

超精密切削加工技術に関する研究 (第2報)

- 顕微鏡的手法による加工面の評価 -

西村 正彦*, 佐本 芳正*, 清崎 茂*

Super Precision Cutting and Machining
(2nd Report)

- Evaluation of Machining Surface
by Microscopic Method -

by Masahiko N I S H I M U R A , Yoshimasa S A M O T O
and Shigeru K I Y O S A K I

The fundamental data of super precision diamond turning of the Al alloy for mirrors were reported in the previous paper. This paper describes the procedure and the results of experiments to investigate the evaluation of machining surface by microscopic method. The nanometer scale imaging of super precision cutting surface of the Al alloy has been carried out with an atomic force microscope. The test results show the following: (1) There is not an interrelation between contact data and non-contact data in Surface Roughness. (2) Turning by synthetic diamond tool is more dependent than that by natural diamond tool on the presence of cutting fluids.

Key Word : Diamond turning, Al alloy, Super precision, Atomic Force Microscope, Surface Roughness

1. はじめに

軟質材の鏡面加工面の評価方法としては従来からの触針法のほか、光を使った光干渉法、トンネル電流等を使った走査型プローブ顕微鏡等がある。特に顕微鏡法は物質の分子原子レベルでの構造解明まで有力と最近注目を集めている。しかし、これらについて相互の関係を明らかにするデータはまだまだ少ない。

軟質材 (A l - M g 合金) の鏡面加工面の加工精度を顕微鏡的手法により測定し、前報での接触式のデータとの比較検討をすると共に、表面粗さデータの決定因子について検討する。今回顕微鏡的手法としては原子間力顕微鏡 (A t o m i c F o r c e M i c r o s c o p e , 以下

A F M と称す) を用い、表面観察には走査型電子顕微鏡 (S c a n n i n g E l e c t r o n M i c r o s c o p e , 以下 S E M と称す。) を用いた。

2. 実験方法

2.1 A F M 用試料

前報¹⁾にて表1に示す加工条件で切削加工したワー

表1 加工条件

	ワーク1	ワーク2	ワーク3	ワーク4
バイト	天然ダイヤモンド	←	人工ダイヤモンド	←
切削液	有り	無し	有り	無し
主 軸	5000rpm	←	←	←
切り込み	1 μ m	←	←	←
送 り	20 μ m / m i n	←	←	←

* 研究指導室機械電子チーム

ク1～4 (50mm×10mm, Al-Mg合金)より,
AFM測定用試料を作成した。AFM用試料は10mm×
10mm×1mmの立方体形状とし,ファインカッターを用
いて各ワークより湿式にて切り出した。その際加工面
保護のため加工面には表面保護スプレー(商品名シリ
テクト)を使用した。表面保護スプレーは粘着テー
プ(セロテープ等)を貼るだけで容易に剥離できるタ

イプのものとした。

2.2 測定方法

AFMにより20μm×20μmの範囲の測定を行い,
AFM像,フーリエ変換像(以下FFT像と称す。)お
よび断面曲線を求めた。さらにSEMにより同倍率の
SEM像を求めた。

