

## プラズマ照射した超硬工具による S45C の切削

苫小牧高専 ○堀川洋平, 池田慎一

### 要旨

切削加工に及ぼすプラズマ照射の影響を調査するため、工具すくい面にプラズマ照射して S45C 試料（板材）を低速二次元切削した。切削は S45C 試料の端面（2mm×100mm）を 120 mm/min, 切込み量 0.02 mm で行った。その時の切削抵抗の測定、工具表面および切りくず形状の観察を行った。その結果、工具すくい面にプラズマ照射することで切削抵抗および摩擦係数が増加した。

### 1. 緒言

一般に切削加工を行う際は、工具摩耗の抑制、被削性向上等の目的で切削油剤を使用するが、製品の洗浄等によるコスト増加、作業環境の悪化等が懸念される。さらに、工場における消費電力の 4 割を切削油剤関連が占めると言われており、切削油剤に関わる問題は多岐に渡る<sup>1)</sup>。しかし、Ti-6Al-4V のようなチタン合金の切削加工では、被削材の熱伝導率が小さく工具材料との親和性が高いために工具摩耗が顕著に現れる切削油剤が必要不可欠である<sup>2)</sup>。

著者らのグループは、切削油剤に関わる問題を解決するために、完全乾式切削の基礎研究を行っており、最終的にはチタン合金 Ti-6Al-4V の完全乾式を目標としている。現在、基礎研究の段階であるが、超硬工具に大気プラズマを照射することで、S45C の丸棒の切削において切削抵抗および逃げ面摩耗幅 VB がプラズマ照射していない工具に比べ減少することを確認している<sup>3)</sup>。この結果を考慮し、構成刃先を積極的に利用するための低切削速度域（約 30 m/min）および一般に構成刃先が発生しないとされている高切削速度域（約 150 m/min）でも同様の実験を行った。しかし、低切削速度域では工具摩耗がほとんど進行せずプラズマ照射による変化を確認できなかった<sup>4)</sup>。また、高切削速

度域も切削抵抗や工具摩耗の違いは見られず、プラズマ照射の影響は確認できなかった。上述した結果から、工具すくい面へのプラズマ照射は工具を保護する安定した構成刃先の生成が寄与しており、高切削速度域では切削速度の影響を大きく受け構成刃先が生成されにくくなり、プラズマ照射による変化を確認できなかったと考えられる。つまり、プラズマ照射の効果は切削中の構成刃先の状態に影響を受けるものと考えられる。

そこで、本研究では、切削加工に及ぼすプラズマ照射の影響を詳細に調査するため、工具すくい面にプラズマ照射した切削工具で S45C の板材の端面を低速二次元切削し、その時の切削抵抗の測定、切削工具刃先および切りくず形状の観察を行う。

### 2. 実験方法

被削材は板厚 2mm の S45C 試料（100×30）で、試料端面の中央に切り欠きを設け、2 領域（1 領域 50mm）を切削する。これは、排出される切りくずが連続して排出されるため、カールした切りくずが試料端面に接触し、切りくず形状に影響を及ぼすためである。使用機械は NC フライス（牧野フライス KE-55）、測定には圧電式工具動力計（キスラー製 8257B）を使用する。

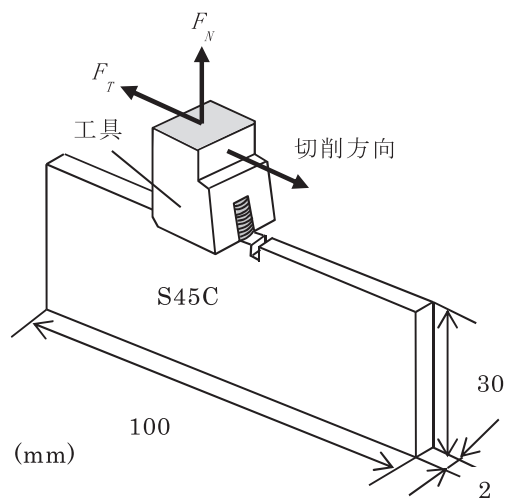


図1 切削の概要

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 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
プラズマ照射	
照射距離	10mm
照射時間	10sec
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	5μm

