

アルミニウム合金の超精密切削加工に及ぼす工具摩耗の影響

Influence of Tool Wear on Ultra-precision Cutting of Aluminum Alloy

○正 岩本竜一 (鹿工技センター) 正 近藤英二 (鹿児島大)
 非 市来浩一 (鹿工技センター) 正 吉留健也 (㈱不二越)

Ryuichi IWAMOTO, Kagoshima Prefectural Institute of Industrial Technology
 Eiji KONDO, Kagoshima University, kourimoto1-21-40, Kagoshima-city, Kagoshima
 Koichi ICHIKI, Kagoshima Prefectural Institute of Industrial Technology
 Kenya YOSHIDOME, NACHI-FUJIKOSHI CORP.

In Ultra-precision Cutting, tool wear is a matter of great important for precision and efficiency of processing. But this tool wear is very difficult to detect on machine because it's extremely small. One of the methods to detect tool wear, monitoring for cutting force and AE-signals is known hopeful in usual precision cutting. This paper describes influence of roughness, cutting force and AE-signal by using worn tool for the purpose to get fundamental data about in-process sensing of tool wear. The results obtained are as follows. Real cutting lengths go with, primary and thrust force increase, and ratio of increase thrust force is bigger than primary force. RMS-values of AE-signals increase with real cutting lengths, too. Standard deviation of dynamic thrust force components multiply before tool life. Especial frequency components (20 ~ 30kHz) of AE-signals is characteristic before tool life. It is possible to detect tool wear by monitoring standard deviation of dynamic thrust force components or especial frequency components of AE-signals.

1. はじめに

単結晶天然ダイヤモンドバイトによる非鉄軟質金属の超精密切削加工は、数ナノ～数十ナノレベルの表面あらさが得られるため、半導体部品や光学部品の加工などに用いられている。このような超精密切削加工では、通常の切削加工に比べ、加工面を鏡面に仕上げる目的のために、送り速度を低く抑えることが多く、実切削距離が長くなり工具摩耗を進行させる傾向が強くなる。この摩耗は非常に小さく一般的な方法では、加工機内で確認することが困難であるにも関わらず、超精密切削加工においては、工具刃先形状が高い精度で被削面に転写されるが故に、微細な摩耗であっても製品不良の原因となり、生産性を阻害する要因となっている。本研究では、工具摩耗をインプロセスで検出するための基礎的な資料を得ることを目的として、単結晶天然ダイヤモンドの R バイトを用いて、アルミニウム合金の超精密切削を行い、工具摩耗が表面あらさに及ぼす影響、工具摩耗と切削抵抗および AE 信号との関係を系統的に調べたので報告する。

2. 実験装置および方法

2.1 実験装置

実験装置の概略を図1に示す。実験は、超精密旋盤（豊田工機㈱ AHN60-3D）に単結晶天然ダイヤモンドの R バイトを取り付け、アルミニウム合金（A5052）の正面切削を行った。切削抵抗を切削動力計（日本キスラー㈱ 9256A）で計測し、同時に AE 測定システム（エヌエフ回路設計ブロック㈱ AE900S-WB 他）により加工音の解析も行った。加工後の表面あらさ測定は、走査型白色干渉計（Zygo New View 5032）を用いた。

2.2 実験方法

切削条件を表1に示す。この条件は、切込みと送り速度をそれぞれ $t=5\sim 50\mu\text{m}$, $f=20\sim 80\mu\text{m/rev}$ の範囲で変えて予備実験を行い、安定した鏡面が得られる条件を選定したものである。なお、この実験範囲内においては、切込みを変えても表面あらさに有意差は見られず、送り速度を変えた場合は、ほぼ理論値通りの表面あらさが得られた。

