減少することを確認している¹⁾. さらに, 難削材であるチタン合金 Ti-6Al-4V 丸棒にオレイン酸を水道水で均質化したオレイン酸水を供給しながら旋削加工し, 工具刃先への凝着が抑制されることも確認している²⁾. しかしながら, いずれも使用量は少ないものの切削油剤を使用しており, 従来から指摘されている切削油剤に関わる問題の根本的な解決には至らない.

一方で, 著者らのグループはステンレス鋼 SUS304 の板材の端面に大気プラズマを照射して低速二次元切削し, プラズマ照射部で切削抵抗, 切削抵抗の変動量および仕上げ面粗さの増加を確認している³⁾. このプラズマの効果は試料表面の酸化皮膜(不動態皮膜)がエッチング効果により破壊されたため, 表面近傍の転位の移動や表面からの転位の流出が容易となり, 切りくず前方の盛り上がり部が拡大し, 切りくず形状が変化するものとしている. このプラズマの効果はステンレス鋼と同様に表面に不動態皮膜を生成するチタン合金の切削に適用し, 被削性の改善の一考としたい.

そこで, 本研究ではチタン合金 Ti-6Al-4V の板材を切削用試料とし, 試料端面のプラズマ照射部および無

照射部を低速二次元切削したときの切削抵抗および切りくず形状を観察するとにより, チタン合金の切削に及ぼすプラズマ照射の影響を調べる.

2. 実験方法

被削材は板厚 2 mm のチタン合金 Ti-6Al-4V 試料(80 × 30 mm)である. 切削はこの試料の端面(80 × 2 mm)を最大 0.03 mm の切込み量で行うが, 排出される切りくずがカールして試料端面に接触し, 切りくず形状に影響を及ぼすため, 試料端面を 4 領域(1 領域の切削距離は約 20 mm)するように 3 箇所幅約 1 mm の切り欠きを設けた. この切り欠きによって分割されたそれぞれの領域をプラズマ照射部または無照射部とした.

本切削を行う前に試料表面のひずみを均一にするため, 微量のオレイン酸を塗布して切込み量 0.03~0.01 mm まで減少させながら一連の予備切削を行った. 最終的には 3 種の最終切込み量 0.01, 0.02 および 0.03 mm で予備切削面を仕上げた. 本切削は仕上げた予備切削面をアセトンで十分に洗浄した後, 4 領域中の 2 領域に大気プラズマを照射した(プラズマ照射器はキーエンス製の ST-7000)照射部, 残りの 2 領域を無照射部として, 切込み量 0.02 mm, 切削速度 120 mm/min

表 1 切削条件

予備切削	
切削速度	120 mm/min
切込み量	0.03-0.02-0.01 mm
最終切込み量	0.01~0.03 mm
切削油	オレイン酸
本切削	
切削速度	120 mm/min
切込み量	0.02 mm
切削油	無塗布(無照射) プラズマ照射
切削工具	
工具材種	K-10 (WC)
すくい角	5°
逃げ角	6°
刃先先端の丸み	5 μm

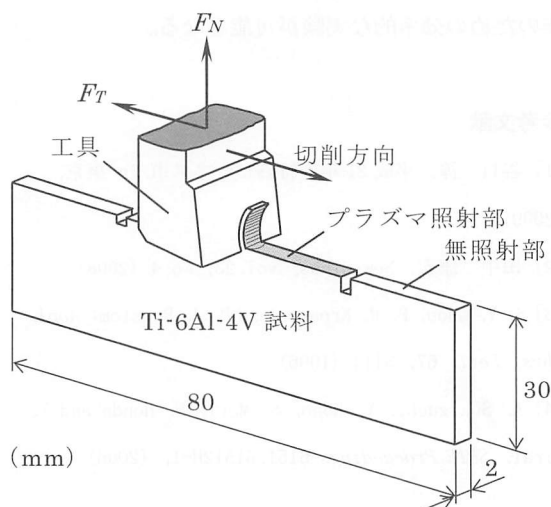


図 1 実験装置模式図

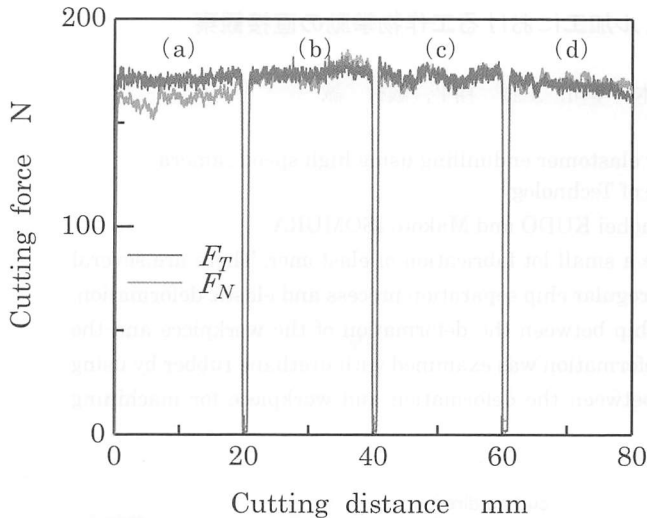


図2 無照射部および照射部の切削抵抗
最終切込み量：0.01 mm，切込み量：0.02 mm，
切削速度：120 mm/min
(a) 無照射部，(b) 照射部，
(c) 照射部，(d) 無照射部

