

## プラズマ照射した超硬工具による金属切削

苫小牧高専 ○堀川洋平, 永井一城, 池田慎一

### 要旨

大気プラズマを照射した超硬工具で $\phi 40 \times 150$  mm の S45C の丸棒を切削速度 22~36 m/min, 送り量 0.04 mm/rev および切込み量 0.5 mm で切削し, 切削抵抗の測定および工具刃先の観察を行った. その結果, 低切削速度では切削抵抗および工具摩耗に及ぼすプラズマ照射の影響がほとんど確認できなかった.

### 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, チタン合金 Ti-6Al-4V のような難削材は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の一つの方法として, 切削油剤を使用しない完全乾式切削の実用化に向けた基礎研究を行っている. この完全乾式切削では工具表面に大気プラズマを照射した超硬工具で S45C の丸棒を切削し, プラズマ照射した工具での切削抵抗および逃げ面摩耗幅 VB は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. これは工具すくい面にプラズマ照射することにより工具すくい面の濡れ性が向上し, 構成刃先が生成されやすくなり, その結果, 工具刃先が保護され, 工具摩耗が抑制され切削抵抗が減少したとしている<sup>3)</sup>.

上述した丸棒の切削は, 一般に構成刃先が生成されないとされている 110~135 m/min という切削速度領域<sup>4)</sup>で行ったにも関わらず, プラズマ照射した工具のすくい面では構成刃先が確認されている. このプラズマ照射により生成された構成刃先が工具を保護することが可能であれば, 構成刃先が生成されやすい切削条件におけるプラズマ照射の効果(切削抵抗の減少や工具摩耗の抑制)がより顕著に現れると考えられる.

そこで, 本研究では S45C の丸棒を旋削用試料とし, 切削工具表面に大気プラズマを照射し, 構成刃先を積極的に生成させるために, 低切削速度域での切削を行い, そのときの切削抵抗の測定および切削後の切削工具の顕微鏡観察から S45C の切削に及ぼす大気プラズマ照射の影響を調べる.

### 2. 実験方法

切削用試料は S45C の丸棒で, その形状は $\phi 40 \times 150$  mm である. 本実験の予備切削および本切削の切削条件を表 1 に示す. いずれの切削も卓上精密旋盤で行い, 本切削を行う前に加工変質層などの状態を同一にするため, 予備切削を行った. 予備切削の切削条件は本切削の直前に切削速度約 110 m/min, 送り量 0.08 mm/rev および切込み量 0.1 mm で, 切削油剤を使用せずに切削し仕上げた. その後, 本切削は切削速度 22~36 m/min, 送り量 0.04 mm/rev, 切込み量 0.5 mm で

工具すくい面および逃げ面にプラズマ照射した工具あるいは照射していない工具で行った. プラズマ照射時は切削工具表面に大気プラズマをキーエンス製のプラズマ照射器(ST-7000)を用い, 照射器と工具表面との距離を 10 mm とし, 照射時間 10 sec で照射を行った. 切削工具へのプラズマ照射は試料(丸棒)の同一径を切削するごと(切削距離約 350 m)に行った.

以上の条件で本切削した時の切削抵抗(主分力:  $F_T$ , 送り分力:  $F_A$  および背分力:  $F_N$ )を工具動力計で測定し, 切削工具は光学顕微鏡で観察を行い, S45C 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

図 1 に切削速度が 22~36 mm/min, 送り量が 0.04 mm/rev, 切込み量が 0.5 mm の条件で (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, 照射工具)で, それぞれ約 4000 m 切削したときの主分力, 送り分力および背分力の変化を示す. 主分力, 送り分力および背分力はそれぞれ約 30 N, 約 30 N および約 20 N の変動があるため平均値で示している. 切削距離は約 350 m までは予備切削面を切削し, それ以降については一度切削した面を切削している. そのため, 切削距離は繰り返し切削した距離を合計したものとす.

表 1 切削条件

予備切削	
切削速度	110 m/min
送り量	0.08 mm/rev
切込み量	0.1 mm
切削油剤	なし
本切削	
切削速度	22~36 m/min
送り量	0.04 mm/rev
切込み量	0.5 mm
切削油剤	なし
切削工具	
工具材種	K-10 (WC)
すくい角	0°
逃げ角	11°
前切刃角	30°
横切刃角	0°
刃先先端の丸み	5 $\mu$ m