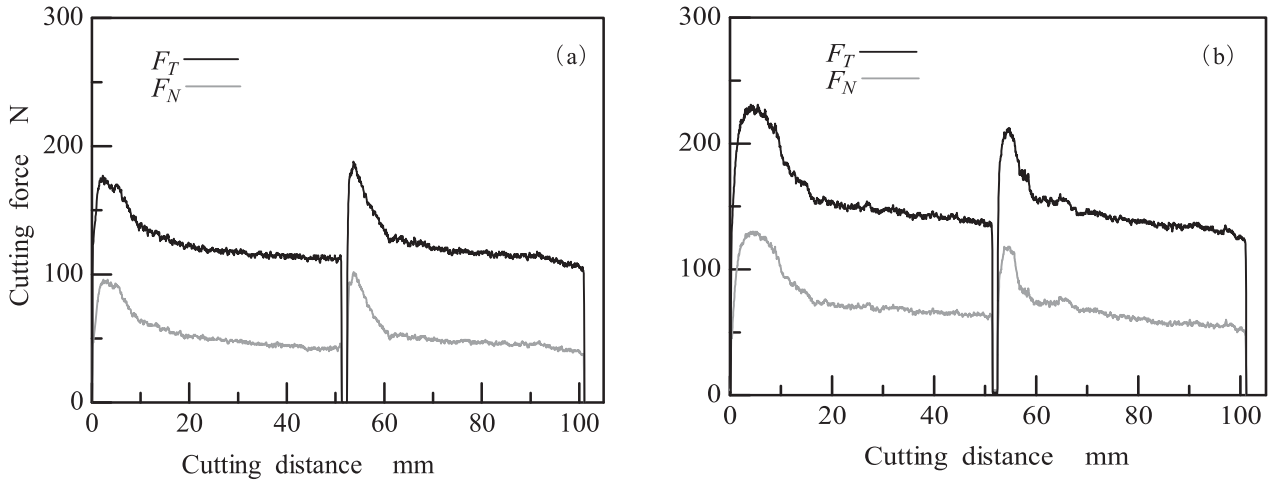


図2 切削抵抗に及ぼすプラズマ照射の影響  
 最終切込み量：0.01 mm，切込み量：0.02 mm，切削速度：120 mm/min  
 (a) プラズマ照射していない工具 (b) プラズマ照射した工具

本切削を行う前に、試料表面のひずみを均一にするために、切込み量 0.03~0.01mm まで減少させながらオレイン酸を微量塗布し予備切削を行い、予備切削面をアセトンで十分に洗浄し仕上げた。その後、無照射時の本切削は、切削速度 120mm/min 切込み量 0.02mm でそのまま行った。一方、プラズマ照射時の本切削は、キーエンス製のプラズマ照射器(ST-7000)を用いて、照射距離を 10mm、照射時間を 10s として工具すくい面に大気プラズマを照射後、無照射時と同様の切削条件で切削を行った。

以上の条件で本切削した時の切削抵抗(主分力:  $F_T$ 、背分力:  $F_N$ )を工具動力計で測定し、工具刃先および切りくずを光学顕微鏡で観察し、切削加工に及ぼすプラズマ照射の影響を調べた。

### 3. 実験結果および考察

図2に予備切削面の2領域(50mm/領域)を、切込み量を 0.02mm、切削速度を 120mm/min とし、(a) プラズマ照射していない工具(以下、無照射工具)および(b) プラズマ照射した工具(以下、プラズマ照射工具)で切削した時の主分力および背分力を示す。主分力及び背分力は切削距離に伴い切削開始から 10mm まで大きく変化するため、ほぼ定常状態となる切削開始から 25mm (領域 1) の最大値で示すと、主分力は (a) 約 120N、(b) 約 150N、背分力でも (a) 約 50N、(b) 約 70N と、いずれもプラズマ照射により切削抵抗の最大値は増加している。

次に、主分力および背分力の値より工具すくい面と切りくずの間の摩擦係数を算出する。図3に(a) 無照射工具および(b) プラズマ照射工具で切削した時の摩擦係数の計算結果を示す。切削抵抗の結果と同様に切削開始時か 25mm の主分力と背分力より算出した摩擦係数を最大値で示すと (a) が 0.48、(b) が 0.43 となる。つまり、工具表面にプラズマを照射することにより摩擦係数は大きくなっている。

以上の結果より工具すくい面にプラズマを照射して S45C 板材の端面を低速二次元切削し、プラズマを照射

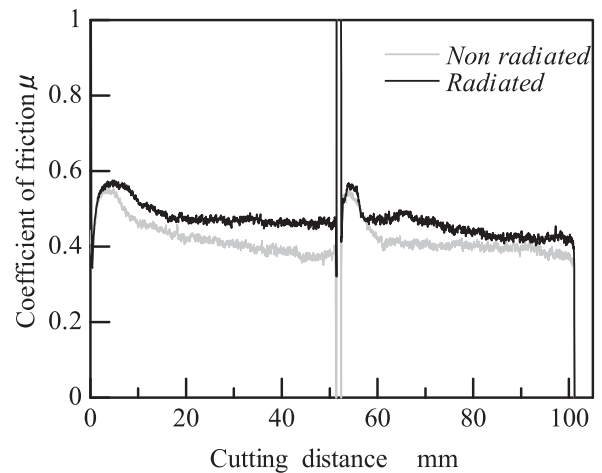


図3 摩擦係数に及ぼすプラズマ照射の影響

した工具で切削抵抗および摩擦係数の増加を確認した。この工具すくい面と切りくずの間の摩擦係数の増加は、プラズマ照射により工具すくい面の濡れ性が向上したことによるものと考えられる。工具表面の濡れ性の向上は無照射工具に比べ、工具刃先への構成刃先の生成を促進させる可能性がある。切削速度 120 mm/min では、工具刃先に構成刃先の生成は確認できるが、プラズマ照射による付着量等については大きな違いは確認できなかった。今後、切削速度を増加させ、工具刃先の SEM 観察等によりプラズマ照射が及ぼす構成刃先の生成への影響について詳細に調べる。

#### 引用文献

- 1) 機械技術(日刊工業新聞社), (1999).
- 2) チタンの加工技術(日刊工業新聞社), (1992), 20.
- 3) 堀川洋平, 藪静流, 馬場康成, 池田慎一, 2014年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集, (2014), 15-16.
- 4) 堀川洋平, 永井一城, 池田慎一, 2015年度精密工学北海道支部学術講演会講演論文集, (2015), 33-34.