

超精密切削加工技術に関する研究 (第3報)

- ドライ切削加工 -

西村 正彦*, 佐本 芳正*, 清崎 茂*

Super Precision Cutting and Machining (3rd Report) - Dry Cutting Method -

by Masahiko NISHIMURA, Yoshimasa SAMOTO
and Shigeru KIYOSAKI

The fundamental datas of super precision diamond turning of the Al alloy for mirror were reported in the previous paper.¹⁾²⁾ This paper describes the procedure and the results of experiments to investigate the dry cutting. Because cutting fluid are essential in metal cutting to increase the tool life and reduce the finished surface roughness. Due to increasingly strict legislation aimed at controlling environmental pollution, however, the cost of using cutting fluid is rising. Therefore, it is necessary to reduce the amounts of cutting fluid used.

Key Word: Diamond turning, Al alloy, Cutting fluid, Surface roughness, Dry cutting,

1. はじめに

ダイヤモンド工具により加工された軟質材の鏡面加工面には、表面粗さの他に面の清浄度が要求される。この面の清浄度に対し、通常使用される白灯油系の切削液はマイナス要素が多い。そこで切削液を用いないドライ切削による加工精度（表面粗さ、真円度、平面度等）や表面性状（残留応力、加工変質層等）の向上の可能性を検討した。なお、本研究のドライ切削技術は加工現場における環境問題で現在最も注目されている切削液の扱いに対してのブレイクスルーに成り得る。最終的に廃液になってしまう切削液は現在、濃度・性状を厳しく管理することにより、また腐敗しにくい切削液を使用することにより、ロングライフ化を図り、使用量の削減が促進されているが一部はコストをかけて廃棄処理されている。しかもこの処理費については

環境保護の政策により年々上昇している。国内においても近い将来同様な状況となることが容易に予想される。切削液問題に対するベストの解決策はそれを使用しないことであり、ドライ切削がこれにあたる。ドライ切削技術は元明治大学の横川と工学院大学の横川らが行っているが、まだまだ未解明な点が少なくない。³⁾⁴⁾

2. 実験方法

2.1 被削材

強度・耐食性・切削性にすぐれたAl-Mg合金（JIS A-5056）の引き抜き丸棒より、50mm×10mmの試料を切り出した。両面をフライス加工して面出しを行い、さらに片面は1500番まで研磨仕上げを行ってバキューム吸着面とした。その被削材の化学成分および機械的性質を表1, 2に示す。

* 機械電子グループ

表1 被削材の化学成分 (wt%)

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
0.06	0.11	0.01	0.07	4.7	0.07	0.01	……	Val.

*日本軽金属(株)製 引抜き棒 (φ50mm×1000mm)

表2 被削材の機械的性質

	耐力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)	縦弾性係数 ×1000(N/mm ²)
A-5056	152	289	35	71

2.2 切削工具

切削工具は大阪ダイヤモンド工業(株)製の単結晶ダイヤモンドバイトを使用した。先端径は0.8mmR，すくい角は0°とした。先端形状は0.1μmの輪郭度のものを使用した。

2.3 加工機械

加工には空気静圧スピンドルを有する超精密旋盤(テラーホブソン社製オプトフォーム50ユニバーサルタイプ)を用いた。バイト送り方向でのテーブル真直度は150mm ストロークにおいて0.5μm，切り込み方向でのスピンドル真直度は100mm ストロークにおいて0.5μmに維持されている。スピンドルの回転精度は0.13μm，剛性は軸方向で6.2kg/μm，半径方向で1.6kg/μmである。

2.4 表面粗さ測定

テラーホブソン社製のタリステップを用いて被削材の直径方向の中心線平均あらさRaの値を読み取った。測定は周速の速い，加工面の外周部で直径方向に行った。なお，カットオフ値を0.025mmとし，測定長さは0.075mmとした。

2.5 加工条件

前々報¹⁾にて鏡面加工面が得られた加工条件(表3)に対し，仕上げ加工の送り速度を15,20,25,30mm/minに，切り込み量を2μmに変更して端面切削を行った。前々報ではミスト状の白灯油を圧縮エアと共に切削箇所へ供給したが，今回は圧縮エアのみのドライ加工とした。

