

プラズマ照射した超硬工具によるチタン合金の切削について

苫小牧高専 ○佐々木吏壺, 満保 睦, 池田慎一 いすゞエンジン製造北海道(株) 江口政司

要旨

大気プラズマを照射した超硬工具でφ70×120mmのチタン合金 Ti-6Al-4V 丸棒をエマルジョンタイプの切削油剤を供給しながら切削速度 50~100m/min, 送り量 0.08mm/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, 切削油剤を供給しながらでも工具表面へのプラズマ照射は無照射工具に比べ工具摩耗を抑制する効果が確認できた.

1. 緒言

チタン合金の切削加工は小熱伝導率のために刃先近傍が高温となり, 工具寿命を著しく低下させる. さらに, 強い凝着性を示し, この凝着現象はチタン合金切削における工具損傷などの工具寿命低下に直結すると言われている¹⁾. そのため切刃の凝着はく離損傷を避ける目的から, アルミニウム合金を始めとする他の金属材料に比べて極めて非能率的な加工条件を選択しなければならないのが現状である.

これらの問題を解決するための方法の一つとして, 著者らのグループは, チタン合金 Ti-6Al-4V の切削に S45C の切削において, 超硬工具表面に大気プラズマを照射し切削することで工具摩耗が抑制され切削抵抗が減少する効果²⁾を適用した. その結果, チタン合金 Ti-6Al-4V 丸棒を所定の予備切削後, 切削速度 50~100m/min, 送り量 0.08mm/rev および切込み量 0.5mm の切削条件で, 切削工具表面に大気プラズマを照射した超硬工具を用い, 同一試料を繰り返し切削すると, 無照射工具に比べ切削抵抗は増加傾向を示したものの工具摩耗に関しては抑制効果が確認できた³⁾. これは, 工具すくい面および逃げ面にプラズマ照射することにより工具表面の濡れ性が向上し, 構成刃先が生成されやすくなり, 最終的に工具刃先が保護される効果に応用した方法である.

一方, 宋らはチタン合金 Ti-6Al-4V の切削を各種コーティング工具で行い, コーティング層の違いによる構成凝着層なる保護層の安定した生成が工具摩耗の抑制に効果があることを見出している⁴⁾.

しかし, いずれも Dry 切削での結果であり, CNC 加工機を使用したチタン合金 Ti-6Al-4V の切削では上述のように刃先近傍が高温となることから切削油剤の使用は不可欠と考えられる. 通常, 切削油剤を使用した場合, 安定した構成刃先に起因する工具の保護効果が維持できるかについては不明な点がいくつかある.

そこで, 本研究ではチタン合金 Ti-6Al-4V 丸棒を切削用試料とし, 切削工具表面に大気プラズマを照射した超硬工具を使用し, CNC 旋盤により, 切削速度を一定とした切削条件で, 終始切削油剤を使用しながら同一試料を繰り返し切削し, こ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を行う. これらの結果からチタン合金 Ti-6Al-4V の切削抵抗および工具摩耗に及ぼす切削工具表面への大気プラズマ照射の影響を調べる.

2. 実験方法

切削用試料はチタン合金 Ti-6Al-4V 丸棒で, その形状はφ70×120mm (切削部分は 100mm とする) である. 本研究の予備切削および本切削はいずれも CNC 旋盤 (DMG 森精機 NL-2500/700) 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 65m/min, 送り量 0.08mm/rev および切込み量 0.1mm で, 金属用の一般的なエマルジョンタイプの切削油剤を使用し仕上げる. その後, 本切削は切削速度 50~100m/min, 送り量 0.08mm/rev, 切込み量 0.5mm 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切削油剤を供給しながら行った. 切削工具表面へのプラズマ照射は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, 照射時間 10sec で大気プラズマの照射を行う. 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ことで行った.

以上の条件で総切削距離が最大で約 4500m になるまで本切削し, その時の切削抵抗 (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った.

