

## 研究論文

# Ti-6Al-4V 合金の高速ミリング加工における バインダレス cBN の工具摩耗

菅野祐介<sup>\*1</sup>、河田圭一<sup>\*1</sup>、児玉英也<sup>\*1</sup>

## Tool Wear of Binderless cBN in High Speed Milling of Ti-6Al-4V Alloy

Yusuke KANNO<sup>\*1</sup>, Keiichi KAWATA<sup>\*1</sup> and Hideya KODAMA<sup>\*1</sup>Industrial Research Center <sup>\*1</sup>

バインダレス cBN(cubic Boron Nitride)工具によるチタン合金(Ti-6Al-4V)の高速ミリング加工を行い、刃先の工具摩耗・チップング状態などを観察した。その結果、給油方法がドライや湿式(水溶性切削油)では切削速度 300m/min において、刃先の損耗が激しく寿命が短かった。一方、給油方法を MQL(Minimum Quantity Lubrication)(合成エステル)にすると微小なチップングは発生するものの、切削距離 1757m で最大逃げ面摩耗が 0.02mm と小さいことがわかった。

### 1. はじめに

チタン合金は鉄鋼材料に比べ比強度が高く、耐食性に優れており、航空宇宙・化学プラント・医療など様々な分野で使用されている。チタン合金は熱伝導率が低いため、超硬合金の工具では、切削速度を高速にすると刃先温度が高温になり工具の強度が低下し、急速に摩耗が進行する。よって、切削速度を遅くして加工せざるを得ず、切削効率が低いことが課題である。

超硬合金より耐熱性の高い工具材料の一つに cBN があるが、本研究ではその中でも特に硬度・熱伝導率の優れたバインダレス cBN 工具を使用した。Ti-6Al-4V 合金の旋削加工については、バインダレス cBN 工具が超硬工具に比べて優れた耐摩耗性を示すことが報告されている<sup>1),2)</sup>。一方、バインダレス cBN 工具を用いたミリング加工については、生体用のバナジウムフリーチタニウム合金についての研究が報告されている<sup>3)</sup>が、チタン合金の中で最も広く使用されている Ti-6Al-4V 合金に関する報告例はほとんど見られない。そこで本研究ではバインダレス cBN 工具による Ti-6Al-4V 合金の高速ミリング加工を実施し工具摩耗を調べた。

### 2. 実験方法

#### 2.1 加工条件

加工試験の様子を図 1 に示す。加工機は立形マシンングセンタ(YBM640V、YASDA 製)を使用した。工具にはバインダレス cBN 工具のほか、比較用として超硬工具を用いた。工具は、ボーリングバーを短く切断して

コレットチャックした工具ホルダ(図 2)に、旋削用のチップを取り付け回転させることによって、ミリング工具のように使用した。加工条件を表 1 に示す。加工試験は最大逃げ面摩耗が 0.2mm になるまで続けた。ただし、切削距離 1757m(除去体積 30cc)で 0.2mm に達していないときはその時点で終了とした。

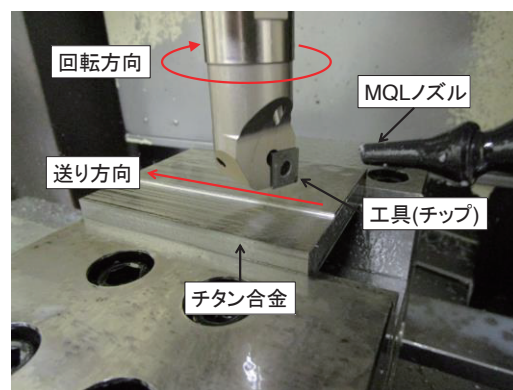


図 1 加工試験の様子

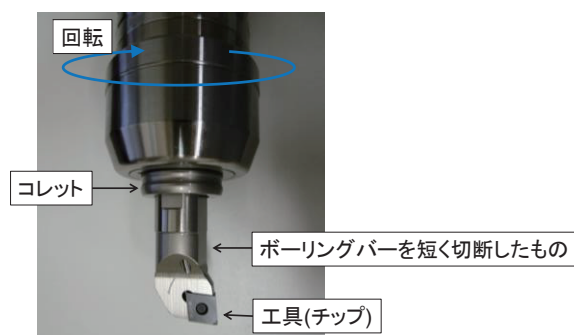


図 2 工具ホルダ

表 1 加工条件

工具	超硬合金 CNMG120408-MS	バインダレス cBN CNGA120408 T01215
被削材	Ti-6Al-4V	
工具ホルダ	刃径：φ34mm A.R.：-6度 R.R.：-13度	
切削速度 Vc	100m/min 300m/min	300m/min 400m/min 500m/min
軸方向切込み ap	1mm	
径方向切込み ae	1mm	
1刃送り fz	0.1mm/tooth	
給油方法	湿式(水溶性切削油) MQL(合成エステル)	ドライ 湿式(水溶性切削油) MQL(合成エステル)