表3 加工条件

	荒加工	中仕上げ加工	仕上げ加工
主軸	5000rpm	←	←
切り込み	10μm	4μm	4μm
送り	100mm/min	70mm/min	20mm/min
回数	2	2	1

3. 実験結果および考察

図1に各送り速度での表面粗さの測定結果を示す。送り速度は上から15,20,25,30mm/minで，図から明らかなようにいずれの速度においても同様な粗さ曲線を示した。粗さの測定値Raは15mm/minが24nm，20mm/minが21nm，25mm/minが14nm，30mm/minが21nmを示した。前々報にて白灯油のミストクーラントを供給して加工したワークのRa値は数nmを示し，切削加工面が鏡面状態になったが，エアのみのドライ切削加工では切込み量を小さくして送り速度を変化させてもRa値数nmの鏡面加工面を得ることは出来なかった。Ra値が数十nmのオーダーは前々報にて人工ダイヤモンド工具の切削加工にて十分得られたレベルである。

図2に加工の一例を示す。切削液なしは今回加工を行ったもの，切削液有りは前々報にて加工を行ったものである。この加工例の表面粗さは切削液なしが21nm Ra，切削液有りが3nm Raである。切削液を用いた加工では表面粗さが数nmという良好な鏡面加工面が得られたが，図からわかるようにエアのみの供給したドライ切削加工では円周方向に切削痕が入り，虹面しか得られなかった。周速が0に近づく中心部において特にその傾向が顕著に見られた。

この様にドライ切削加工において鏡面加工面が得られなかった原因としては，その加工環境が切削工具にとって厳しかったものと考えられる。通常，切削加工では切削液の働きにより構成刃先の発生が抑制される。つまり切削液中の硫黄や塩素などの極圧添加剤が働き，工具すくい面上でせん断強さの弱い固体潤滑膜などを形成し，工具と切りくず間に機能することによって，すくい面上の切りくずの溶着を防止し，構成刃先の成長が妨げられる。これに対しドライ切削ではこ

