天然ダイヤモンドバイトによるアルミニウムの超精密

旋削加工に及ぼす切削油剤の影響*

重松 日出見^{*1}, 富田 進^{*1}, 小田喜 敏美^{*1}Influence of Cutting Fluid on Ultra-precision Turning
of Aluminum with Natural Diamond Bite

Hidemi SHIGEMATSU, Susumu TOMITA and Toshimi ODAKI

The examination on the phenomena which occurs between cutting edge of bite and worked surface in the wet turning was conducted. As the results, it was found that similar phenomena occur even when the kinds of cutting fluid were changed. Moreover, it was found that the contributions of extreme pressure additives of cutting fluid, or the diluting rate of water-base type cutting fluid to the effects on the phenomena which deteriorate worked surface.

Key Words : Cutting, Ultra-precision Machining, Cutting Tool, Cutting Fluid, Natural Diamond Bite, Aluminum.

1. まえがき

現在, サブミクロンの加工精度を対象にした超精密切削加工, 超精密研削加工, 超精密研磨加工などが行われている。

そして, これらの超精密湿式機械加工の分野では, 軽質鉱物油である灯油単体の不水溶性や, 界面活性剤から成る水溶性が供給されている。

ところが最近, 工具(バイト, 研削砥石, 研摩ベルトなど)の寿命の延長化や, 加工面精度の向上化を図るために, 新たな超精密機械加工用油剤の開発が望まれている。

そこで, 本研究は, 超精密切削加工に及ぼす油剤の作用と効果を明らかにして, 超精密切削加工用油剤の開発を目的として行ったものである。

本報では, 現在行われている, 天然ダイヤモンドバイトによるアルミニウムの鏡面を対象にした, 湿式旋削加工の過程で, バイト刃先と加工面に発生する現象と, それに及ぼす油剤の影響について調べた結果, 明らかになった事柄を述べる。

2. 実験方法

本実験では, 微小量の送りが可能な, クリープ研削用の横軸角テーブル往復形平面研削盤(岡本, PSG-52 AN形)を用いて, 正面削りを行った。

正面削りの方法を図1に示す。

研削盤のテーブル上①に設置したバイト取付台②に, バイト③を保持する。

バイトはアルミニウムの旋削加工に使用されている, 市販の天然ダイヤモンドバイトで, その形状を図2に示す。刃先形状は, アルミニウムの鏡面を対象にした正面旋削用として, 一般に採用されているものである。

加工材④は, 図3に示す形状の市販ブランク材で, これを面板⑤と共に, フランジ⑥で締め付けて, 砥石軸⑦に取り付けて回転させる。

加工材へのバイトの切り込みは, 0.001 mmのダイヤルゲージ⑧を設置して, 研削盤の横方向送りハンドル⑨で, 0.001 mmの切り込みが行えるようにした。

また, 正面削りを行うためのバイトの送り($\rightarrow f$)は, クリープ研削用の微小量送り装置⑩によって, 加工材の端面の内周端(r_1)から外周端(r_2)までの微小量送り(2mm/min~150mm/min)を可能にした。

* 原稿受付 平成元年9月12日。

*¹ 正員, 相模工業大学工学部(〒251 藤沢市辻堂西海岸1-1-25)。

図1 旋削方法

図2 天然ダイヤモンドバイトの形状

図3 加工材

油剤は、不水溶性と水溶性を供給した。

不水溶性は、現在行われている、天然ダイヤモンドバイトによるアルミニウムの旋削加工に、供給されている灯油で、市販の暖房用のものである。

水溶性は、semi-emulsion とsoluble を供給した。

semi-emulsion は、基油の鉱物油の量を減らして乳化剤を増した（鉱物油30%、乳化剤50%）ものである。極圧剤として塩素系化合物（15%）を含んでいる。一般のemulsionに比べて、水で希釈したときのemulsion粒子の大きさが小さい（emulsion粒子の大きさを、例えば光学顕微鏡で観察した場合、粒子の最大径は、emulsionは15 μ m程度、semi-emulsionは3 μ m～5 μ m）。

また、soluble は、油性向上剤（脂肪系、10%）を含む、一般切削用として市販されているものである。

なお、本実験では鏡面加工に及ぼす油剤の透過の影響を考えて、油剤は非循環（流し放し）方式で供給した。したがって、供給量を少なくすることから、油剤の浸透効果と洗浄効果を高めるために、圧搾空気と併用させる噴霧ガンを取り付けて、噴霧給油方式の供給（空気圧 3kg/cm²、供給量1000cc/min）を採用した。

3. 実験結果と考察

まず、油剤別に旋削した加工面の粗さと光沢度を、測定した結果の一例を、表1に示す。

表1に示した粗さの最大値は、図4に示すように旋削した、アルミニウム円板4箇所（1,2,3,4）の、それぞれの内周端から外周端までの加工面のプロファイルを、触針式粗さ計（東京精密、700B形、測定倍率 縦10万倍、横 100倍）で測定・記録して、最も大きい凸部と凹部の高さ（ R_1 ）の値である。また光沢度は、旋削した後に指紋除去剤（佐鳴商会、R.P334A）を用いて、超音波洗浄を行って、供給油剤の付着を除去した状態の、上記4箇所の最大凸部付近と凹部付近（1の1）の光沢を、デジタル変角光沢度計（スカ試験機、UGV 5D P形）で測定した。

硬いダイヤモンドの平バイトで、軟質のアルミニウムを、微小量の切り込みと送りで、湿式旋削した加工面の粗さの最大値が、表1に示すように供給油剤の種類によって変わる。

そこで、これを究明するために、測定・記録した油剤別の加工面のプロファイルを調べた。この結果、供給油剤の種類に関係なく、加工面を悪化させる現象が、湿式旋削の過程で、それぞれ発生していることが分かった。また、発生した現象が加工面の悪化に及ぼす影響度合が、極圧剤の有無や、水溶性油剤の希釈度によって変わるために、加工面粗さに油剤別の差が現れる事が分かった。

