

超精密切削環境における表面品位への影響*

堀田 昌宏**、飯村 崇**、南幅 留男***

超精密切削加工において、切削環境を変化させたことで影響される被削材の表面粗さについて検討を行った。その結果、面粗さには切削液の潤滑効果による影響が大きいことが判った。このため、超精密切削加工においては、加工液の種類と供給方法について十分に吟味する必要がある。

キーワード：超精密切削、切削環境、加工液

Effect of the surface dignity on the ultra-precision cutting environment

HOTTA Masahiro, IIMURA Takashi, and MINAMIHABA Tomeo

We examined the work surface roughness influenced by the change of cutting environment, as for ultra-precision cutting. As a result, we knew that we had much influence on smoothing effect of cutting fluid, for the surface roughness. We need more examine about kinds of cutting liquid and the way of supply, as for ultra-precision cutting.

key words : ultra-precision cutting, cutting environment, cutting fluid

1 緒言

著しい成長を遂げている情報機器関連等に代表される産業において、ますます超精密加工が必要な機械加工品が要求されている。しかし、この超精密加工には高度な加工ノウハウを必要とするため、この分野に新規に参入する企業は試行錯誤を繰り返しながら苦労を重ねるケースがほとんどである。そこで当センターでは超精密加工の一分野である超精密切削加工技術に関する基礎技術を確認し、データの蓄積を行うことで、県内企業に広く超精密加工技術を普及していくことにした。そこで、今年度は切削環境の変化が切削加工に及ぼす影響について吟味するため、切削液供給量及び切削油自体を変更することで影響される被削材の表面粗さについて検討を行ったので、その結果を報告する。

2 実験方法

CNC超精密鏡面加工機（Precitech社製Nanoform350）を用いて、表1の切削条件で端面切削を行った。工具はノーズ半径0.8mmの焼結ダイヤモンドバイト（以下、焼結ダイヤモンド）及び単結晶ダイヤモンド

イト（以下、単結晶ダイヤモンド）を使用した。加工液として、製造メーカ推奨の切削油、白灯油、及びオレイン酸を用いた。オレイン酸は塗布効果により表面粗さが改善される¹⁾との報告例があるので、比較対象のため選定することとした。

加工液は噴霧供給し、加工液供給ノズル角度を工具すくい面側から見て60度に、工具逃げ面側から見て0度に設定した。また、被削材は超精密加工でよく用いられている無酸素銅を用いた。評価用測定機器として加工面の粗さ測定には、非接触の光学式表面粗さ測定機（Zygo社、New View 100）を用いた。

表1 切削条件

被削材	無酸素銅
回転数	1000rpm
送り	10mm/min
切込み量	0.01mm
工具	焼結ダイヤモンド、単結晶ダイヤモンド
加工油	メーカ推奨油、白灯油、オレイン酸

*超精密加工技術の開発（第2報）（産業集積活性化事業）

**電子機械部

***電子機械部（現 金属材料部）

なお、鏡面切削の場合、研磨面と同程度の仕上げ面粗さ(縦方向の最大高さ R_y)と切削面特有の周期的な微小凸凹による虹面抑制が必要であるが、加工面の評価はこの虹面によって大きく左右されるため、虹面の定量評価に横方向のパラメータ S, S_m (S, S_m : 測定長さ内で算出される局部山頂及び凸凹の平均間隔で定義されるパラメータ)も用いて行った。本文中に用いる記号は下記のとおりである。

- s : 主軸回転数 (rpm)
- f : 送り (mm/min)
- a : 切込み (mm)