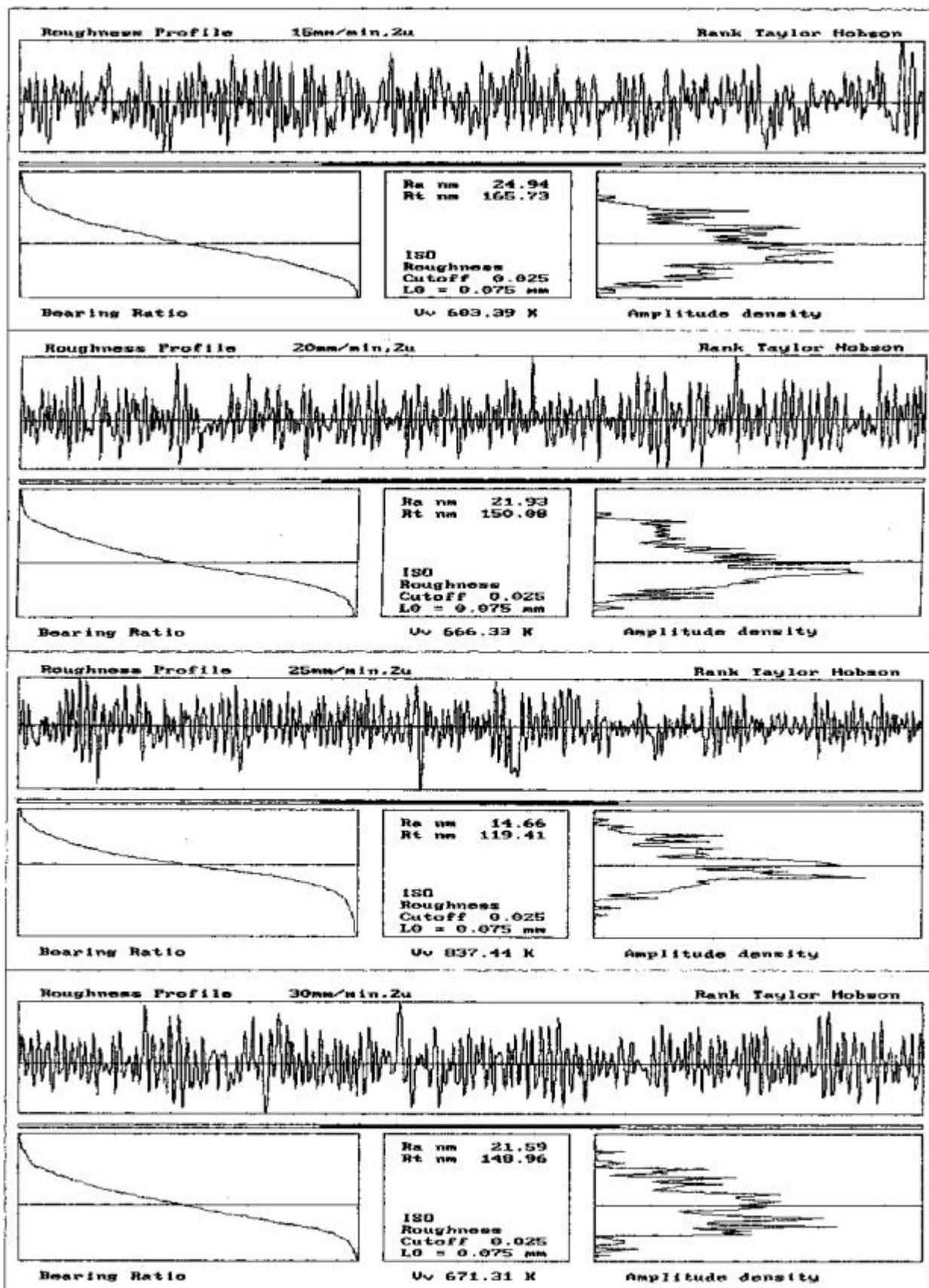


図1 表面粗さ測定結果

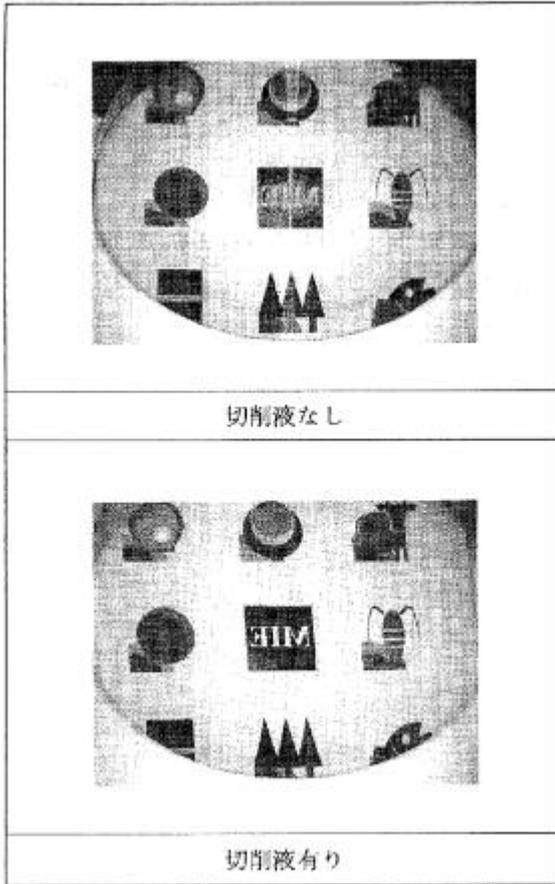


図2 切削加工面

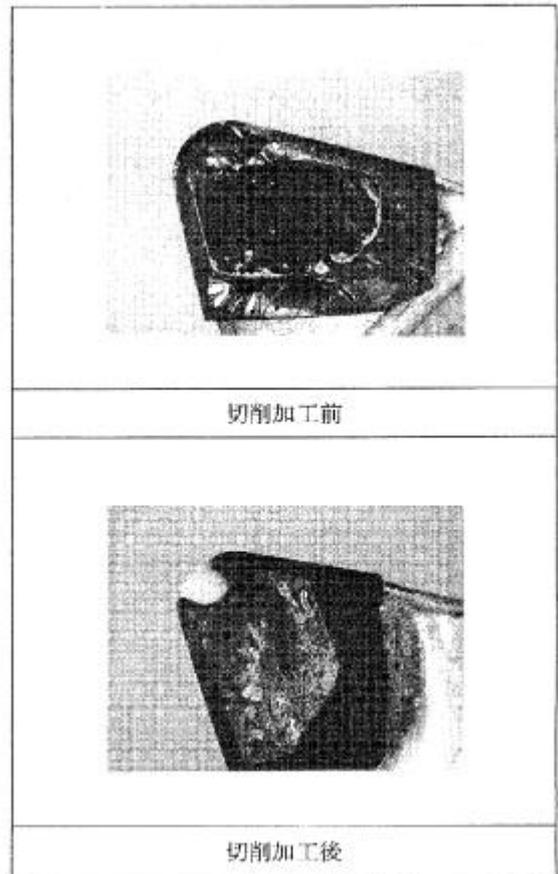


図3 工具の摩耗状態

の働きが無いため構成刃先が発生し加工面精度を低下させたものと考えられる。アルミニウム合金の切削加工における構成刃先の発生形態には切りくずの流れがすくい面に接し、熱によって溶着する場合と、刃先の微小な欠けの部分に硬化した切りくずが付着する場合とが考えられるが、今回は特に前者の発生の影響が大きかったと考えられる。このことは加工後の工具の摩耗状態と切りくずの形態より明らかである。図3に工具の刃先形状、図4に切りくずの形態を示す。図3からわかるようにドライ切削加工後の工具にはすくい面に激しいクレータ摩耗が観察される。(工具先端の白く写っている部分)また図4からわかるように切削時の切りくずの形態は流れ状を呈しており、このことより流れ状の切りくずが工具のすくい面に接し、熱によって溶着して構成刃先を生じたと考えられる。

