

研究ノート

セラミック工具によるチタン合金の切削加工特性について

菅野祐介^{*1}、河田圭一^{*1}、児玉英也^{*1}

Cutting Characteristics of a Ceramic Tool in Machining Titanium Alloy

Yusuke KANNO^{*1}, Keiichi KAWATA^{*1} and Hideya KODAMA^{*1}Industrial Research Center ^{*1}

セラミック工具でチタン合金を切削加工して工具の損耗を観察した。その結果、エンゲージ角や切削速度が工具の損耗に影響することがわかった。また、切削の様子を高速度カメラで撮影することにより、切りくずが刃先に付着したまま再び被削材に突入していることがわかった。このことが刃先の激しい損耗や切りくずが伸びてホルダに巻き付くことの原因の一つであると考えられる。

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機材料として幅広く使用されている。最近では、航空機の低燃費化を目的として CFRP の適用が増えていることから、耐食性と熱膨張率において CFRP との適合性に優れているチタン合金の需要が増大している。しかし、チタン合金は、熱伝導率が低く刃先温度が上昇しやすいとともに、ヤング率が低くびりりが発生しやすい材料である。そのためアルミニウム合金や鉄鋼材料に比べ非常に切削効率が低いことが課題であり、加工技術の向上が求められている。チタン合金の切削において、現在主流の超硬合金や高速度工具鋼の工具では、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するため、高速切削できない。そこで本研究では耐熱性の高いセラミック工具を用いてチタン合金の加工試験を実施し、加工特性について調べた。

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、セラミック工具でチタン合金をフライス切削した。加工条件を表 1 に示す。加工条件はエンゲージ角(以下「E 角」)、切削速度(以下「Vc」)を変更して加工試験を実施した。加工後、マイクロスコープで刃先を観察し、最大逃げ面摩耗 VBmax が 1mm になるまで続けた。また、切りくずがホルダに巻き付いて危険な時は VBmax が 1mm に達する前でも終了とした。

2.2 高速度カメラ撮影

切削の様子を高速度カメラ(SAK1.1、フォトロン製)

で撮影した。切削条件は Vc : 200m/min、E 角 : 0 度とした。高速度カメラの撮影条件はフレームレート : 1000fps、シャッタースピード : 1/2000sec とした。

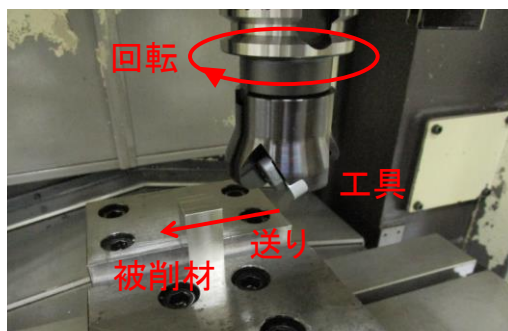


図 1 加工試験の様子

表 1 加工条件

被削材	Ti-6Al-4V 幅 20mm、長さ 50mm
工具	フライス径: $\phi 50.3$ mm 切削チップ: セラミック(SiAlON) A.R.: +5 度、R.R.: +5 度
切削速度(Vc)	50~600m/min
送り量	0.15mm/tooth
軸方向切込み量	0.5mm
エンゲージ角(E 角)	0 度、23 度、53 度
給油	ドライ

3. 実験結果及び考察

3.1 加工条件による工具損耗の違い

3.1.1 エンゲージ角の影響

Vc200m/min で E 角を 0 度、23 度、53 度と変えて加

^{*1}産業技術センター 自動車・機械技術室

工した時の 1 パス(0.5cc)加工後の刃先逃げ面写真を図 2 に示す。E 角 53 度の時、逃げ面摩耗が大きかった。また、いずれの E 角でも刃先に被削材が凝着していた。

図 3 に各 E 角における除去体積と VBmax の関係を示す。E 角 0 度が最も寿命が長く、53 度が短かった。一般的に E 角が大きくなると切り始めの切り取り厚さが薄くなり、切り終わりの切り取り厚さが大きくなる。そのため、切り始めに刃が被削材に食いつきにくなり、切り終わりに切れ刃が被削材から離れるときにかかる負荷が急激に減少することによって、破損しやすくなると推測される。

