

プラズマ照射した超硬工具による切削加工

苫小牧高専 ○堀川洋平, 藪 静流, 馬場康成, 池田慎一

要旨

大気プラズマを照射した超硬工具で S45C および SUS304 の丸棒を切削速度 110~135mm/min, 送り量 0.04mm/rev および切込み量 0.5mm 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, 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減少した. さらに, 工具摩耗に関してもにげ面摩耗幅 VB が減少した.

1. 緒言

著者らのグループは大気プラズマを照射したステンレス鋼 SUS304 の板材の端面を低速二次元切削し, プラズマ照射部での切削抵抗および仕上げ面粗さの変化を確認している. このプラズマの効果は試料表面の酸化皮膜 (不動態皮膜) がプラズマのエッチング効果により破壊され, 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としている¹⁾.

同様に, 難削材であるチタン合金 Ti-6Al-4V の板材の端面に大気プラズマを照射し低速二次元切削を行い, プラズマ照射部での切削抵抗および切りくずカール半径の変化を確認している. チタン合金におけるプラズマの効果は, プラズマ照射による予備切削面の濡れ性の向上が, チタン合金切削時に通常観察される鋸刃状の切りくずの生成過程に影響を及ぼし, 切削抵抗の増加は伴うものの工具すくい面と切りくずの接触面積が小さくなるとしている. この接触面積の減少はチタン合金切削時に見られる激しい工具摩耗の軽減の可能性も示唆している²⁾. いずれの場合も試料表面に直接プラズマを照射した低速二次元切削であるため, 実際の加工への適用には様々な問題があるものと思われる. しかしながら, 上述したプラズマの効果には工具摩耗に及ぼす影響が少なからず存在することから, 切削油剤の使用に関わる諸問題解決の一助となるものと考えられる.

そこで, 本研究では S45C および SUS304 の丸棒を旋削用試料とし, 大気プラズマを従来の試料表面ではなく切削工具表面に照射し, 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 および SUS304 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

切削用試料は S45C および SUS304 の丸棒で, その形状は $\phi 60 \times 150\text{mm}$ である. 本実験の予備切削および本切削の概要を図 1 に, 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, 予備切削を行う. 予備切削の切削条件は本切削の直前に切削速度約 135m/min, 送り量 0.08mm/rev および切込み量 0.1mm で, 切削油剤を使用せずに切削し仕上げる. その後, 本切削は予備切削時の様々な影響を取り除くためにアセトンで洗浄し, 無照射時の切削は切削速度 110~135mm/min, 送り量 0.04 および 0.08mm/rev, 切込み量 0.5mm でそのまま行う. 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 10mm とし, 照射時間 10sec で照射後, 切削を行う.

表 1 切削条件

| | |
|---------|-------------------|
| 予備切削 | |
| 切削速度 | 135 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 | 110~135 m/min |
| 送り量 | 0.04, 0.08 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 μ m |