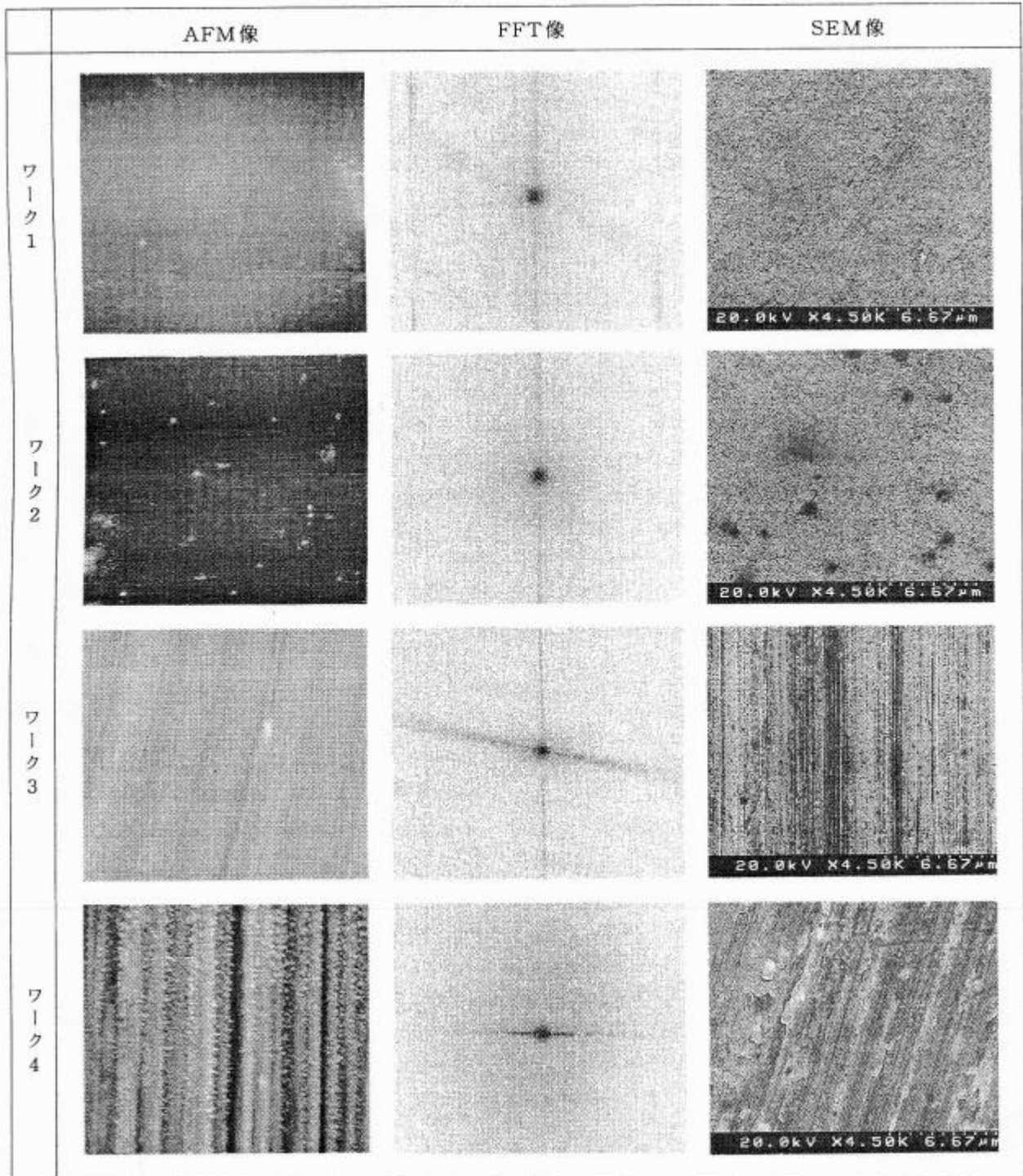


図1 各ワークのAFM,FFT,SEM像

2.3 使用機器

本実験に用いた機器の主な仕様は次のとおりである。

1) A F M

日本電子(株)製 J S T M - 4200/A
カンチレバー シリコン(片持ち式)
測定範囲 $30\mu\text{m} \times 30\mu\text{m}$
走査速度 $2.8\mu\text{m}/\text{sec}$

2) S E M

(株)日立製作所製 F E - S E M S - 4100
電子銃 冷陰極電界放射形
倍率 20~300,000倍

3. 結果と考察

3.1 A F M, F F TおよびS E M像

図1に各ワークの $20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ のA F M像, F F T像およびS E M像を示す。A F M像の上下方向が切削方向, 白黒の明暗が表面の凹凸情報を表し, 白い個所が凸部, 黒い個所が凹部を示している。F F T像はA F Mの左右の走査に対する表面形状の周期性を表し, 上下方向の周期性がある場合, 水平のラインを呈する。人工ダイヤモンド工具にて切削加工したワーク3, 4は加工面が虹面を呈しており, 目視にて十分切削方向が確認できるため, F F T像では明確な上下方向の周期性を示した。天然ダイヤモンド工具で切削加工したワーク1, 2は共に鏡面を呈しているため, 顕著な周期性は見られなかった。なお, ワーク1~3のF F T像で見られる縦方向のラインは測定機固有のノイズによるものである。

天然ダイヤモンド工具で切削加工したワーク1, 2のA F M像には切削液の有無による顕著な影響は見られなかった。このことは4,500倍で観察したS E M像からもわかる。これに対し, 人工ダイヤモンド工具で切削加工したワーク3, 4においては切削液の有無による顕著な影響が見られた。切削液を用いたワーク3のA F M像およびS E M像が切削痕だけを示しているのに対し, 切削液を用いていないワーク4では上下の切削方向に沿って凸部分が連なっている特徴的な

A F M像が得られた。この部分についてS E M観察した結果, むしれが観察された。これは切削加工中, 人工ダイヤモンドにより鋭利に切削されなかった介在物が脱落した個所と, 切削時工具により素材中に押し込まれた介在物が切削後隆起したものと推測される。この原因としては前報でも述べたが切削加工時における切削液の働きによるものと考えられる。切削加工時における切削液の働きとしては構成刃先の抑制がよく知

られている²⁾。今回の場合, 通常なら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, 構成刃先の成長を妨げるところ, この働きが無かったためと推測される。また同じ切削液無しでもワーク2に比べワーク4で切削液の影響が顕著にみられたのは次のように考えられる。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あり, 人工ダイヤモンド工具は天然ダイヤモンド工具に比べ, 図2に示す様に切れ刃部が鋭利でないため後者が発生しやすかったと考えられる。