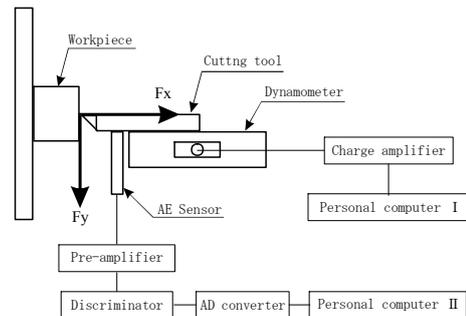


Fig.1 experiment equipment

Table.1 Cutting conditions

Tool		Single crystal diamond tool Rake angle=0° Flank angle=4° Nose radius=5
Work piece	Material	Al-Mg alloy (A5052)
	Diameter	30,197mm
	Hardness	75Hv
Spindle speed		1000rpm
Feed speed		50 $\mu\text{m/rev}$
Depth of cut		30 μm
Cutting fluid		Kerosene (mist)

3. 実験結果および考察

3.1 表面あらさ

Fig.2 に実切削距離 L と表面あらさ Ry の関係を示す。

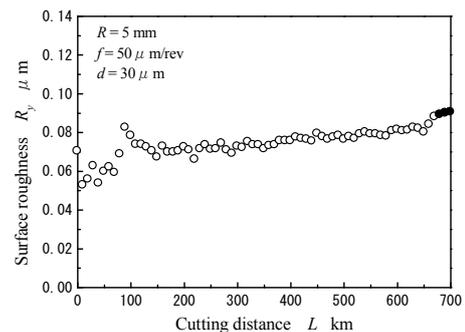


Fig.2 Relation between L and Ry

実切削距離 $L=100\text{km}$ までの表面あらさは、ややばらつきがあるが増加傾向を示し、 $L=200\text{km}$ 以降はほぼ単調に増加している。図中に黒丸で示したデータは、送りマークの底に小さな傷が発生したために鏡面が得られなくなったものであり、この時点の実切削距離 $L=680\text{km}$ を工具寿命と判断した。

3.2 切削抵抗

切削抵抗の測定結果の一例を Fig.3 に示す。

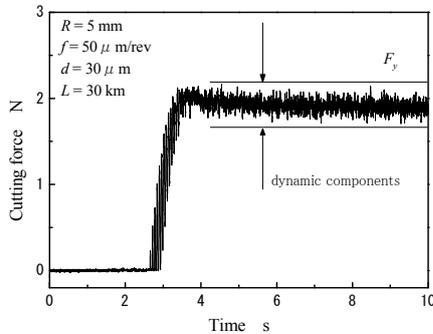


Fig.3 Sample results of measured cutting force

図中の = 部で挟まれた範囲内の平均値を静的切削抵抗値とし、また標準偏差を動的切削抵抗として取り扱った。切削距離と静的切削抵抗の関係を Fig.4 に示す。

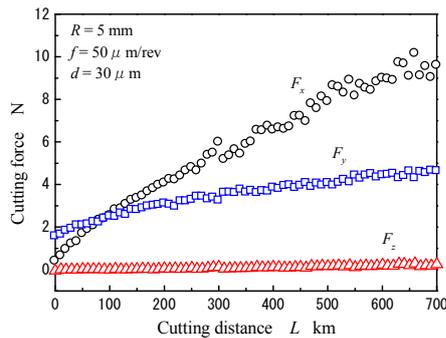


Fig.4 Relation between L and F_x, F_y, F_z

送り分力 F_z の変化はほとんど見られないが、実切削距離の増加に伴って、主分力 F_y および背分力 F_x は大きくなっており、その増加割合は背分力の方が大きい。また、背分力は他の2つの分力に比べ、 $L=300\text{km}$ 付近を境界に増加割合の変動が見られる。そこで、背分力の動的切削抵抗に着目し、切削距離と動的切削抵抗の関係を Fig.5 に示す。図より、実切削距離 $L=600\text{km}$ を越えた付近から動的切削抵抗の増加割合が顕著になっている。この現象を利用して工具摩耗を検知出来る可能性があると考えられる。