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 工具損耗

##### 3.1.1 超硬工具の結果

超硬工具を用いて表 1 の条件にて加工試験を実施した。切削速度(以下「Vc」)100m/min は給油方法を湿式と MQL で試験し、Vc300m/min は MQL で試験した。図 3 に切削距離と最大逃げ面摩耗の関係を示す。図 4 に加工試験後の刃先の写真を示す。

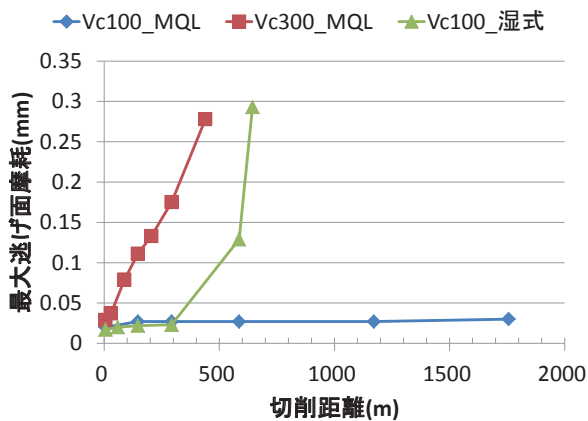
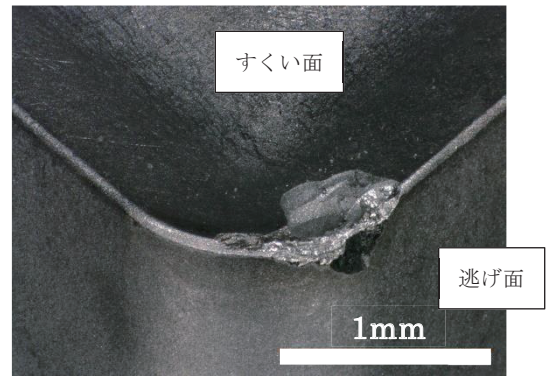


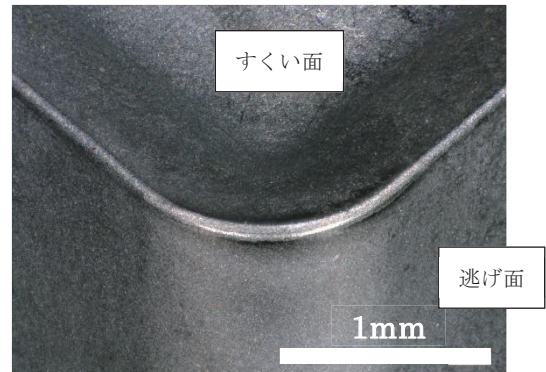
図 3 超硬工具の最大逃げ面摩耗

Vc100m/min について、切削距離 300m 程度までは湿式と MQL で最大逃げ面摩耗に差はなかったが、その後、湿式は最大逃げ面摩耗が増大し、切削距離 644m で最大逃げ面摩耗 0.29mm となった。そのときの刃先の状況は図 4①のとおり、逃げ面、すくい面ともにチッ

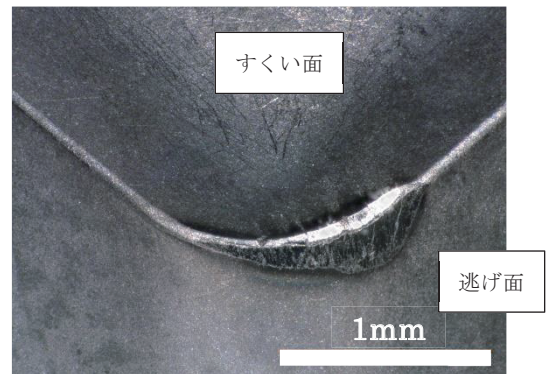
ピングしていた。一方、MQL はその後も摩耗はほとんど進展せず、切削距離 1757m で最大逃げ面摩耗 0.03mm となった。そのときの刃先の状況は図 4②のとおりである。この結果から Vc100m/min においては冷却性に優れた湿式より潤滑性に優れた MQL のほうが工具摩耗の抑制に効果があった。しかし、Vc300m/min では、MQL でも最大逃げ面摩耗は初期から増加し続け、切削距離 439m で最大逃げ面摩耗 0.28mm となった。そのときの刃先の状況は図 4③のとおり、逃げ面が大きく摩耗している。これは切削温度が高く工具強度が低下して、逃げ面摩耗が大きくなったためと考えられる。



