

超硬工具によるチタン合金の正面フライス切削

鹿児島県工業技術センター
機械技術部 岩本竜一 市来浩一

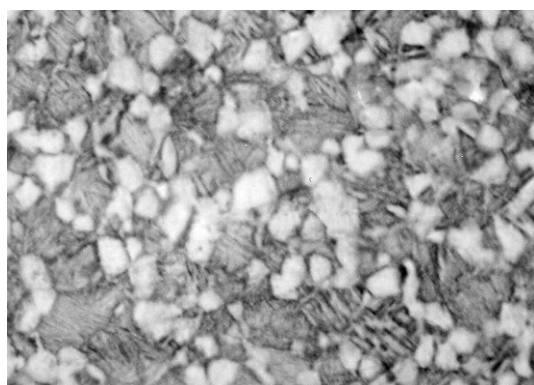
1. はじめに

超硬合金工具を用いてチタン合金 (Ti-6Al-4V) の正面フライス切削を行い、工具損傷、加工面粗さ、切削抵抗について検討したので、以下に報告する。

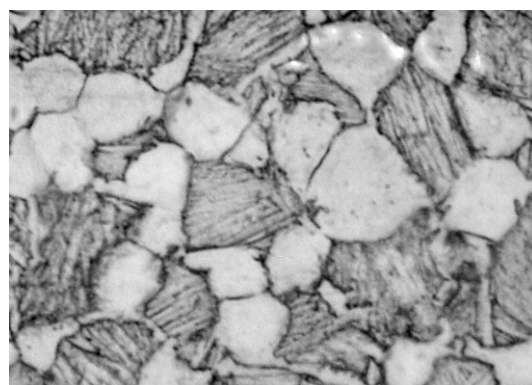
2. 被削材

使用した被削材は産業技術総合研究所 中国センターからの試供品である。

被削材は、実験を行う前に CBN 砥石で表面黒皮部を除去し、 $100 \times 63 \times 63\text{mm}$ の寸法に加工した。この後、ペーパーおよびバフ研磨を行い、硬度の測定と組織の観察を行った。硬度は松沢精機(株)デジタル式ロックウェル硬度計 DXT-3 (1991 年製) で測定した結果、HRC37.4 であった。金属組織の顕微鏡観察結果を写真 1 に示す。



($\times 400$)



($\times 1000$)

写真 1 顕微鏡観察結果

3. 切削条件および実験方法

実験は三井精機工業(株)の立型マシニングセンター (VS-5A) を使用した。主軸電動機出力は 5.5KW, 主軸テーパは BT50 である。このマシニングセンターのテーブルの長手方向 (X 軸) と被削材の長手方向を一致させて切削動力計 (日本キスラー 9257B) 上に固定した。固定方法を図 1 に示す。図に示すとおり、被削材には切削動力計に固定するための切り欠きを設けてある。工具はカッタの 1 箇所のみに取り付け、カッタ中心と被削材中心を一致させて正面フライス切削した。切削条件を表 1 に示す。なお、カッタの送りは被削材の途中までとし 1 パス毎に送り量を 0.2mm 減らした。実切り込み量は 1 パス毎にハイトゲージで測定し、ほぼ指令値通りであることを確認した。切削時間はエアカットの時間を含むカッタの移動時間とした。

表 1 切削条件

工具	材種	TH10, A30, AH120, EH20Z
	呼び記号	SNGN120408
カッタ イケダロイ DNF80R	カッタ直径	80mm
	シャンク	φ 32 ストレート
	アキシャルレーキ	-5°
	ラジアルレーキ	-5°
	アプローチ角	20°
	エンゲージ角	約 52°
切削速度	60m/min	
送り速度	0.1mm/tooth	
切り込み	0.2mm	
切削方向	センタカット	
切削油	乾式	

