

DLC コーテッド工具のドライ切削性能に関する研究

機械・材料技術部 材料加工チーム 横 田 知 宏
横 内 正 洋
芝浦工業大学 デザイン工学部 澤 武 一

本研究では、アルミニウム合金に対する DLC コーテッド工具のドライ切削性能を明らかにすることを目的とした。2 種類の DLC をコーティングした工具とノンコート超硬工具を用いて、アルミニウム合金 A5052 に対して断続及び連続切削実験を行った。その結果、水素フリーDLC (ta-C) コーテッド工具を用いた断続切削の場合だけにおいて、良好なドライ切削が可能であることを見出した。

キーワード：Diamond-like carbon (DLC) , ドライ切削, アルミニウム合金, 溶着

1 はじめに

近年、生産プロセスにおいて CO₂ 排出量削減などの対策をとることが重要な課題となっている。切削油剤を使用しない乾式（ドライ）切削は、工作機械の電力消費を削減できるため、CO₂ 排出量を抑える手段として有効であるといえる。しかしながら、アルミニウム合金に対しては切削時に工具への溶着発生があるため、ドライ切削は容易ではないという問題がある。

アルミニウム合金の切削には Diamond-like Carbon (DLC) コーティングが有効であるという報告があり、最近 DLC コーテッド工具が広く普及してきている。しかしながら、ドライ切削における DLC コーティングの性能は明確ではないため、アルミニウム合金のドライ切削を実用的に行うためには、ドライ切削が可能な DLC コーテッド工具の適用範囲を明確にすることが重要である。

そこで本研究では、アルミニウム合金に対する DLC コーテッド工具のドライ切削性能を明らかにすることを目的とした。アルミニウム合金 A5052 に対して、2 種類の DLC をコーティングした工具とノンコート超硬工具を用いて断続及び連続切削実験を行い、工具すくい面の摩擦係数や工具への溶着の有無を評価した。

2 実験方法

旋盤を用いた二次元切削実験を行った。図 1 に、実験装置の概略図を示す。本装置では、被削材の端面をバイトで切削することにより、二次元切削を実現している。被削材にアルミニウム合金 A5052 の丸棒を用いた。断続切削には図 2 (a) に示すように幅 5 mm、中心線部分の弧の長さ約 9.4 mm の凸部（以下、切削部）を持つ被削材を用いた。連続切削には図 2 (b) に示す幅 5 mm の筒状の被削材

を用いた。バイトホルダを切削動力計に固定し、切削中の切削抵抗を測定した。切削条件は、切削速度 150 m/min、送り量 0.05 mm/rev、切削油剤を供給しないドライとした。切削時間は、断続切削実験では 10 s、連続切削実験では 5 s とした。工具には市販の超硬合金製チップを用い、DLC をコーティングしたものと未コートのものを用意した。DLC コーティングは、フィルタードアーク蒸着法による水素フリーの ta-C (Tetrahedral Amorphous Carbon) と PECVD 法による水素含有の a-C:H (Hydrogenated Amorphous Carbon) である（膜厚はともに 0.3 μm ）。工具のすくい角は 5°、逃げ角は 6°である。

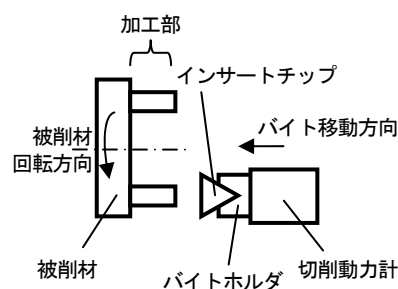


図 1 実験装置の概略図

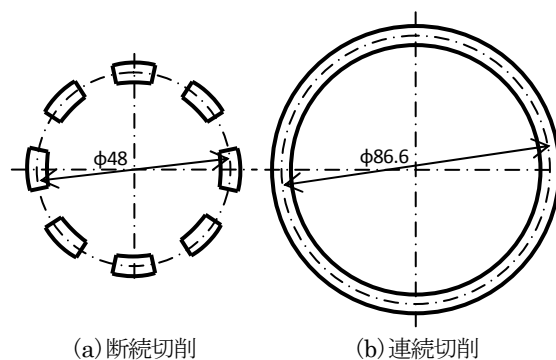


図 2 被削材形状

3 実験結果

3. 1 断続切削

図 3 に、断続切削中の工具すくい面摩擦係数の経時変化を示す。摩擦係数は以下の式より算出した。

$$\text{摩擦係数} = \frac{F_c \sin \gamma + F_t \cos \gamma}{F_c \cos \gamma - F_t \sin \gamma} \quad (1)$$

(F_c : 主分力, F_t : 背分力, γ : 工具すくい角)