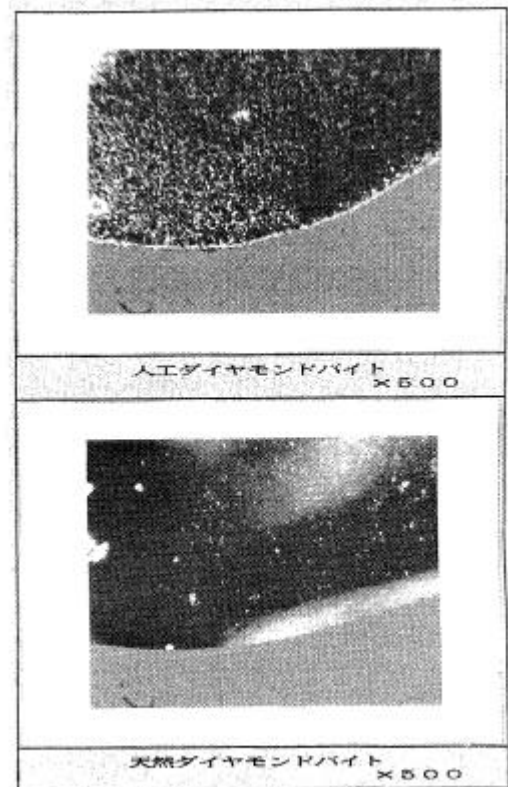


図2 切削工具の切れ刃部

3.2 断面曲線

図3に各ワークの断面曲線を示す。A F Mの機能上接触式粗さ計の様な各種粗さパラメータのデータ処理ができないため, 断面曲線より最大山と最大谷の間隔を求めた。ワーク1は18.8nm, ワーク2は19.2nm, ワーク3は184.6nm, ワーク4は196.2nmを示した。接触式の粗さ測定機の場合, 最大高さRyがワーク1は310nm, ワーク2は530nm, ワーク3は40nm, ワー

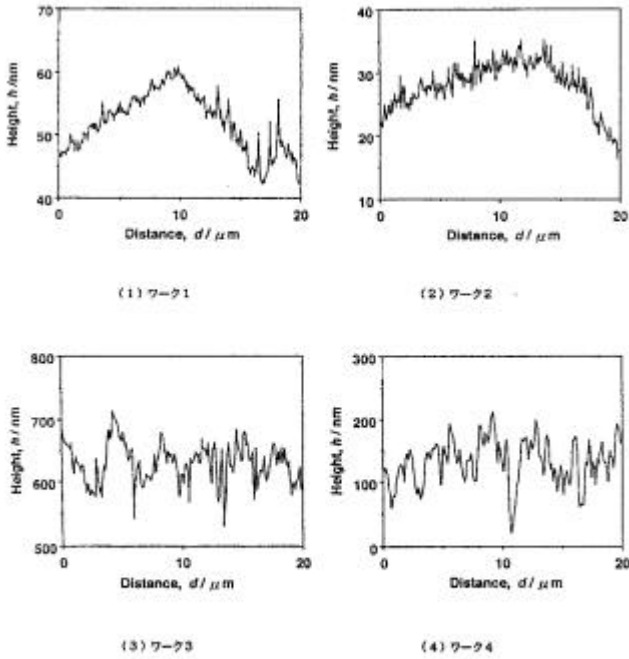


図3 断面曲線

ク4は60nmを示した．どちらの工具においても切削液有りの方が約40%良好な粗さデータを示しており，前報においてこの原因は，切削液が構成刃先の抑制に大きく寄与したためと考察した．今回のAFMの断面曲線より求めた粗さ結果では切削液の有無による差異は見られなかった．このことは次のように考えられる．接触式の粗さ測定機の測定長さが640 μ mであったのに対し，AFMは僅か20 μ mと微小領域の測定しか行っており，この測定長の違いによるものと考えられる．

4. まとめ

軟質材(A1-Mg合金)の鏡面加工面の評価方法として顕微鏡的手法による検討を行った．その結果次のことがわかった．

通常粗さのデータは接触式のデータと非接触式のデータとでは一致し難いと言われる．本切削実験においても両者の間に相関性は見られなかった．

表面粗さの支配要因として，AFM及びSEM観察を行った結果，切削液無し的人工ダイヤモンド切削加工において切削加工面に介在物が確認できた．

謝 辞

本研究の実施にあたりご指導頂いた三重大学工学部高橋裕助教授，小竹茂夫助手に深く感謝いたします．

参考文献

- 1) 西村正彦：三重県工技セ研報, No.21, P55(1997)
- 2) 横山健三他：”ダイヤモンドツール”，日経技術図書(1987)