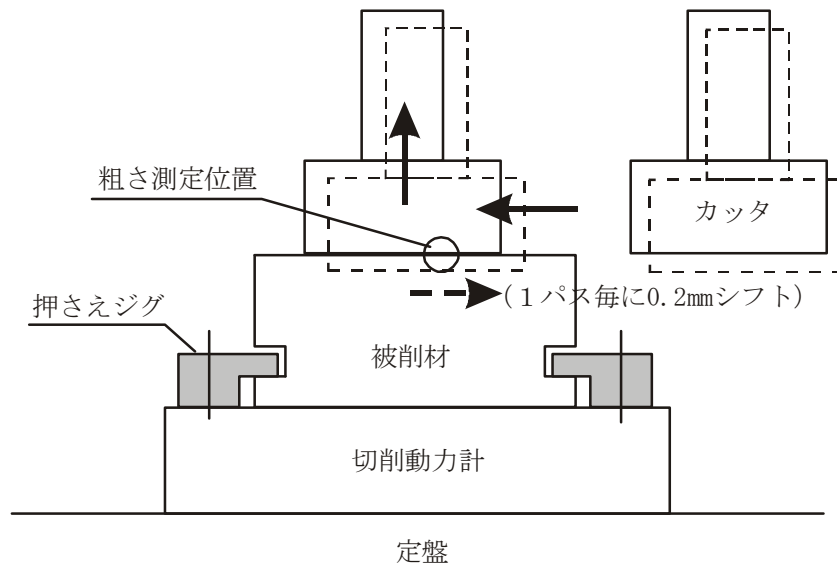


図 1 固定方法

加工後の加工面粗さは、ポータブル式の表面粗さ測定機（ミットヨ サーフテスト 401）を用いて図中の○部を機上で測定した。工具の損傷は工場顕微鏡（ニコン 7VL）で観察し、工具逃げ面の摩耗幅を 1 パス毎に測定した。寿命の判定基準は逃げ面摩耗幅 0.3mm とした。

4. 結果および考察

全ての工具において、切りくずは流れ形であった。超硬 P30 種 (A30) がやや長い切りくずとなったが、他の工具においては切りくずの形状に大きな差異は見られなかった。また、切りくずが赤熱したり、火花が出るようなことはなかった。全体的にはステンレス鋼の切削状況と似ていた。

図 2 に切削時間と表面粗さ（ R_{max} , R_a ）および逃げ面摩耗幅の関係を示す。切削時間とともに表面粗さは大きくなっているが、算術平均粗さ R_a の増加割合に比べ最大高さ R_{max} の増加割合が大きい。粗さ曲線を確認したところ、一刃毎のカッターマークでは最大高さの違いは見られないが、切削時間の経過に伴ってうねり成分の増加が認められた(カ

ットオフ値は 0.8mm を使用)。工具摩耗の進行により工具の切れ味が低下し、被削面にわずかなうねり面が生成されたために最大高さが大きくなったものと考えられる。表面粗さの測定は機上で行ったが、粗さ曲線に若干のノイズが乗っていることがあったため、特に最大高さの測定値が大きめになったとも考えられる。一刀毎の最大高さをスケール読みしたところ、粗さの値はやや微増している程度であったため、切削時間の進行に伴う粗さの変化は小さいと考えられる。本実験条件での理論粗さは $1.56 \mu\text{m}$ であるが、いずれの工具の場合でも最大高さは理論値の倍以上の値となっている。これは、図中の逃げ面摩耗幅の結果からも明らかのように、工具摩耗の進行が非常に早いことが原因として考えられる。また、工具刃先への切りくずの凝着も見られたため、このことも表面粗さを悪化させる原因と考えられる。工具寿命は超硬 K10 種 (TH10) が一番長く、次に TiAlN コーテッド超硬 (AH120) と K20 種コーテッド超硬 (EH20Z) が同程度で、超硬 P30 種 (A30) が一番短い。本実験では、エンゲージ角の変化による影響を減らすため、カッタの送りを被削材の途中で止めているが、被削材終端までカッタを送ると超硬 K10 種 (TH10) でも 1 パスで工具が大きく損傷した。写真 2 に工具摩耗観察結果を示す。工具摩耗形態は、逃げ面は基本的にアブレッシブ摩耗であり、すくい面は微少なチップングとすくい面摩耗が混在しており、刃先コーナーから外周切れ刃にかけて切れ刃の後退が認められる。この切れ刃形状の変化は、カッターマーク形状の変化として粗さ曲線からも確認できた。