①Vc100m/min、湿式、切削距離 644m



②Vc100m/min、MQL、切削距離 1757m



③Vc300m/min、MQL、切削距離 439m

図 4 加工試験後の刃先の写真

3.1.2 バインダレス cBN 工具の結果

バインダレス cBN 工具を用いて表 1 の条件にて加工試験を実施した。Vc300m/min は給油方法をドライ、湿式及び MQL で試験し、Vc400、Vc500m/min は MQL で試験した。図 5 に切削距離と最大逃げ面摩耗の関係を示す。図 6 に加工試験後の刃先の写真を示す。

Vc300m/min について、給油方法がドライの場合、切削距離 29m で最大逃げ面摩耗 0.2mm となった。その時の刃先の状況は図 6①のとおり、逃げ面が摩耗し刃先に被削材が凝着していた。湿式の場合、切削距離 117m で最大逃げ面摩耗 0.31mm となった。その時の刃先の状況は図 6②のとおり、逃げ面、すくい面ともにチッピングしていた。MQL の場合、Vc300m/min では切

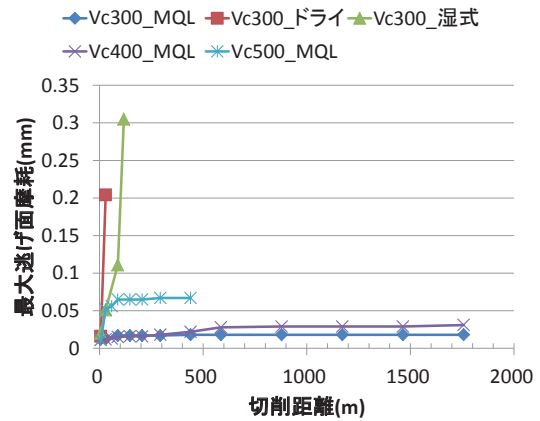
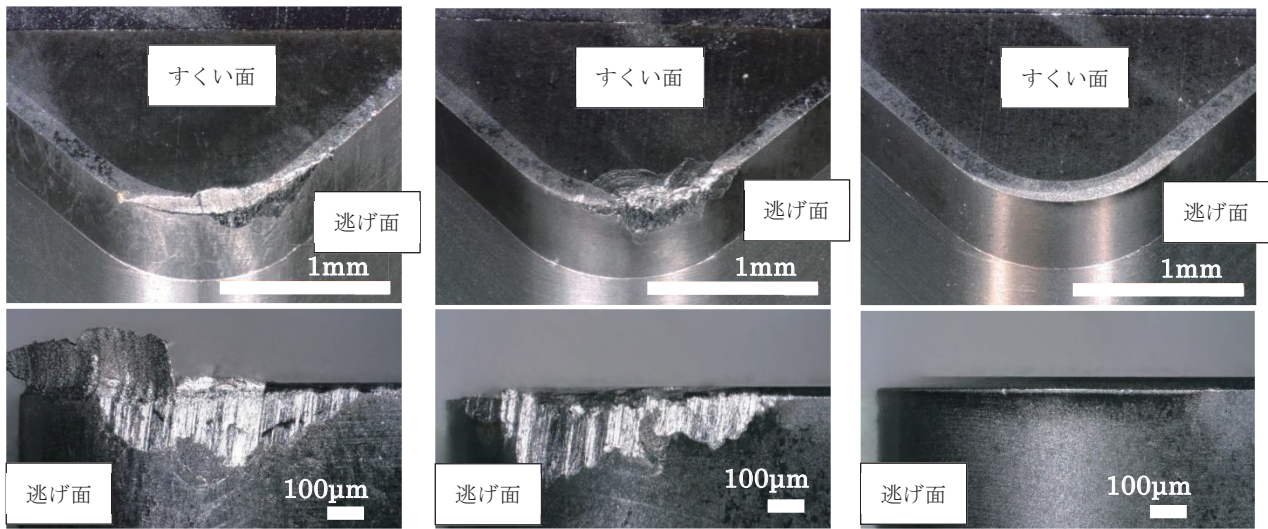
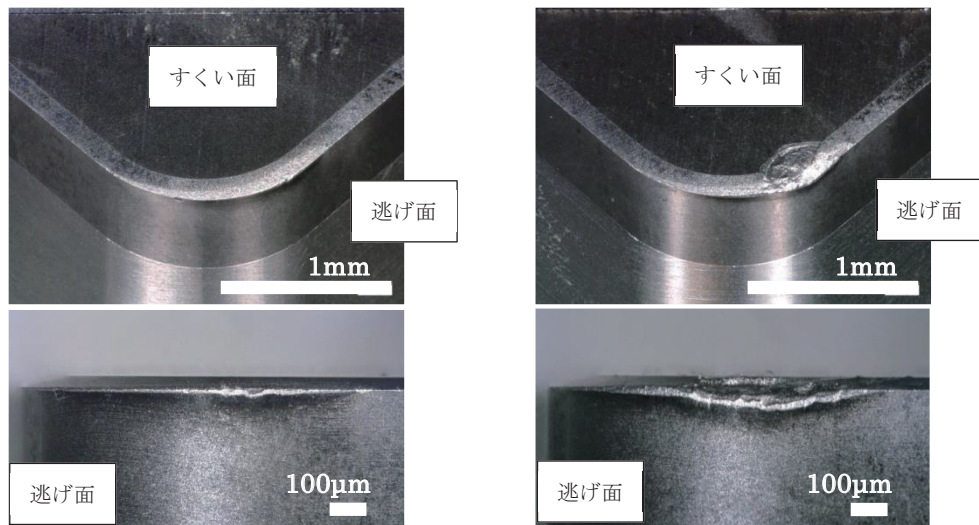