で行った。照射部のプラズマ照射時間は 10 sec，照射器と予備切断面との距離は 10 mm とした。図 1 に実験装置模式図，表 1 に切削条件を示す。

以上の条件で本切削した時の切削抵抗(主分力： F_T ，および，背分力： F_N)を圧電式の工具動力計で測定し，切りくず形状は光学顕微鏡で観察を行い，チタン合金の切削に及ぼす大気プラズマの影響を調べた。

3. 実験結果および考察

3.1 切削抵抗

図 2 に最終切込み量 0.01 mm で仕上げた予備切断面の 4 領域(約 20 mm/領域)をそれぞれ (a) 無照射部，(b)・(c) プラズマ照射部および (d) 無照射部とし，切込み量 0.02 mm，切削速度 120 mm/min で低速二次元切削したときの主分力および背分力を示す。まず，主分力はプラズマ照射の有無に関係なく変動量が約 10 N となっている。そのため，1 領域の切削開始から約 10 mm における平均値で比較する。主分力の平均値は (a) 無照射部では 170 N であるが，(b) 照射部では 173 N にわずかではあるが増加している。(c) 照射部でも 173 N で，(d) 無照射部では，(b) および (c) に比べ減少している。この結果は，プラズマを照射したステンレス鋼の切削の結果と同様の傾向を示している。背分力についても，主分力と同様に，(a) で 163 N，(b) で 172 N，(c) で 172 N および (d) で 170 N を示しており，(a) および (d) の無照射部に比べ，(b) および (c) の照射部の方が大きな値を示している。

以上のように，主分力および背分力はプラズマ照射によって増加する傾向を示している。つまり，予備切断面の表面に生成されている酸化皮膜(不動態皮膜)が，切削進行に伴う工具前方の盛り上がり部の拡大を抑制し，せん断角を増加させるが，プラズマ照射によって，この酸化皮膜が破壊され，工具前方の盛り上がり部が拡大し，せん断角が小さくなり，その結果，主

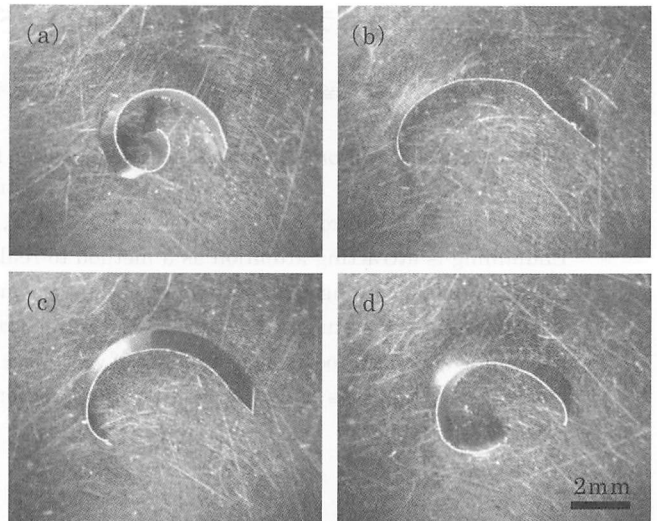


図3 切りくずの光学顕微鏡写真
(a) 無照射部，(b) 照射部，
(c) 照射部，(d) 無照射部

分力および背分力が大きくなったものと考えられる。ただし，試料であるチタン合金はステンレス鋼に比べ n 値が小さいために，プラズマ照射の効果が小さくなったものと考えられる。

3.2 切りくずの観察

図 3 に (a) 無照射部，(b)・(c) プラズマ照射部および (d) 無照射部をそれぞれ切込み量 0.02 mm，切削速度 120 mm/min で低速二次元切削したときの切りくずの光学顕微鏡写真を示す。(a) 無照射部では切削開始時の切りくずのカール半径が約 1.5 mm であるが，切削の進行に伴い約 5 mm に増加している。(b) 照射部では切削開始時でもカール半径が約 5 mm と無照射部と比較して大きくなっている。(c) 照射部でも (b) と同様で，(d) 無照射部では切削開始時のカール半径が約 3 mm と (a) よりも大きいものの，照射部に比べると小さくなっている。切りくずのカール半径は工具すくい面と切りくずの接触面積に密接に関係していると考えられる。通常，チタン合金 Ti-6Al-4V を切削すると鋸刃状の切りくずが排出され，この切りくずが排出されると，せん断角が大きくなり，工具すくい面と切りくずの接触面積が小さくなるため，工具刃先に切削抵抗が集中しチッピングを起こすなど工具摩耗が激しくなるといわれている⁴⁾。本研究で得られたプラズマ照射の効果は切りくずのカール半径を大きくするため，上述の工具摩耗を抑制する可能性がある。

引用文献

- 1) 池田慎一，田頭孝介，中津正志，佐藤謙司：精密工学会誌，66，7 (2000) 1103.
- 2) 金田祥吾，河森貴広，高橋宏典，池田慎一，藤川昇，田頭孝介：2010 年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集，(2010) 29.
- 3) 張春艶，田頭孝介，池田慎一：2005 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集，(2005) 693.
- 4) チタンの加工技術 (日刊工業新聞社)，(1992) 20.