

難削材の高能率切削加工に関する研究（第2報）

加賀忠士*、横山貴広*

Study on high-efficiency cutting of difficult-to machine materials (II)

KAGA Tadashi* and YOKOYAMA Takahiro*

本研究では、チタン合金における高能率切削加工の最適条件を求める手法を検討していく。本年度は、昨年度に続き、切削速度、1刃あたりの送りを変化させた切削実験を行った。そして、工具摩耗進展速度の評価、次にこの工具摩耗進展速度を予測する手法を検討した。その結果、切削速度または、1刃あたりの送りが大きくなると工具摩耗進展速度が大きくなる。この工具摩耗進展速度は1刃あたりの送りより切削速度の方が影響を強く受けることがわかった。また、工具摩耗進展速度の予測式は、実験結果と強い相関があることを確認した。

1. はじめに

航空機産業分野では炭素繊維強化プラスチックの利用拡大と共にチタン合金の利用が拡大している。

このチタン合金の切削では、刃先が高温になるため工具の摩耗が加速するといった問題が挙げられている。そのため、チタン合金の切削加工では、低速加工を採用し、能率を上げるためには、送りを増加して高トルクで削る方法が経験的に行われている。

本研究では、チタン合金における高能率切削加工の最適条件を求める手法を検討していく。昨年度は、切削速度、1刃あたりの送りの条件について、同じ能率となる切削実験を行い、工具摩耗への影響を調査した。本年度は、切削速度、1刃あたりの送りの条件を変化させた切削実験を引き続き行い、昨年度の切削実験結果を含めた工具摩耗進展速度の評価、次にこの工具摩耗進展速度を予測する手法を検討したのでその結果を報告する。

2. 実験

実験は昨年度の実験¹⁾と同様に進め、実験パラメータは切削速度及び1刃あたりの送りとした。本年度の実験条件を表1に示す。評価は昨年度の実験結果も含め、工具摩耗進展速度で行った。ここで、摩耗進展速度 W_r は逃げ面最大摩耗幅 VB_{max} を切削可能距離 L_c で除し

表1 実験条件

切削速度 m/min	45	90	90
1刃あたりの送り mm/tooth	0.9	0.45	0.9
送り速度 mm/min	516	516	1031
径切込み mm	12.5		
軸切込み mm	0.6		
工具送り方向	ダウンカット		
冷却方法	ウェット		

* 機械部

た値であり、切削可能距離 L_c は逃げ面最大摩耗幅 VB_{max} が工具使用の限界と判断する幅に達した時の切削距離である。この計算式を式(1)に示す。

$$W_r = \frac{VB_{max}}{L_c} \quad (1)$$

W_r : 工具摩耗進展速度 ($\mu\text{m}/\text{m}$)

VB_{max} : 逃げ面最大摩耗幅 (μm)

L_c : 切削可能距離 (m)

本研究では、本年度の実験及び昨年度の実験の合計7条件において逃げ面最大摩耗幅が $200\mu\text{m}$ に達するまでの切削距離を切削可能距離とした。これに従い、切削可能距離 100m、125m、150m の場合の工具摩耗進展速度を求めると、それぞれ $2\mu\text{m}/\text{m}$ 、 $1.6\mu\text{m}/\text{m}$ 、 $1.3\mu\text{m}/\text{m}$ となる。なお、切削可能距離の具体的な求め方は、最大摩耗幅が $200\mu\text{m}$ に達する前後の摩耗幅測定結果を直線補間して推測した。

3. 結果及び考察

3.1 工具摩耗進展速度の評価

前章の式(1)に従い7条件の実験から得られた工具摩耗進展速度を図1に示す。この結果から、切削速度または、1刃あたりの送りが大きくなると工具摩耗進展速度が大きくなる。そして、工具摩耗進展速度は1刃あたりの送りより切削速度の方が影響を強く受けることがわかる。

3.2 工具摩耗進展速度の予測

切削速度と工具摩耗進展速度の関係を両対数で示したグラフを図2に示す。この図から両対数のグラフ上では線形の関係が得られており、切削速度と工具摩耗進展速度がべき乗の関係にあることがわかる。また、1刃あたりの送りと工具摩耗進展速度の関係を両対数で示したグ

