

切削抵抗によるダイヤモンド工具の摩耗の監視

鹿児島県工業技術センター ○岩本竜一, 市来浩一
 鹿児島大学工学部 近藤英二, 皮籠石紀雄
 鹿児島大学大学院 田中一平

1. はじめに

単結晶天然ダイヤモンド工具による非鉄軟質金属の超精密切削加工は、半導体部品や光通信部品などの加工に広く適用されている。このような超精密切削加工においては、工具刃先の微細な摩耗が、加工面の品位を低下させ製品不良の原因となる¹⁾。したがって、ダイヤモンド工具の微細な摩耗をインプロセスで監視することは、高品位な超精密切削加工を行うために重要である。本研究では、工具摩耗をインプロセスで監視するためのパラメータとして切削抵抗に着目し²⁾、単結晶天然ダイヤモンドの R バイトによるアルミニウム合金の超精密正面切削加工における工具摩耗と切削抵抗との関係を調べたので報告する。

2. 実験装置および方法

実験は、超精密旋盤(豊田工機(株) AHN60-3D)に単結晶天然ダイヤモンドのスローアウェイ R バイトを取り付け、アルミニウム合金(A5056)を正面切削した。この時の切削抵抗を切削動力計(日本キスラー(株) 9256A)で計測し、工具摩耗は電子顕微鏡(日本電子(株) フィールドエミッション走査電子顕微鏡 JSM-6330F(以下 SEM))を用いて観察した。加工後は走査型白色干渉計(Zygo New View 5032)で加工面を観察した。切削条件を表1に示す。

3. 実験結果および考察

3.1 工具摩耗

図1に SEM による工具摩耗観察写真の一例を示す。図から、摩耗形態は、主として逃げ面のアブレッシブ摩耗であると推定され、チッピングなどは見られなかった。加工中の温度上昇は、サーモグラフィによる巨視的な測定では 1 ~ 2℃程度であったため、工具の熱的損耗は無視できる程度に小さいと考えられる。

工具逃げ面の摩耗状態を実切削距離 $L=100\text{km}$ 毎に観察し、工具先端からの距離 L_w および摩耗幅 W を求めた。得られた結果を図2に示す。全ての実切削距離において、工具先端部の摩耗幅 W は小さいが、先端部から離れるのに伴って $L_w < 200\mu\text{m}$ の範囲では増加し、

$L_w > 200\mu\text{m}$ の範囲ではほぼ一定になった。図2に示した摩耗幅 W を用いて計算した逃げ面の摩耗面積 A_w を図3に示す。図より、逃げ面摩耗面積 A_w は、実切削距離 L に対してほとんど単調に増加しており、摩耗の進行速度は $L < 100\text{km}$ の範囲の方がやや大きい。このことから、 $L < 100\text{km}$ の範囲が初期摩耗、 $L > 200\text{km}$ の範囲が定常摩耗と推定される。実切削距離 $L > 680\text{km}$ の範囲において加工面にスクラッチが観察されるようになったため、ここでは $L=680\text{km}$ を工具寿命として実験を終了した。

3.2 切削抵抗による摩耗の監視

実切削距離 L と切削抵抗の関係を図4に示す。実切削距離 L 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 F_x の方が大きい。送り分力 F_z はほとんど零で変化しない。このことから、工具摩耗に対して背分力 F_x の相関が高いと考えられる。そこで、図3の逃げ面摩耗幅面積 A_w と背分力 F_x との関係を図5に示す。背分力 F_x は、逃げ面摩耗幅面積 A_w と比例関係にあることがわかる。図5には $R=0.8\text{mm}$, $f=30\mu\text{m/rev}$ の場合の結果が●印で示してあるが、工具先端半径が異なり、送り速度も異なる切削条件にも関わらず、○印で示した $R=5\text{mm}$ の場合と良く一致し、逃げ面摩耗面積と背分力は比例関係が見られる。したがって、背分力を工具摩耗の監視パラメータとすれば、あらかじめ任意の値の逃げ面摩耗面積を工具寿命の判定基準と設定しておくことにより、工具寿命を判定できる可能性がある。しかし、工具先端半径 $R=2\text{mm}$ においては、逃げ面摩耗面積と背分力は、比例関係は見られないものの、その傾きが $R=5, 0.8\text{mm}$ の場合と比較して小さくなっている。したがって、工具摩耗量と切削抵抗との関係においては、逃げ面摩耗面積以外の要因が影響すると考えられ、今後、検討する必要がある。