なお、冷却効果と切りくずの適切な排出を期待して種々のエアの供給方向(工具上部方向, 下部方向, 横方向等)を試行したがRa値は改善されなかった。

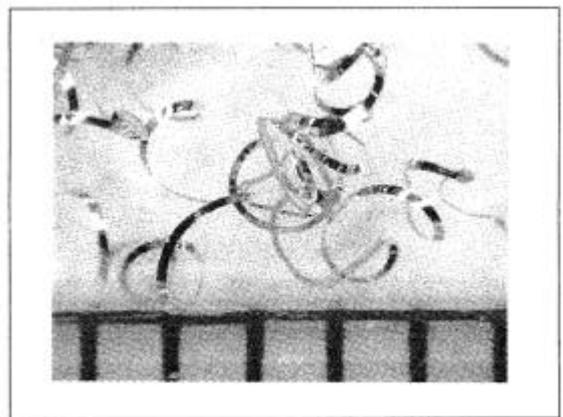


図4 切りくずの形態

4. まとめ

軟質材（AL - Mg合金）の鏡面加工において切削液を用いないドライ切削加工の可能性を検討した。その結果次のことがわかった。

ドライ切削加工は工具へのダメージが大きく、構成刃先の発生による工具摩耗が激しくて鏡面加工面を得ることはできなかった。実験のパラメーターとして送り速度 切り込み量 エアー（常温）の供給方法を変更して加工したが、虹面しか得られなかった。平成11年度は冷風の供給による加工精度向上の可能性を検討する。

なお、本研究は自転車振興会の補助事業として行った。

参考文献

- 1)西村他：三重県工技セ研報, No. 21, P55(1997)
- 2)西村他：三重県工技総研報, No. 22, P31(1998)
- 3)横川他：ISO14000取得のための冷風切削・研削技術, 機械技術, 日刊工業新聞社, Vol. 45, No. 8, P52(1997)
- 4)横川他：環境にやさしい冷風研削・切削加工技術, 機械と工具, 工業調査会, Vol. 42, No. 7, P45(1998)