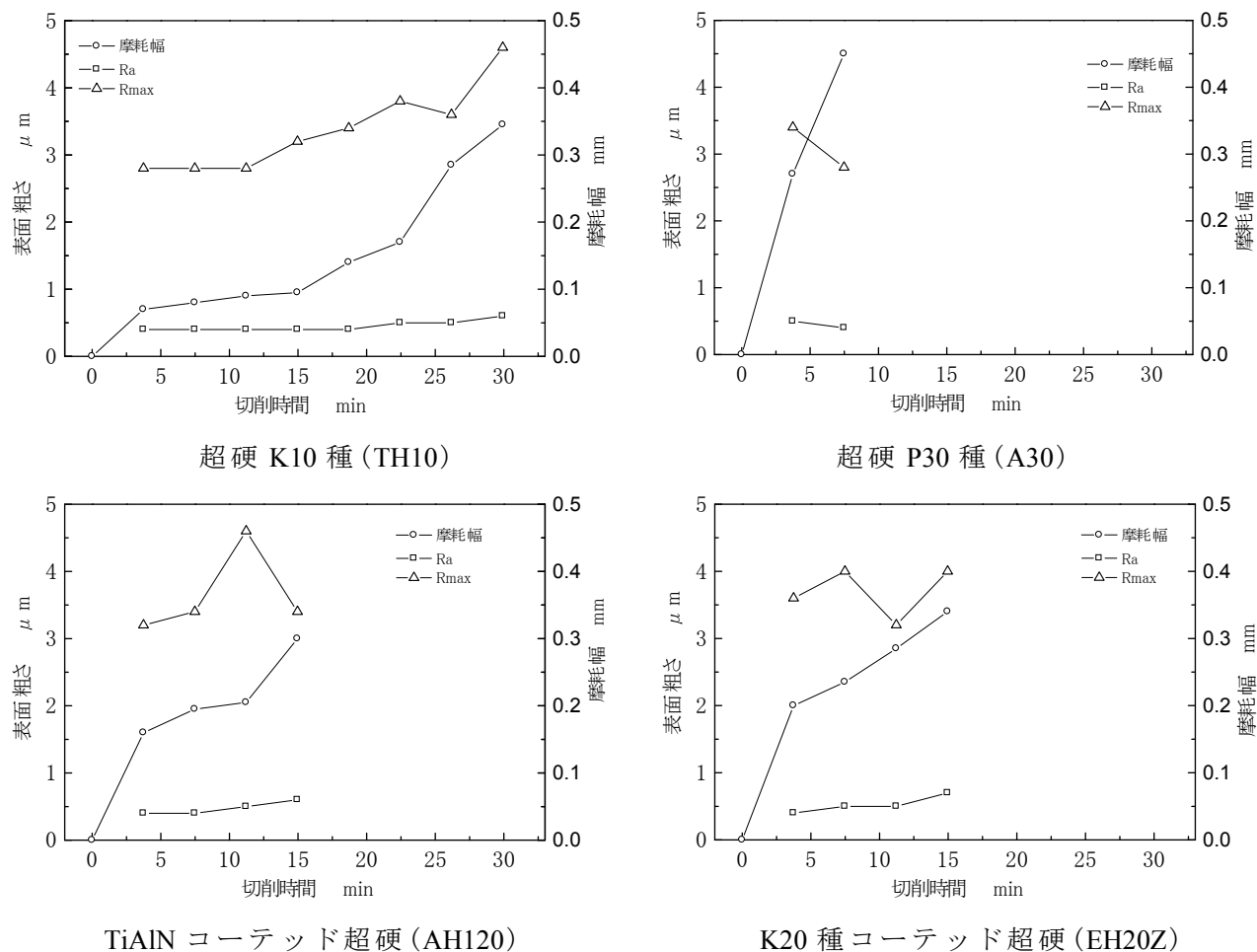


図 2 切削時間と表面粗さ (Rmax, Ra) および逃げ面摩耗幅の関係

図3に、切削時間と切削抵抗の関係を示す。ここでの切削抵抗値はエアカット時を除いた平均値である。いずれの工具においても、切削抵抗は主分力と送り分力がほぼ同程度の値を示し、背分力が一番大きい値を示した。三者とも切削時間とともに増加するが、背分力の増加割合が他の二者に比べやや大きい。切削初期から摩耗の激しかった超硬 P30 種 (A30) 以外の工具は、1 パス目の主分力と送り分力が 100N 程度で背分力が 150N 程度でほぼ同じ値を示した。切削動力計のトラブルにより、超硬 K10 種の寿命前の切削抵抗が得られなかったが、工具寿命付近では主分力および背分力が 150N、背分力が 300N 程度を示している。なお、昨年度の焼き入れ鋼の切削では、主分力がエンゲージ時とディスエンゲージ時に正負反対方向にほぼ同程度のピーク値を示したが、本実験ではディスエンゲージ時のピークはエンゲージ時の半分以下であった。