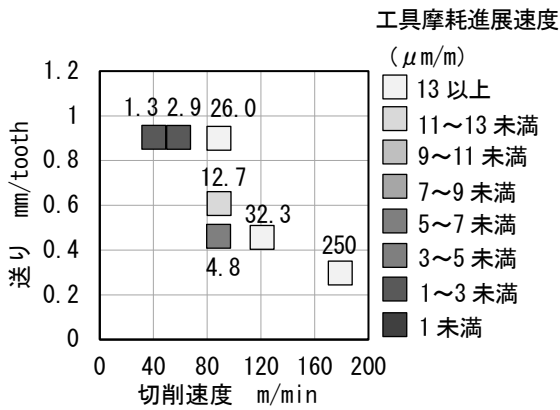


図1 各切削条件から得られた工具摩耗進展速度

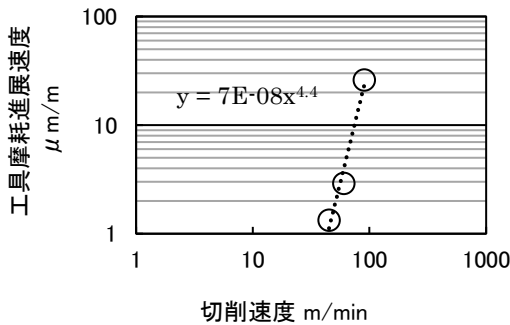


図2 切削速度と工具摩耗進展速度の関係 (送り 0.9mm/tooth)

ラフを図3に示す。同様に両対数のグラフ上では線形の関係が得られており、べき乗の関係にあることがわかった。これらのべき乗の関係から、工具摩耗進展速度の対数を目的変数、切削速度の対数及び1刃あたりの送りの対数を説明変数とした重回帰分析²⁾を行った。その結果得られた工具摩耗進展速度の予測式を以下に示す。

$$\log(Wr) = -13.4 + 5.11\log(Vc) + 1.65\log(Ft) \quad (2)$$

Wr : 工具摩耗進展速度(μm/m)

Vc : 切削速度 (m/min)

Ft : 1刃あたりの送り (μm/tooth)

この予測式を使い、切削速度及び1刃あたりの送りによる工具摩耗進展速度を予測した計算結果を図4に示す。この結果と図1の実験結果との相関係数は0.993となり、強い相関があることがわかる。

4. まとめ

本年度は、切削速度、1刃あたりの送り量を変化させた切削実験を行い、昨年度の実験結果も含めた、工具摩

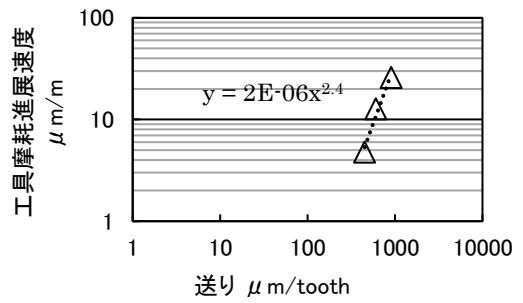


図3 送りと工具摩耗進展速度の関係 (切削速度 90m/min)

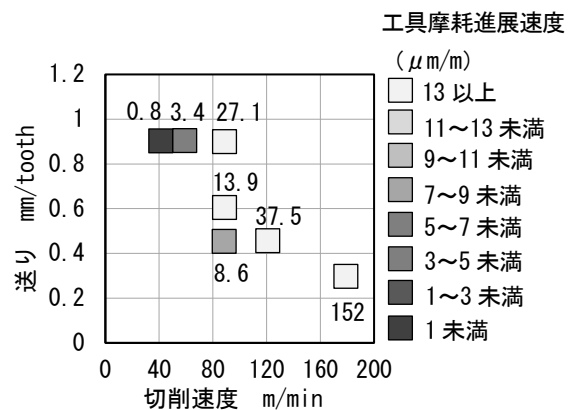


図4 工具摩耗進展速度の予測結果

耗進展速度の評価、次にこの工具摩耗進展速度を予測する手法を検討し、以下の結果を得た。

- 1) 切削速度または、1刃あたりの送りが大きくなると工具摩耗進展速度が大きくなる。この工具摩耗進展速度は1刃あたりの送りより切削速度の方が影響を強く受ける。
- 2) 工具摩耗進展速度の予測式は、実験結果と強い相関がある。

【謝 辞】

本研究の遂行にあたり、国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学大学院工学研究科社本英二教授に、ご助言をいただきましたことを深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 加賀ら,岐阜県産業技術総合センター研究報告 No.3, pp5-6,2022
- 2) 小林龍一, 相関・回帰分析法入門改訂版, 日科技連出版社, 1973