

チタン合金 (Ti-6Al-4V) の高速切削

キーワード：高速切削加工、チタン合金 (Ti-6Al-4V)、工具摩耗

概要

チタン材料の国内消費比率は、化学プラント関係が30%、火力・原子力発電所関係が20%、スポーツ、建築、医療、装身具などの民生品が30%です。これらは、チタン材料がもつ耐熱性、耐食性、引張り強さ、生体に無害などの優れた特性を利用しています。

しかし、純チタンやチタン合金は、熱伝導率が小さいため、切削したときに発生した熱により工具の刃先が高い温度にさらされます。これにより工具材料の強度が低下して摩耗が多くなります。そのため一般的に切削速度を抑えて切削熱を少なくしなければならない材料であると言われていました。

近年、切削熱や工具摩耗を少なくする加工方法の一つとして切り込みを小さくして高速で切削する方法が注目されています。当研究所では高速切削に対応できる機械を導入いたしました。微小切り込みによる高速加工の一例として、チタン合金のエンドミル加工を試みましてので紹介いたします。

本実験に使用した機械は、精密CNC立フライス盤で、ベアリング軸受けの主軸をもち最高回転数が20000min⁻¹の機械です。

現在では主軸回転数が50000min⁻¹を超える機械も登場しています。

高速加工

高速加工は、新しい機械加工技術として急速に発展しています。高速加工を支えている技術には、主軸回転数の高速化と送り速度の高速化があります。

主軸回転数の高速化では、ベアリング軸受けの改善、静圧軸受けや磁気軸受けの技術が使われています。また、送り速度の高速化では、加速度制御技術の高度化が挙げられます。高速に移動するテーブルの慣性力を高精度に制御して、加工精度や形状精度を保証するシステムが重要な要素技術となります。

しかし、高速加工に関する加工情報が乏しく手探りの状態が続いています。ユーザサイドでは、高速機械が十分に活用されていないケースが見られます。一般的に微小切り込みによる高速切削では、工具の刃先に加わる負担が軽減され、切削抵抗が小さく、切削熱も少なくなり、工具摩耗も減少すると言われていました。

表1 加工条件

使用機械	精密 CNC 立フライス盤 MS 40
使用工具	超硬 2 枚刃ボールエンドミル (Nコト) R=1.0
被削材	チタン合金 (Ti-6Al-4V) HRC34
主軸回転数	20,000min ⁻¹ 一定
送り速度	F= 4 m/min 、 F= 5 m/min 、 F= 6 m/min
軸方向切り込み深さ	Ad= 0.3mm 、 Ad= 0.4mm 、 Ad= 0.5mm
径方向切り込み深さ	Rd= 0.2mm 一定
切削方向	ダウンカット
切削油	エアブローによる冷却

高速加工による工具摩耗

表 1 に加工条件を示します。

図 1 は軸方向の切り込み $A_d=0.3\text{mm}$ として、送り速度の違いによる工具摩耗の変化を示しています。送り速度 $F=4\text{m/min}$ では、切削長さ 1000m で $60\ \mu\text{m}$ の工具摩耗があります。送り速度 $F=5\text{m/min}$ の工具摩耗は、 $F=4\text{m/min}$ と同様な傾向を示していますが、その大きさは 6 割増になります。また、工具刃先には小さなチップングが確認できます。送り速度 $F=6\text{m/min}$ では、工具摩耗の急激な進行が認められ、チップング先行形工具摩耗の特徴が見られました。

図 2 は、送り速度を $F=4\text{m/min}$ に一定として、切り込み深さの違いによる工具摩耗の変化を示しています。軸方向の切り込み $A_d=0.4\text{mm}$ では、切削長さ 900m で $80\ \mu\text{m}$ の摩耗があります。軸方向の切り込み $A_d=0.5\text{mm}$ では、切削長さ 600m で $140\ \mu\text{m}$ の摩耗があります。

図 3 は切削長さが 1000m に達したときの刃先の写真です。ボールエンドミルの先端部には、チタン合金が溶着しています。先端部から左上に伸びる白い部分が工具摩耗です。

まとめ

熱伝導率の悪いチタン合金に対して微小切り込みによる高速加工を試みた結果、軸方向切り込み $A_d=0.3\text{mm}$ 、送り速度 $F=4\text{m/min}$ が最も工具摩耗が少なく長時間の切削が可能となる加工条件であることがわかりました。また、1 刃当たりの切り粉除去量が多くなると工具摩耗が急激に増加します。

今回の実験で用いたチタン合金は、一般的に多く利用されている種類のものですが、他にも鍛造用に適した合金や熱処理により改質された合金など多くの種類があります。そのため、それぞれのチタン合金に適した加工条件を探する必要があります。

今回の微小切り込みによる高速加工の一例が、最適な加工条件を見つけるための参考になれば幸いです。

切り込み深さと工具摩耗

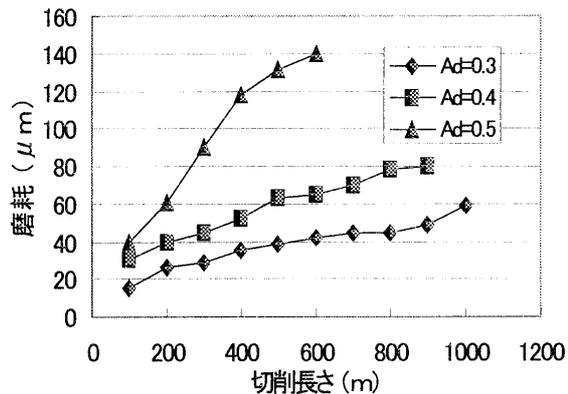


図 1 送り速度の違いによる工具摩耗

切り込み深さと工具摩耗

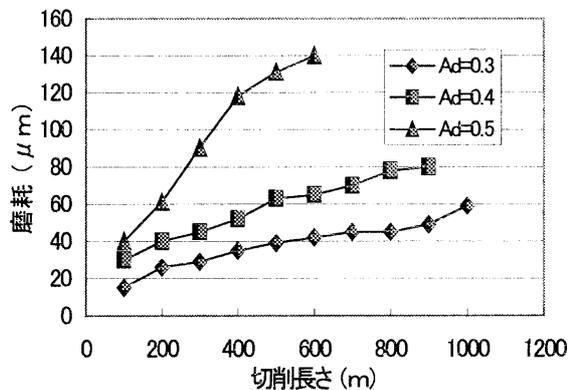


図 2 切り込み深さの違いによる工具摩耗

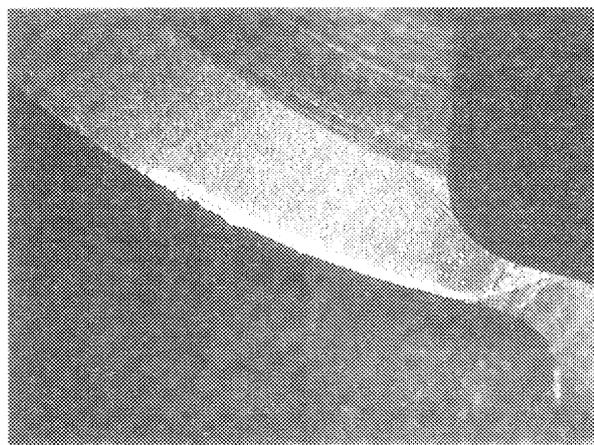


図 3 エンドミルの逃げ面磨耗