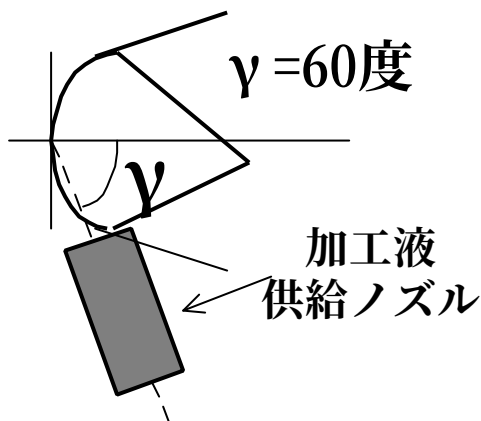
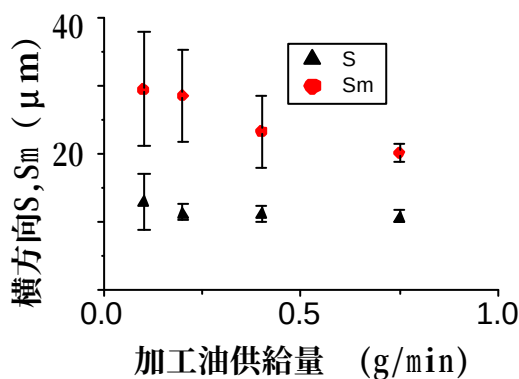
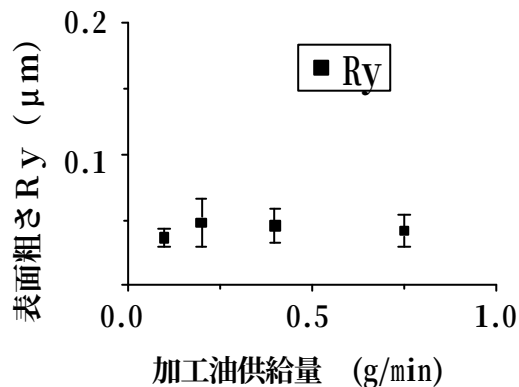


図1 加工液供給方向



$S=1000\text{rpm}$, $f=10\text{mm/min}$, $a=0.01\text{mm}$
単結晶ダイヤモンド, 無酸素銅

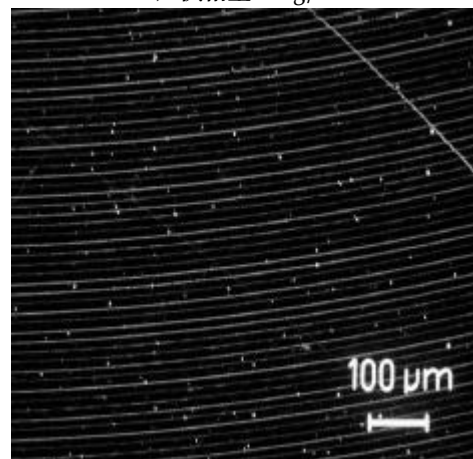
図2 供給量を変化させた場合の表面粗さ

- R_y : 縦方向の最大高さ (μm)
- S : 横方向の局部山頂の平均間隔 (μm)
- S_m : 横方向の凸凹の平均間隔 (μm)

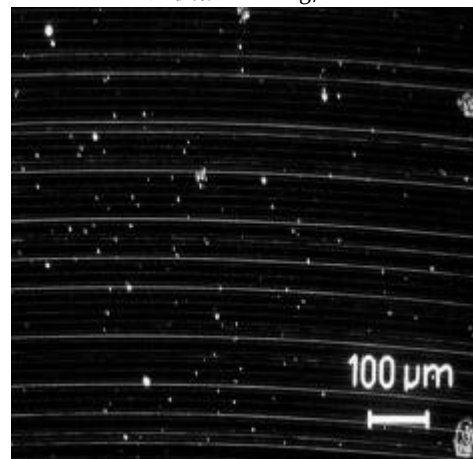
3 結果と考察

図2にミスト供給量を変化させた場合の表面粗さを示す。なお、供給量を変更しても切り屑排出が正常に行われていることを加工中に確認している。 R_y は供給量を変化させてもあまり変化が見られず、ばらつきの度合いも供給量が多くなるに従って小さくなっている。今回、供給量が微小である状態が一番悪い結果となることを予想していたが、逆となる結果が得られた。 S は供給量を変更しても変化がみられず、 S_m は供給量が多くなるにつれて小さくなり、 $S_m \geq 20 \mu\text{m}$ で鏡面となっている。それに対し、焼結ダイヤを用いた場合、供給量が微小あるいは多量(ミストがはっきりと判る状態)である場合では、 R_y が多少ばらつきを持っているが、他の状態と比べて大きくなっている。 S, S_m は供給量を変更させてもあまり変化がなく、 $S_m \leq 15 \mu\text{m}$ で虹面が観察される。これらのことから、横方向のパラメータ S_m を用いることによ