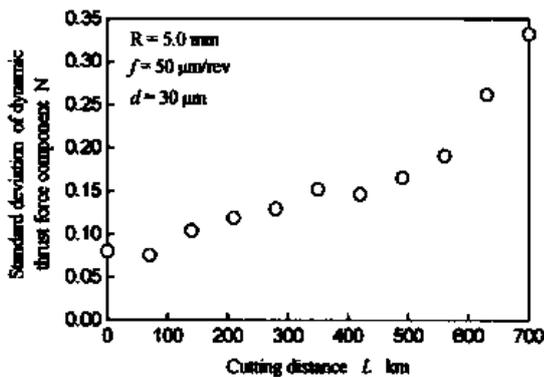


Fig.5 Relation between L and standard deviation of dynamic thrust force components

3.3 AE 信号

切削抵抗と同時に AE 信号をサンプリングした。AE 信号の RMS 値は切削距離の増加に伴い単調に増加するものの、工具寿命付近でレベルや増加割合の変化などの顕著な差は表れなかった。そこで AE 信号の周波数解析を行った。この結果を Fig.6 に示す。

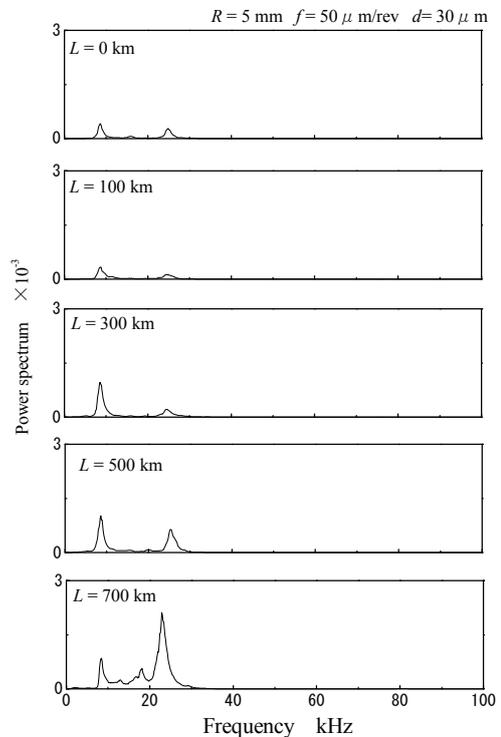


Fig.6 FFT analysis of AE-signals

図より実切削距離 $L=500\text{km}$ 以降で $20\sim 30\text{kHz}$ の周波数成分が特徴的に増加することが分かった。この成分をモニタリングすることにより工具寿命を検知出来る可能性が見いだされた。

4. まとめ

実験の結果から、以下のことが明らかとなった。

- 1) 実験を行った範囲内では、切込みを変えても表面あらさはほとんど変化が無く、送り速度を変えたとほぼ理論値通りのあらさが得られた。切削距離と表面あらさの関係は、加工開始直後はやや変動が見られたが、切削距離 $L=100\text{km}$ 以降は、ほぼ単調に増加し、切削距離 $L=680\text{km}$ 以降で送りマークの底部に細い溝が発生し、鏡面が得られなくなった。
- 2) 切削抵抗は、切削距離の増加に伴い主分力、背分力ともほぼ単調に増加するが、背分力の方が増加割合が大きい。送り分力はほとんど変化しなかった。また、背分力の動的成分の増加割合が工具が寿命に達する前の $L=600\text{km}$ 付近から大きくなった。
- 3) AE 信号の RMS 値は、切削距離の増加に伴い大きくなるが、その増加傾向に変化は見られない。AE 信号のスペクトル値は、工具が寿命に達する前に、 $20\sim 30\text{kHz}$ の成分が増加した。

したがって、切削距離の動的成分あるいは AE 信号の $20\sim 30\text{kHz}$ の成分を監視することにより、工具寿命を検知できる可能性を見いだした。