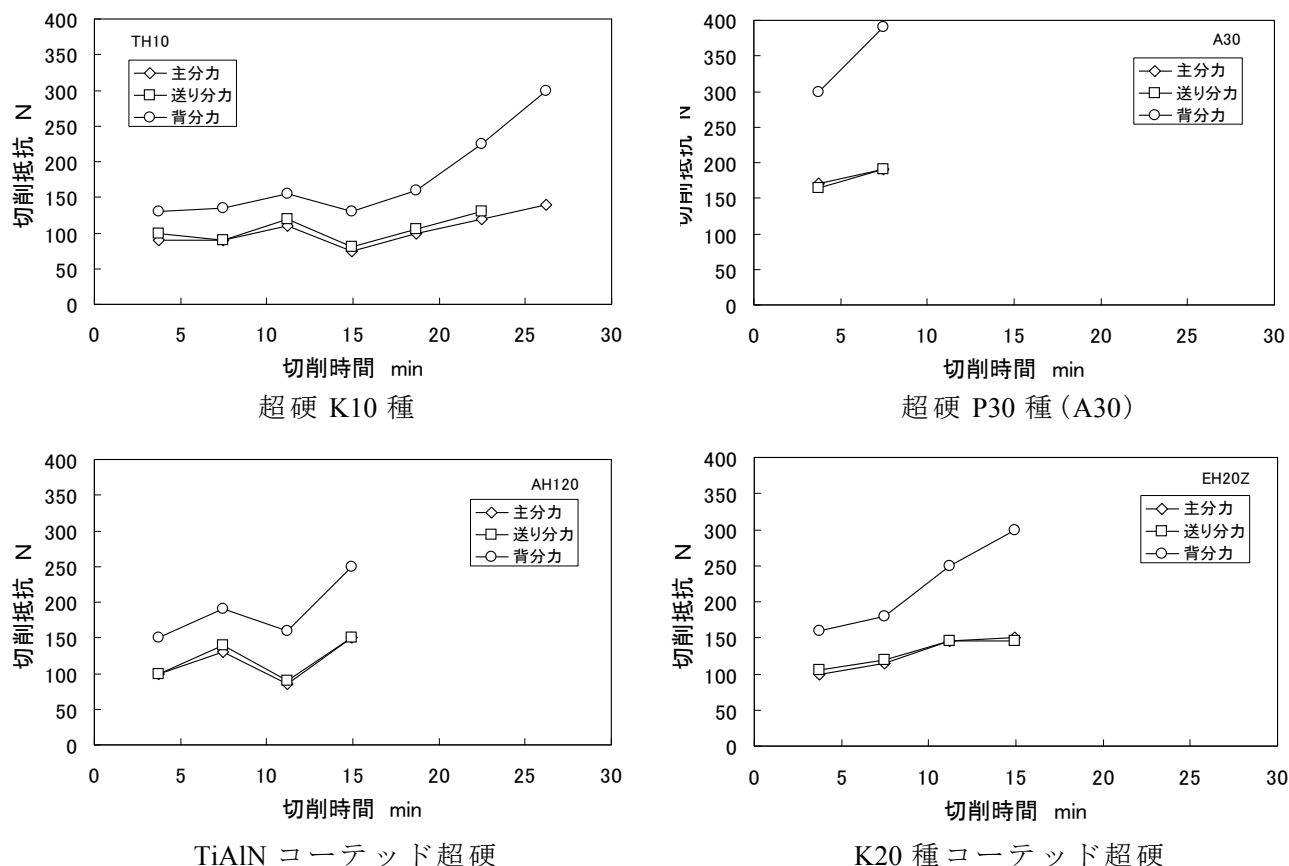


図3 切削時間と切削抵抗の関係

5. 結論

チタン合金 (Ti-6Al-4V) を超硬工具を用いて正面フライス切削し、工具損傷、加工面粗さおよび切削抵抗について検討した結果、以下のことが明らかになった。

1. 超硬 K10 種を用いて加工した場合が、工具寿命の点で最も良好であった。
2. いずれの工具の場合でも切削時間に伴い加工面粗さはやや増加した。
3. 切削初期時、主分力と送り分力は約 100N、背分力は 150N 程度を示し、工具寿命付近では、主分力と送り分力は 150N、背分力は 300N 程度を示した。