参考文献

- 菅野 健・吉田嘉太郎：超精密切削加工における工具と表面性状について、1993年砥粒加工学会学術講演論文集，pp. 7-12.
- 樫村幸辰：切削分力比率による工具損傷の検出，日本機会学会論文集，C，49-441（1983），pp. 835-842.
- J.M.Oomen and J.Eisses: "Wear of monocrystalline diamond tools during ultraprecision machining of nonferrous metals", Prec. Eng., 14-4（1992），pp. 206-218.

Tool	Single crystal diamond tool Rake angle=0° clearance angle=4° Nose radius R=0.8, 2.5mm	
Work piece	Material	Al-Mg alloy (A5056-H112)
	Diameter	30,197mm
	Hardness	75Hv
Spindle speed	1000rpm	
Feed speed	30 $\mu\text{m/rev}$ ($R=0.8\text{mm}$)	
	40 $\mu\text{m/rev}$ ($R=2\text{mm}$)	
	50 $\mu\text{m/rev}$ ($R=5\text{mm}$)	
Depth of cut	30 μm	
Cutting fluid	Kerosene(mist)	

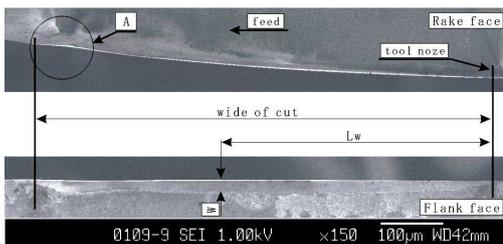


Fig.1 Sample photo of tool wear ($R=5\text{mm}$, $L=600\text{km}$)

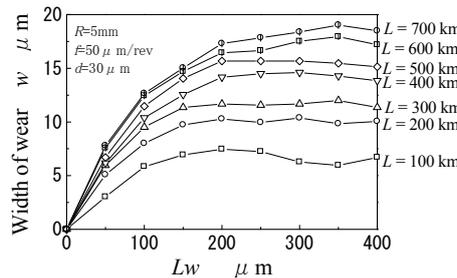


Fig.2 Relationship between L_w and W

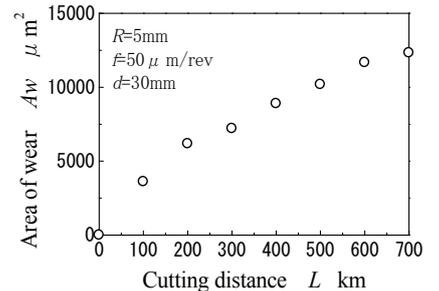


Fig.3 Relationship between L and A_w

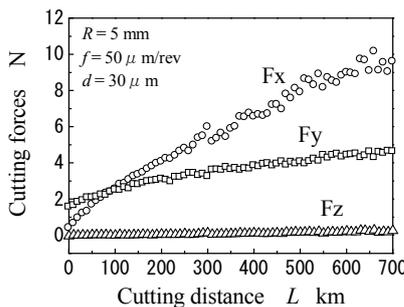


Fig.4 Relationship between L and cutting forces

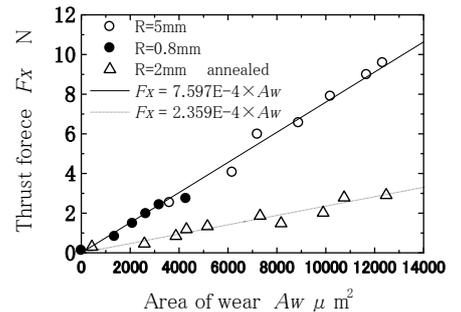


Fig.5 Relationship between A_w and F_x