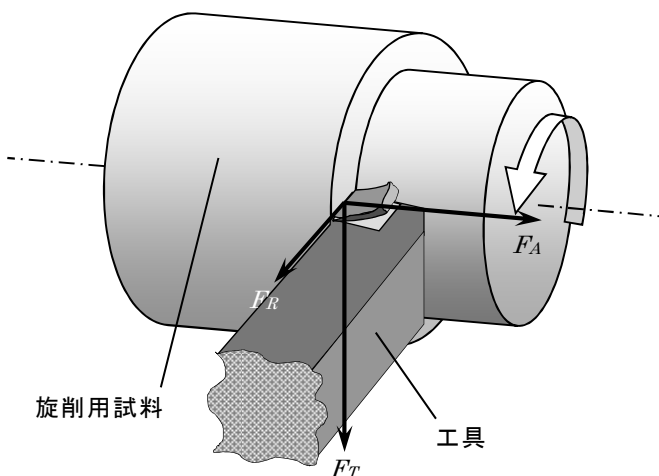


図 1 旋削装置の概要

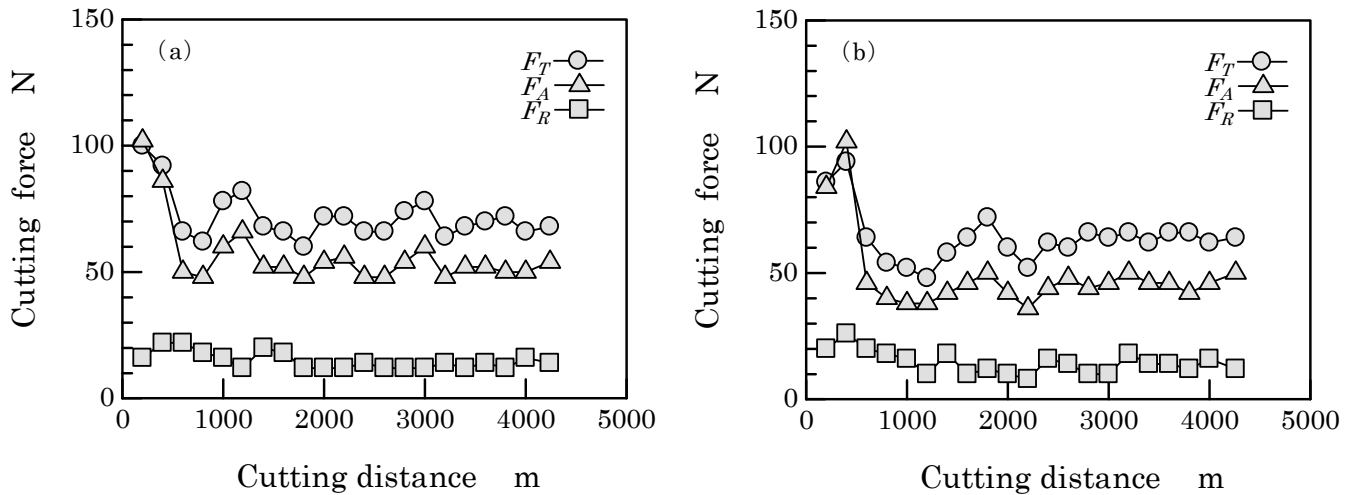


図2 プラズマを照射していない工具およびプラズマ照射した工具で切削したときの切削抵抗
(a) プラズマ無照射工具使用時, (b) プラズマ照射工具使用時

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500m)に行った。

以上の条件で本切削したときの切削抵抗(主分力: F_T , 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およびSUS304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2に切削速度が110~135mm/min, 送り量が0.04mm/rev, 切込み量が0.5mmの条件で(a)プラズマ照射していない工具および(b)プラズマ照射した工具で, それぞれ約4000m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変動があるため平均値で示している。切削距離は約500m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る。

まず, 切削開始から切削距離約500mまでは切削工具へのプラズマ照射の有無に関係なく切削抵抗は大きな値を示している。これは切削距離約500mまでは本切削で加工変質層が薄い予備切削面を切削しているためと考えられる。それ以降は一度切削することにより生成される予備切削面より厚い加工変質層を切削するため, 切削抵抗が小さな値を示していると考えられる。

次に, プラズマを照射していない切削工具で切削したときの主分力は上述したように切削距離200mで約100N, 400mで約90Nという値を示している。送り分力および背分力についても, それぞれ切削距離200mで約100Nおよび約15N, 400mで約85Nおよび約20Nという値を示している。切削距離600m以上での主分力, 送り分力および背分力は, 約70N, 約55Nおよび約15Nと変動があるもののほぼ一定の値を示している。一方, プラズマを照射した切削工具で切削したときの主分力, 送り分力および背分力は切削距離200mで約85N, 約85Nおよび約20N, 400mで約95N, 約100Nおよび約25Nという値を示している。切削距離600m以上ではわずかに増加傾向を示しているが切削距離

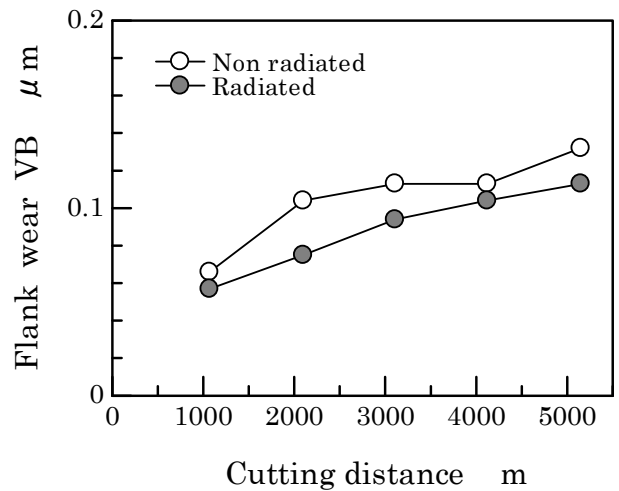


図3 にげ面摩耗幅VBに及ぼすプラズマ照射の影響

3000m以上ではそれぞれ約65N, 約45Nおよび約15Nと一定の値を示しており, 切削工具へプラズマを照射し切削することにより切削抵抗の減少が確認できる。

図3に切削工具を約1000m切削ごとに光学顕微鏡観察を行い, にげ面摩耗幅VBを測定した結果を示す。プラズマ照射の有無に関係なくにげ面摩耗幅は切削距離の増加に伴い増加している。さらに, 切削工具にプラズマを照射することにより, わずかではあるが摩耗幅は減少している。つまり, 切削工具にプラズマを照射することにより, 工具摩耗を抑制する効果が確認できた。これは工具表面にプラズマを照射することにより工具表面の濡れ性が向上し, 工具すくい面およびにげ面に安定した構成刃先が生成され, これが工具刃先を保護し, 工具摩耗が抑制されたものと考えられる。

引用文献

- 1) 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.
- 2) 村下伊代称, 長門由輝, 池田慎一: 2013年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集, (2013) 87.