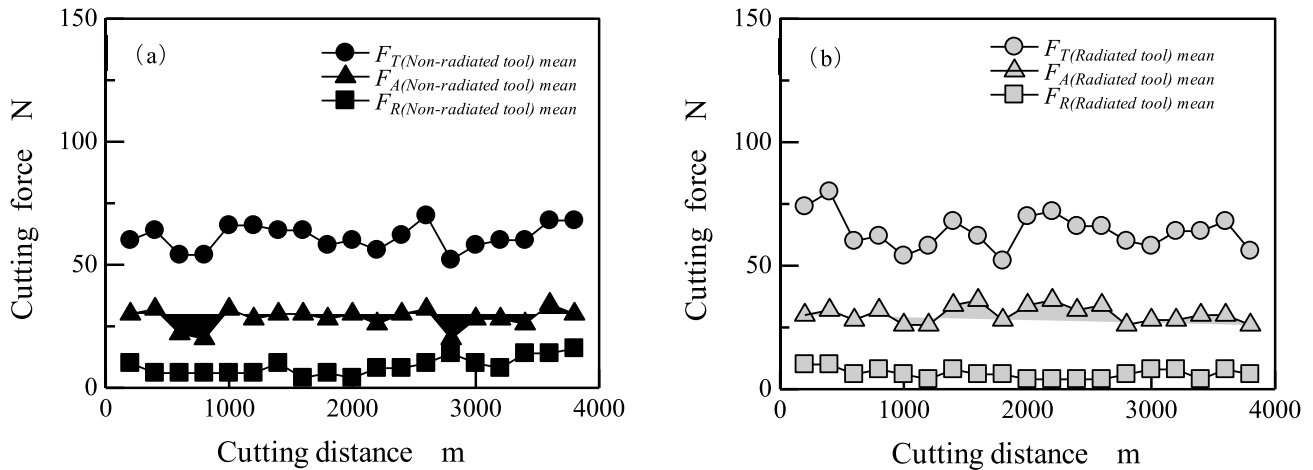


図1 プラズマを照射していない工具およびプラズマ照射した工具で切削したときの切削抵抗  
(a) プラズマ無照射工具使用時, (b) プラズマ照射工具使用時

まず、無照射工具で切削したときの主分力は切削距離 200 m で約 60 N、400 m で約 65 N という値を示している。送り分力および背分力については、それぞれ切削距離 200 m で約 30 N および約 10 N、400 m で約 30 N および約 5 N という値を示している。一方、照射工具で切削したときの主分力は切削距離 200 m で約 75 N、400 m で約 80 N という値を示しており、無照射工具に比べて約 15 N 大きくなった。送り分力および背分力については、それぞれ切削距離 200 m で約 30 N および約 10 N、400 m で約 30 N および約 10 N という値を示している。切削距離 600 m 以上ではプラズマ照射の有無に関わらず主分力、送り分力および背分力がそれぞれ 50~80 N、25~35 N および 5~10 N の範囲で不規則に増減しており、切削工具表面へのプラズマ照射の有無による違いはほとんど見られなかった。

図2に約 700 m 切削するごとに切削工具の光学顕微鏡観察を行い、逃げ面摩耗幅 VB および境界摩耗幅 VN を測定した結果を示す。逃げ面摩耗幅 VB については、構成刃先が生成されやすくするために切削速度を低く設定していることもあり、工具摩耗が進行しにくい条件となっている。そのためプラズマ照射の有無に関わらず低い値を示している。境界摩耗幅 VN については、切削距離約 700 m での無照射工具および照射工具の境界摩耗幅 VN は 0.05 mm および 0.07 mm で、切削距離約 4000 m ではそれぞれ 0.29 mm および 0.31 mm に増加しており、切削距離の増加に伴い境界摩耗は進行している。しかし、切削抵抗と同様に、プラズマ照射による違いはほとんど確認できない。

以上、工具すくい面および逃げ面にプラズマ照射した工具で S45C の丸棒を切削したが、切削抵抗、逃げ面摩耗幅 VB および境界摩耗幅 VN ではプラズマ照射による違いはほとんど見られなかった。これらの結果は切削速度 110~135 m/s での実験結果とは異なる傾向を示した。切削速度 110~135 m/s での実験結果では、逃げ面摩耗幅 VB が切削距離の増加に伴い増加しており、切削抵抗の平均値もプラズマ照射により減少する

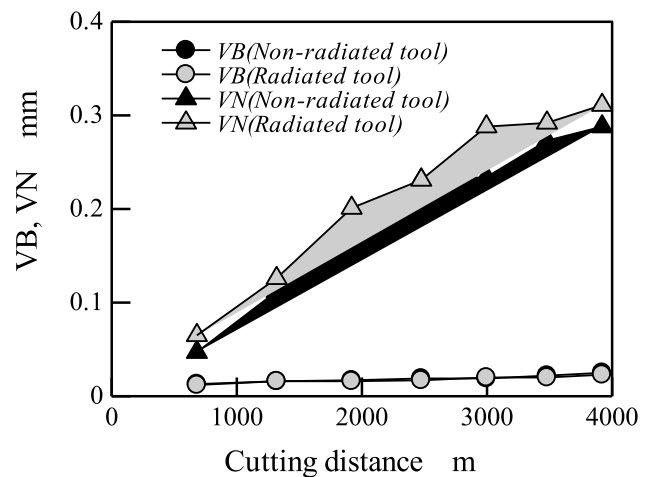


図2 工具摩耗に及ぼすプラズマ照射の影響

ことを確認している。つまり、工具表面にプラズマ照射することにより工具摩耗が抑制され、切削抵抗が減少したものと推測できる。本研究の切削速度は構成刃先を積極的に利用するための条件としたことで、工具摩耗がほとんど進行せず、切削抵抗にも変化が見られなかった。以上のことから、工具表面へのプラズマ照射の効果は、構成刃先が生成しない高切削速度域で有効であると考えられる。

#### 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) 中島利勝, 鳴瀧則彦, 機械加工学, コロナ社, (2011), 15-17