a) 供給量 0.1g/min



b) 供給量 0.75g/min



$S=1000\text{rpm}$, $f=10\text{mm/min}$, $a=0.01\text{mm}$
単結晶ダイヤモンド, 無酸素銅

写真1 加工面の偏光顕微鏡写真(×200)

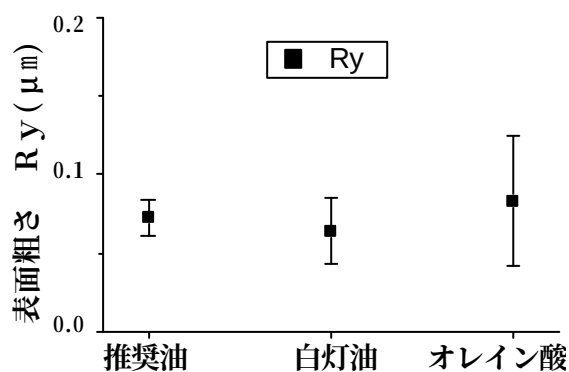
り、目視で判断した加工面の評価を定量的に確認することが可能であると考え。

また、供給量を変更しながら焼結ダイヤを用いて切削した際の切削抵抗を比較してみると、供給量が微小或いは多量（ミストがはっきりと判る状態）である場合の時に、主分力 F_x 、背分力 F_z が一番小さくなり、かえって適度に供給した場合のほうが高くなっている。これは、加工液の冷却作用により、被削材の塑性変形強さが増加したため、切削抵抗が上昇したためと考える。

写真1はミスト供給量を変更した場合における加工面の偏光顕微鏡写真である。供給量が多い場合、供給量が微量な場合と比べて加工面に大きな凸が規則的に生じていることが判る。これはミスト供給を行う場合、液状に供給する場合と比べ切削点近傍に直接加工液液が当たらないので、工具と被削材の微振動を抑えることが可能であるが、今回のように多量に供給すると工具と被削材に微振動を与えてしまい、微小ながら刃物食い込み量が増加し、その結果均一に切削できなかったのではないかと推測できる。従って、適度な状態（目視でミストが確認できる程度）で供給しながら切削した方が表面粗さを低減できると考える。

加工液に期待される効果として、被削材の被削性を改善し仕上げ面品位の向上や工具寿命延長を図る効果と作業性に関する効果（切り屑除去効果等）があげられる²⁾が、超精密加工においては加工液自身が有する冷却効果と潤滑効果が特に重要視されている。しかし、切削を行わない状態でミストを多量に供給した場合、被削材の表面温度低下は最大でも 1.0°C 程度しかなかったことから、今回の結果において加工液の冷却効果があまり望めなかったのではないかと考える。そのため、超精密切削加工においては、表面粗さには加工液の潤滑効果が大きいのではないと思われる。

図3は、加工液を変更した場合における表面粗さを示す。 R_y において、白灯油を供給した方が一番小さいが、ばらつきから考えると推奨油が一番小さい結果となった。また、焼結ダイヤを用いて切削した際、加工液を変更し



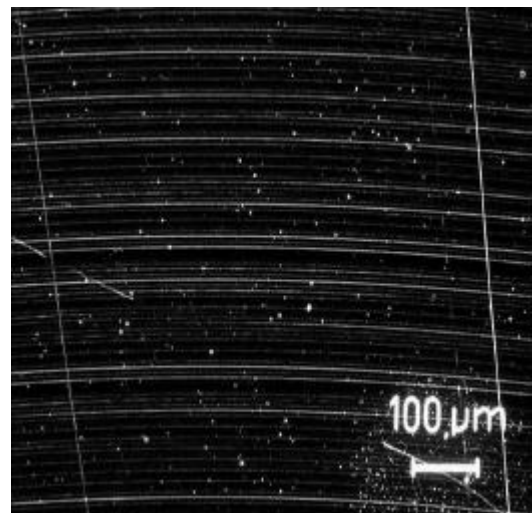
$S=1000\text{rpm}$, $f=10\text{mm/min}$, $a=0.01\text{mm}$
単結晶ダイヤモンド, 無酸素銅