3. 実験結果および考察

図 1 に切削速度 50mm/min, 送り量 0.08mm/rev, 切込み量 0.5mm の条件でプラズマ照射していない工具 (以下, 無照射工具) およびプラズマ照射した工具 (以下, 照射工具) で, それぞれ約 4500m まで切削油剤を供給しながら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最大で約 20N, 約 10N および約 10N の変動があるため最大値で示している. 切削距離は切削用試料の外周を一度切削すると約 250m となり, 一度目は予備切削面を切削することになる. その後, 同試料の二度目の切削では一度切削した面を切削することになる. 切削距離については, これら 20 回の切削距離を全て合計した距離を切削距離とする.

まず, 無照射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に関わらず, ほぼ一定で約 90N, 約 40N および約 20N という値を示している. 照射工具で切削したときもほぼ同様の値を示しており, 切削抵抗に及ぼす工具表面へのプラズマ照射の影響に

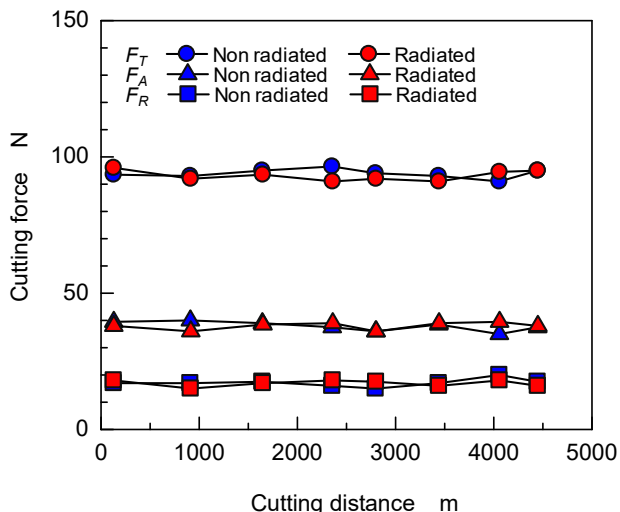


図1 切削抵抗に及ぼす切削工具へのプラズマ照射の影響 (切削速度 50m/min)

については、切削距離 4500m まで、ほとんど確認できない。これは、Dry 切削で工具表面にプラズマ照射することで工具表面の濡れ性が向上し、工具すくい面と排出する切りくずのすくい面側との摩擦力が増加し、切削抵抗をわずかに増加させていたが、切削油剤を供給することで、摩擦力が低減され、その結果、切削抵抗ではプラズマ照射の影響がみられなかったと考えられる。

図2に約500m 切削するごとに切削工具のにげ面の光学顕微鏡観察を行い、逃げ面摩耗幅 V_B および境界摩耗幅 V_N を測定した結果を示す。にげ面摩耗幅はプラズマ照射の有無に関わらず切削距離の増加に伴い増加し、無照射工具では切削距離約4500m で約0.07mm であるが、照射工具では約0.05mm と V_B が抑制されていることが確認できる。境界摩耗幅についても同様の傾向を示している。これらの結果は切削油剤を供給しながら切削した場合の切削抵抗の結果とは異なったが、Dry 切削での結果とは一致した。

図3に切削速度 100mm/min、送り量 0.08mm/rev、切込み量 0.5mm の条件で無照射工具および照射工具で、それぞれ切削油剤を供給しながら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。切削速度 100m/min の結果では、無照射工具および照射工具の結果に加え、切削油剤の供給開始を通常の切削前からではなく、切りくずをわずかに排出する切削後からとした照射工具の結果も合わせて示している。切削速度 100m/min では、無照射工具で約670m、照射工具で約370m 切削後にそれぞれチッピングが確認できる。同様の切削条件において Dry 切削では無照射工具で約110m、照射工具で約90m と、それぞれ切削油剤の供給により、チッピングが発生するまでの切削距離が無照射工具で約6倍、照射工具でも約4倍に伸びている。また、切削油剤の供給開始を切りくず排出後からとした場合、約340m でチッピングが発生しており、切削速度によってはプラズマ照射が工具保護の効果ではなく、凝着摩耗などを促進させチッピング発生までの切削距離を短くしたものと考えられる。