図 5 バインダレス cBN 工具の最大逃げ面摩耗



①Vc300m/min、ドライ、切削距離 29m ②Vc300m/min、湿式、切削距離 117m ③Vc300m/min、MQL、切削距離 1757m



④Vc400m/min、MQL、切削距離 1757m ⑤Vc500m/min、MQL、切削距離 439m

図 6 加工試験後の刃先の写真

削距離 1757m で最大逃げ面摩耗 0.02mm となった。その時の刃先の状況は図 6③のとおり、微小なチッピングは発生するものの逃げ面摩耗は小さかった。

Vc400m/min では Vc300m/min と比較すると図 6④のようにチッピングの程度が大きくなったが、切削距離 1757m で最大逃げ面摩耗 0.03mm であった。Vc300、400m/min いずれもチッピング主体の損傷であった。一方、Vc500m/min では初期から摩耗が大きくなり、切削距離 439m ですくい面にフレーキングが発生したため、その時点で終了とした。その時の刃先の状況は図 6⑤のとおり、Vc300、400m/min とは異なり、切削初期から逃げ面からすくい面にかけて摩耗していき、すくい面のフレーキングに至った。理由としては、Vc500/min の切削温度がバインダレス cBN の耐熱性を超えた可能性が考えられる。また、切削温度が高く MQL の潤滑性が効いていない可能性も考えられる。

#### 4. 結び

バインダレス cBN 工具による Ti-6Al-4V 合金の高速ミリング加工を実施し工具摩耗を調べたところ、以下のことが明らかになった。

- (1) Vc300m/min において、ドライや湿式(水溶性切削油)では刃先の損耗が激しく寿命が短かった。一方、給油方法を MQL(合成エステル)にすると微小なチッピングは発生するものの、切削距離 1757m で最大逃げ面摩耗が 0.02mm と小さいことがわかった。
- (2) 給油方法が MQL で Vc400m/min と Vc300m/min を比較すると、Vc400m/min ではチッピングの程度が大きいが、切削距離 1757m で最大逃げ面摩耗は 0.03mm であった。刃先の損傷形態は、チッピング主体であった。
- (3) 給油方法が MQL で Vc500m/min では初期から逃げ面からすくい面にかけて摩耗していき切削距離 439m ですくい面のフレーキングに至った。

#### 文献

- 1) 住友電工ハードメタル株式会社: 切削工具 総合カタログ 2021-2022, L24-L25
- 2) 廣崎憲一, 舟田義則, 坂谷勝明: 石川県工業試験場 平成 14 年度研究報告, **52**, 1
- 3) 廣崎憲一, 新谷一博, 加藤秀治, 兼氏歩: 精密工学会誌, **72**(11), 1397(2006)