図3 加工液を変更した場合の加工面の表面粗さ

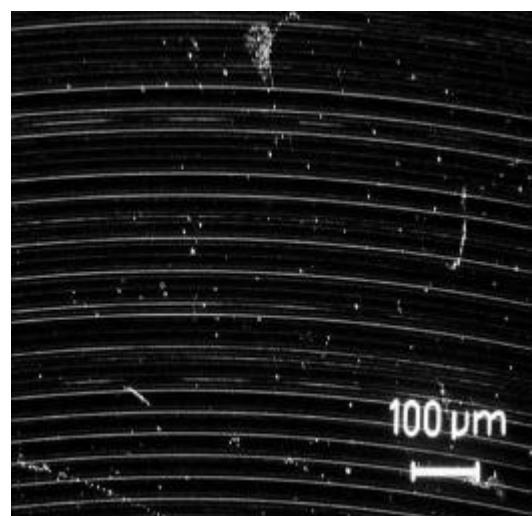
た場合の表面粗さ及び切削抵抗を比較すると、 R_y はオレイン酸を供給した場合よりも白灯油を供給した方が良い結果であるが、主文力 F_x 、背分力 F_z を比較してみるとあまり変わらないことが判った。今回オレイン酸を使用した場合に R_y が大きくなった原因は、使用した切削液の中でオレイン酸の粘度が一番大きいので、加工後の切り屑排出がうまくいかなかったのではないかと考える。通常、超精密切削加工において、 $10\text{mm}^2/\text{s}$ (40°C) 以下の粘度の低い不水溶性油剤 (J I S 1 種 1,2 号相当) が適用されており、今回使用した加工液はその分類に含まれるものである。そのため、加工液を変更した時にばらつきがあるが表面粗さに明確な違いが図3では確認できなかったため、今回の場合、加工液の粘度が小さくなれば問題とならないのではないかと考える。

写真2は加工液を変更した場合における加工面の偏光顕微鏡写真である。オレイン酸と白灯油を比較した場合、

a) 白灯油



b) オレイン酸



$S=1000\text{rpm}$, $f=10\text{mm/min}$, $a=0.01\text{mm}$
単結晶ダイヤモンド, 無酸素銅

写真2 加工面の偏光顕微鏡写真($\times 200$)

若干オレイン酸の方が加工面にはっきりとした大きな凸が規則的に生じていることが判る。しかし、白灯油の方にも凸が生じていることから、加工液に期待された作業性に関する効果(切り屑除去効果等)が旨く作用していなかったのではないかと推測できる。

以上のことから、超精密切削加工においては、切削剤の種類と供給方法について十分に吟味する必要があると思われる。

4 結 論

今回、切削環境の変化が切削加工に及ぼす影響について吟味するため、切削液供給量及び切削油自体を変更することで影響される被削材の表面粗さについて検討を行ったところ、以下のことが判った。

- ・超精密切削加工においては、表面粗さには加工液の潤滑効果が大きい。

- ・超精密切削加工において、切削剤の種類と供給方法について十分に吟味する必要がある

今回、被削材を1種類に限定し、切削環境の変化が切削加工に及ぼす影響について検討を行ったが、被削材の種類が多様化するに従い、他の切削油剤の検討や切削環境の最適化が強く求められると予想される。今後は、こういったことを踏まえて更なる研究を進めていきたいと考える。

文 献

- 1) 金枝敏明, 河坂博文: 軟質金属切削における塗布効果(第1報), 精密工学会誌, 702, 61, 5 (1995)
- 2) 森脇俊道他: 超精密生産技術体系第1巻基本技術, フジテクノシステム, 138(1994)