以上の結果から、切削速度 50m/min での工具表面へのプラズマ照射が工具表面の濡れ性を向上させること

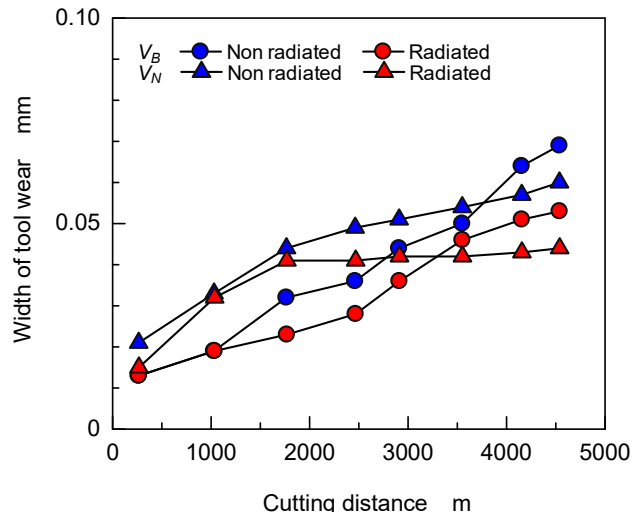


図2 すくい面摩耗幅 V_B および境界摩耗幅 V_N に及ぼす切削工具へのプラズマ照射の影響 (切削速度 50m/min)

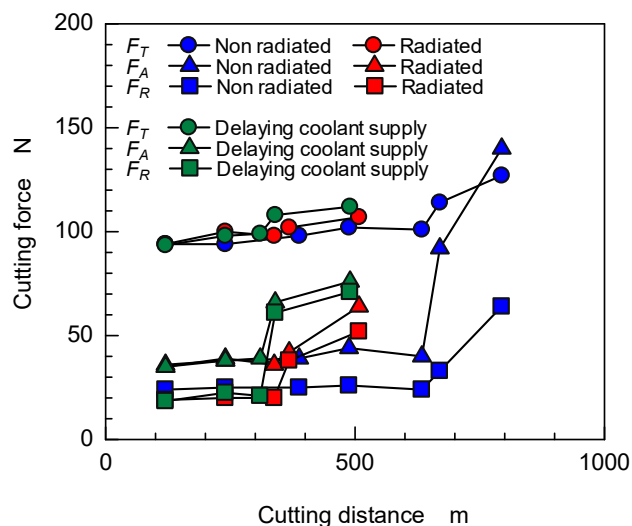


図3 切削抵抗に及ぼす切削工具へのプラズマ照射の影響 (切削速度 100m/min)

で生成される安定した構成刃先により工具が保護され工具摩耗が抑制される効果は切削油剤を使用しても確認でき、同様に、切削速度 100m/min の Dry 切削で確認されているプラズマ照射によりチッピングが発生するまでの切削距離を減少させる効果についても同様に確認できた。いずれも切削油剤の使用により工具刃先の冷却が効果的に行われ、プラズマ照射の効果が期待できる切削速度域を上げることを確認できた。

引用文献

- 1) 篠崎賢二他：精密工学会誌, 66, 2 (2000) 224.
- 2) 堀川洋平, 池田慎一, 2016年度日本機械学会北海道支部学術講演会講演論文集, (2016), 57.
- 3) 堀川洋平, 池田慎一, 2016年度日本機械学会北海道支部学術講演会講演論文集, (2016), 57.
- 4) 宋小奇他, 日本機械学会論文集, Vol.86, No.881 (2020), DOI:10.1299/transjsme. 19-00229.