いずれの工具でも初期の摩擦係数はほぼ等しく 0.8 程度であった。その後 ta-C 工具では値が急激に低下し、約 0.3 で一定となった。a-C:H 工具でも値が低下したが、その低下量は僅かであった。一方、超硬工具では約 3 s まで値がほとんど変化せず、その後上昇する傾向を示した。

実験で得られた切りくずを観察した。ta-C 工具で切削した切りくずの多くは小さくカールした形状であり、工具すくい面との接触部には光沢があった。このことは切削時間 (10 s) の間に、工具すくい面へのアルミニウム合金の溶着がほとんど発生していなかったことを示している。一方、a-C:H 工具と超硬工具で切削した切りくずは、カールせず表面に光沢がないものがほとんどであった。従って、a-C:H 工具と超硬工具では、切削の比較的早い時刻から工具への溶着が発生していたと考えられる。

図 4 に、断続切削後の工具すくい面の観察像を示す。ta-C 工具のすくい面には僅かに溶着が認められる程度であるが、a-C:H 工具のすくい面にはより明確に溶着が認められた。また、超硬工具のすくい面には著しい溶着が発生していた。工具への溶着発生は、加工面性状を悪化させることが知られている。従って、A5052 のドライ断続切削で良好な加工面が得られるのは、ta-C 工具を用いた場合のみであることが分かった。

3. 2 連続切削

図 5 に、連続切削中の工具すくい面摩擦係数の経時変化を示す。図には最初の 1.5 s のみ示した。いずれの工具でも摩擦係数は約 0.8 と高い値で推移しているが、ta-C 工具と a-C:H 工具では約 0.7 s、超硬工具では約 0.4 s で値が大きく乱れ始めた。図 6 に、連続切削後の工具すくい面の観察像を示す。連続切削後の工具すくい面には、いずれの工具でもほぼ同様の著しい溶着が発生した。従って、摩擦係数が大きく乱れたのは、工具すくい面へ著しい溶着が発生したことが原因であると考えられる。ta-C 工具と a-C:H 工具では摩擦係数が乱れ始める時刻が超硬工具よりも遅いことから、DLC コーティングに溶着の発生するタイミングを遅らせる効果があることが認められる。しかしながらその差は僅かであり、ドライ連続切削では DLC コーティングでも溶着発生を防ぐことはできないことが明らかになった。

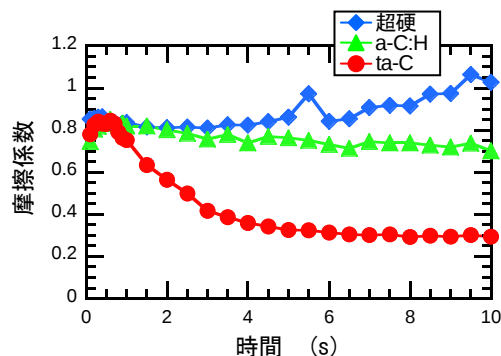


図 3 断続切削時の摩擦係数変化

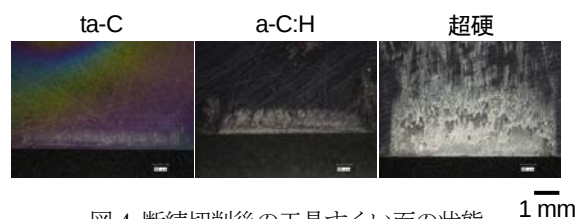


図 4 断続切削後の工具すくい面の状態 1 mm

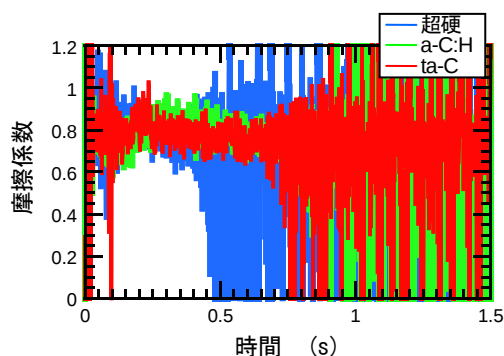


図 5 連続切削時の摩擦係数変化

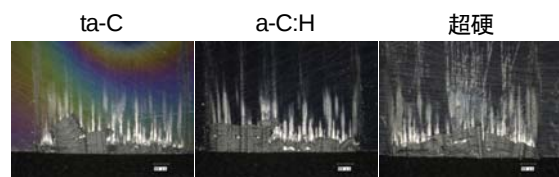


図 6 連続切削後の工具すくい面の状態 1 mm

4 おわりに

アルミニウム合金に対する DLC コーテッド工具のドライ切削性能を明らかにすることを目的とし、A5052 に対して断続及び連続切削実験を行った。その結果、以下の知見を得た。

- 1) 断続切削では、ta-C 工具を用いた場合のみ、工具への溶着が発生せず良好なドライ切削が可能である。
- 2) 連続切削では、DLC コーティングに溶着発生までの時間を多少遅らせる効果があるが、溶着発生を防ぐことはできない。