表1 加工面粗さと光沢度に及ぼす油剤の影響

Cutting fluid (dilution)	Roughness of worked surface R_{max} (μ m)	Luminance of worked surface
Kerosene	0.03	122.9
Semi-emulsion ($\times 5$)	0.04	123.2
($\times 20$)	0.08	128.4
($\times 50$)	0.15	132.5
Soluble ($\times 5$)	0.08	130.1

Face turning
Tool material: Natural diamond bite. Work material: A5086P.
Cutting speed: 471m/min ~ 1884m/min. Depth of cut: 15 μ m.
Feed: 30 μ m/rev.

図4 加工面粗さと光沢度の測定方法

次に、湿式旋削の過程で発生する加工面の悪化現象と、それに及ぼす油剤の種類と水溶性油剤の希釈度の影響度合について調べた。その結果を以下に示す。

(1) バイト刃先と加工面に発生する滞留物現象

図5の(a)に示す、旋削加工面プロファイルの矢印部分(※)を、顕微鏡(明石、走査形、ISI60形)で観察して見ると、図5の(b)に示すように、加工材であるアルミニウムの一部が、滞留物として加工面に付着している(※)。また、図5の(c)に示す刃先部に滞留した溶着部(↓)の加工硬化りて、旋削加工面に過切り込みが形成される(図5の(a)と(b)の各部分)。

加工面への、このような滞留物の付着現象は、図5の(d)に示すバイト刃先部に発生した、アルミニウム滞

図5 加工面及び刃先部の滞留物

留物の一部が脱落して、その一部が逆付着したものである。

そこで、バイト刃先への滞留物の発生過程を、顕微鏡と触針式あらさ形を用いて追跡した結果の一例を、図6に示す。

バイト刃先への滞留物の付着は、図6の(a)に示すように、バイト刃先の研磨で形成された、すくい面上・逃げ面上・切れ刃稜の、それぞれの凸部への溶着現象と、凹部への圧入現象とによって、先ず発生する。そして、発生した滞留物は、図6の(b)に示すように、旋削の進行と共に発達・成長していく。なお、発達・成長の過程で、滞留物の一部が脱落する場合がある。

バイト刃先への、このような滞留物の発生によって、加工面への滞留物の逆付着以外に、図7の(a)に示す傷や、図7の(b)に示すむしれなどが発生して、加工面が悪化する。

ところが、塩素系化合物を添加した油剤を供給すると、バイト刃先に発生した滞留物の表面に生成される

Developing

Growing

(b)

図6 溶着部の変化

図7 加工面の損傷

固体潤滑膜¹⁾によって、滞留物が発達・成長していく割合が抑制される。したがって、発達・成長の過程で起きる滞留物の脱落する割合や、過切り込み・傷・むしれも少なくなる。なお、塩素系化合物を含む水溶性油剤を供給する場合に、希釈度を大きくすると、発生した滞留物の発達・成長の抑制化に及ぼす極圧剤の効果は低減する。

(2) バイト刃先に発生する破砕現象

バイト刃先からの滞留物の脱落の際に、図8に示すように、バイト刃先部に欠けが発生する。

また、バイト刃先の滞留物と加工面との接触に伴う、切れ味の低下と摩擦力の増大によって、切削熱や摩擦熱が高くなる。このために、供給する水溶性油剤の希釈を高くすると、油剤の組成に関係なく、油剤の冷却性の増大によって促進される、バイト刃先への熱衝撃効果²⁾の割合が増して、破砕が多くなる。

なお、バイト刃先に滞留物が形成されると、切れ味の低下に伴う、切屑の分離作用が悪くなって、図9に示すように、加工面上に、もり上り現象(Ⓑ)が現れる。また、バイト刃先の破砕に伴う加工面への切り込み減少によって、図9に示すように加工面上に、ラビング現象(→)が現れる。

図8 刃先部の欠け

図9 加工面のもり上りとラビング

Face turning
Tool material: natural diamond bite, Work material: A7053
Cutting speed: 471m/min~1884m/min, Depth of cut: 17 μm
Feed: 30 μm/rev.

図10 加工面の光沢度

以上のような、バイト刃先及び加工面に発生する現象によって、加工面粗さ値が大きくなると同時に、その加工面の光沢度も、図10に示すように低下する。

4. あとがき

得られた結果を要約すると、次の通りである。

- (1) 供給油剤の種類に関係なく、湿式旋削の過程で、加工面を悪化させる現象が発生してくる。
- (2) しかしながら、バイト刃先や加工面に発生する現象の割合や、それがバイト刃先及び加工面に影響する度合は、供給油剤の極圧剤の有無や供給水溶性油剤の希釈度の大小によって変わる。
- (3) エマルジョン粒子を小さくして、塩素系化合物を極圧剤として添加した、セミエマルジョン形の水溶性を供給した場合、灯油を供給して旋削した加工面と、同程度の粗さや光沢を形成させることが可能となる。

本研究の一部は(財)化学素材研究開発財団より受けた研究助成費によって行ったものである。ここに記して謝意を表する。また、加工面の光沢度の測定や、加工面に付着した油剤の洗浄方法について、色々とお世話になった佐鳴商会と高千穂精機株式に、厚くお礼申し上げる。

文献

- 1) 野口・重松：機論 48-427 (1982) 418.
- 2) 富田・重松：相模工業大学紀要 18-1 (1984) 23.