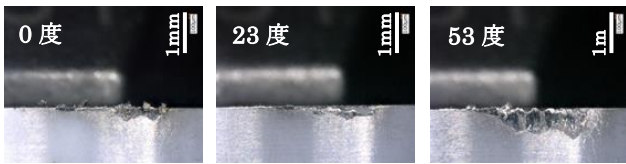


図 2 1 パス(0.5cc)加工後の刃先逃げ面写真

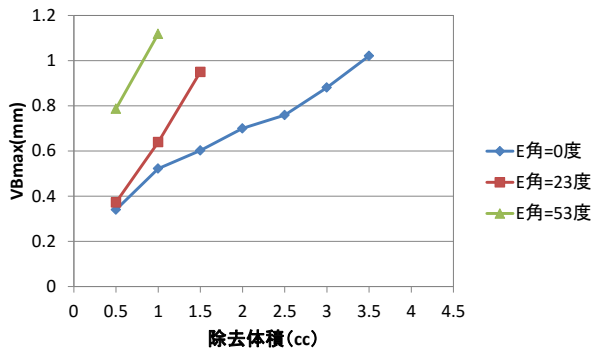


図 3 各 E 角における除去体積と VBmax の関係

3.1.2 切削速度の影響

E 角 0 度で Vc を 50～600m/min で変えて加工した時の 1 パス(0.5cc)加工後の刃先逃げ面写真を図 4 に示す。Vc200m/min と比べて明らかに 400、600m/min は逃げ面摩耗が大きくなった。一方、50m/min は摩耗が小さく、100m/min は 200m/min と同程度であった。また、いずれの Vc でも刃先には被削材が凝着していた。図 5 に各 Vc における除去体積と VBmax の関係を示す。Vc200m/min が最も寿命が長く、400、600m/min は短かった。100m/min は途中まで 200m/min と同程度だが、除去体積 2.5cc の時点で切りくずがホルダに巻き付き危険と判断し終了した。50m/min は 200m/min より 1 パス目の摩耗は小さかったが、その後の摩耗の進行は大きく、寿命は短くなった。Vc400、600m/min は切削温度が高く工具強度が下がるため摩耗が大きいと考えられる。一方、Vc200m/min 以下では切削熱による工具強度の低下にあまり差はないと思われる。また、最も寿命の長い Vc200m/min でも除去体積わずか 3.5cc で寿命に至り、刃先の損耗が非常に激しいことがわかる。

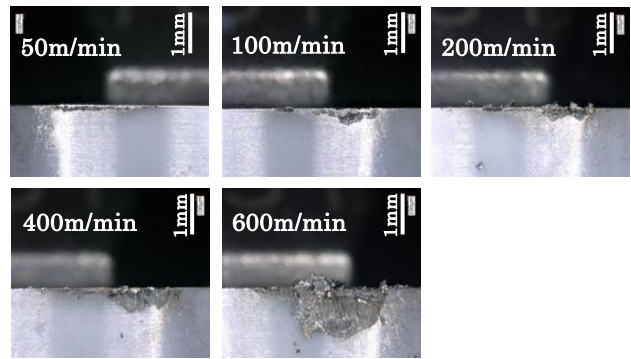


図 4 1 パス(0.5cc)加工後の刃先逃げ面写真

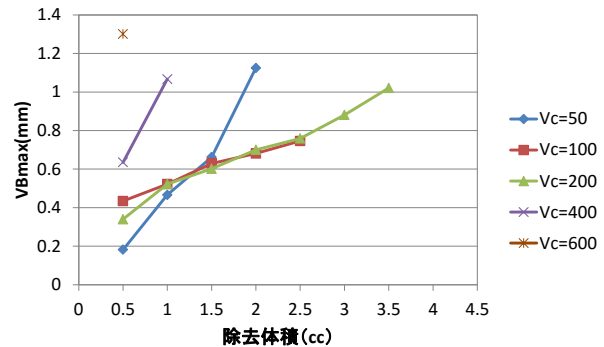


図 5 各 Vc における除去体積と VBmax の関係

3.2 高速度カメラ撮影結果

刃先の損耗の原因を調べるため切削の様子を高速度カメラで撮影した。図 6(a)のように 1 回転し切削が終了しても刃先には切りくずが付着しており、このまま被削材に再突入して切削が繰り返された。このとき、付着した切りくずが剥がれたり噛みこんだりすることによって刃先の損耗が進行すると推察される。また、図 6(b)のように刃先に切りくずが付着したまま、次の回転で生じた切りくずにつながり、通常のフライス加工の切りくずよりも長い切りくずが生じることもあった。これにより長くなった切りくずがホルダに巻きついたと考えられる。

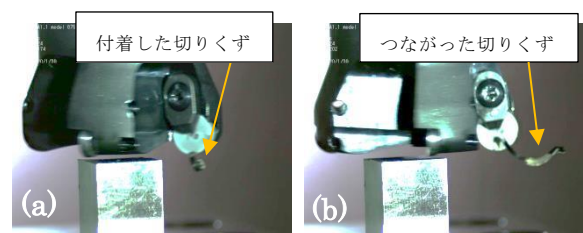


図 6 高速度カメラ撮影による切削の様子

4. 結び

セラミック工具によるチタン合金の切削加工試験を実施し以下のことが明らかになった。

- (1) エンゲージ角、切削速度が刃先損耗に影響を与える。
- (2) 切りくずが刃先に付着したまま被削材に再突入して切削が繰り返されることが、刃先の激しい損耗や切りくずが伸びる原因の一つと考えられる。