

研磨宝飾向け電着工具に関する研究

一分散めっき法による電着手法の確立

佐野 照雄・中山 信一・小林 克次・萩原 親作*

Title Research on the electro plated tool for polish and jewelry processing

—Establishment of the electro plated technique by the distributed plating method—

Teruo Sano, Sinichi Nakayama, Katsuji Kobayashi and Shinsaku Hagiwara

要 約

電着工具を開発することを目的として、電着用台金に単粒のダイヤモンド砥粒をニッケルめっきによって電着した結果、約40時間で $300\mu\text{m}$ 程度の膜厚のめっき付けができ、十分な砥粒保持力を得ることができた。

また、電着ダイヤモンド砥粒の加工性を評価するために、電着ダイヤモンド砥粒のエッジ形状が硬脆材の割れに対する影響を検討した。エッジ形状はフラクタル次元を用いて定量化した。その結果、フラクタル次元Dfは、個々のエッジで複雑さの度合いがかなり異なり、切削加工実験の結果、(フラクタル次元/逃げ面面積)とガラス切削の割れ幅との間に正の相関が認められた。

1. 結 言

仏像などの彫刻品の加工には、工具としてコマなどが使用され、GC(炭化珪素)などの遊離砥粒を加工部位に射出しながら行われている。遊離砥粒加工では、多量の研磨材を使用するため、作業環境の汚染、廃棄物処理、加工部位が見にくいなどの問題がある。これに対して、砥粒を工具に固定させる固定砥粒加工は、研磨材が水とともに飛散することも、廃棄物となることもほとんどない。また、加工部位を確認しながら加工できる。

本研究は、簡便でしかも研磨加工業者自身が望む形状の電着工具を製作する手法を確立し、遊離砥粒加工から固定砥粒加工への転換を推進するとともに、製品の高品質化、作業環境の改善、廃棄物の低減、さらにコスト競争力強化の実現を目的とした。

2. 実験方法

2-1 電着手法の確立

電着手法を確立するために、単粒による電着を行った。ダイヤモンドは工具中央に接着剤により仮接着した。図1は実験に使用しためっき槽の概念図である。用いためっき液の浴組成は、硫酸ニッケル($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) : 塩化ニッケル($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)、硼酸(H_3BO_3)をそれぞれ 350g/L 、 45g/L 、 30g/L としたワット浴である。めっき槽は温度

35°C 、比重1.20、Ph4.0の状態を維持した。次に、試験用台金に#120/140のダイヤモンドをニッケル電着した。

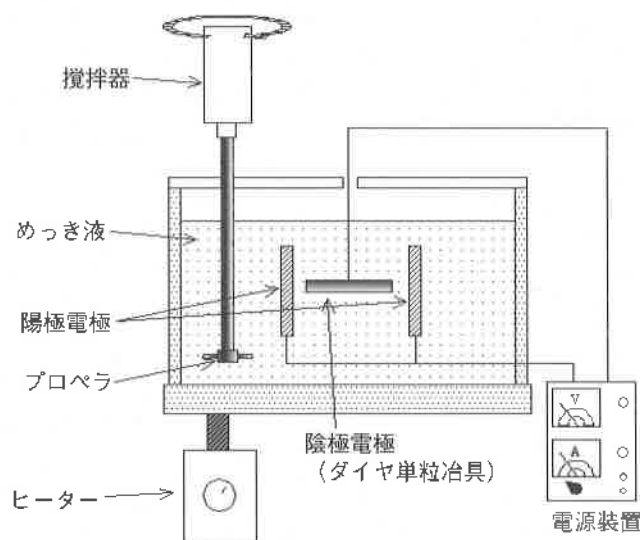


図1 電着実験装置の概要図

2-2 工具性能評価方法の検討

電着ダイヤモンド砥粒の加工性を評価するために、電着ダイヤモンド砥粒のエッジ形状が硬脆材の割れに対する影響を検討した。

2-2-1 砥粒形状の評価

砥粒のエッジ形状は複雑な形状を有していることが多い。砥粒輪郭線のエッジ形状を定量的評価する方法として、

*山梨大学(山梨県甲府市武田4-4-37)

フラクタル次元 (D_f) による評価を行った。フラクタル次元の算出方法として相視化の度合いを変える方法を用いた。一般に D_f 値は曲線に対して $1 \leq D_f \leq 2$ の値をとり、複雑な曲線ほど値は高くなる。

砥粒に対して任意の一方方向を定め、90度間隔の四方向を1個の砥粒に対する切削方向とした場合の研削に作用するエッジ形状を求めた。また、輪郭抽出した領域を逃げ面として、逃げ面面積 S を定量化した。

2-2-2 切削加工実験

電着ダイヤモンド砥粒の加工性を評価するために、単粒による研削性の評価を行った。図2は、切削加工実験に使用した精密横型研削盤である。エアチャックで試料(HDD用結晶化ガラス)を試料台に固定した。この単粒切削実験装置先端にダイヤモンド砥粒MBS#46電着した工具を取り付け、設定切込量5、10 μ mの範囲で試料円盤の外から円盤中心方向に切削を行い、1個の砥粒で4方向の切削痕を得る。切削痕は表面形状測定機を用い形状測定を行った。試験条件は、表1の通りである。

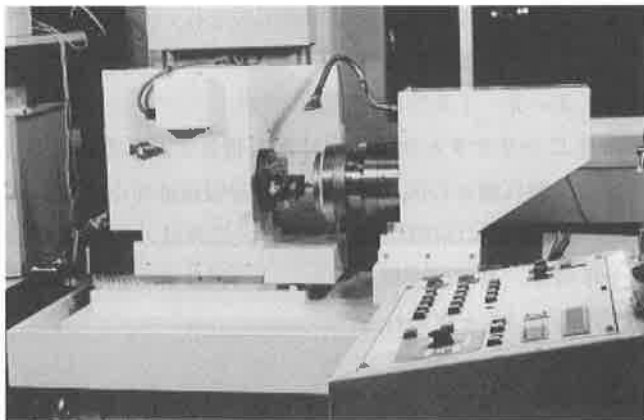


図2 切削加工実験装置

表1 実験条件

| | |
|------------|-------------------------------|
| 精密横型研削盤 | (株) イマハシ製作所試作機 |
| 加工物 | O H A R A 製 HDD 用 結 晶 化 ガ ラ ス |
| ダイヤモンド砥粒 | M B S # 4 6 |
| ダイヤモンド固定方法 | N i 電 着 |
| 設定切り込み量 | 5, 10 [μ m] |
| 切削速度 | 0.43 [mm/scc] |

3. 結 果

3-1 電着手法の確立

試験用工具(材質S45C、直径6mm、高さ20mm)に電流50mA、通電時間40時間で300 μ m程度の膜厚のめっき付けが

でき、十分な砥粒保持力を得ることができた。図3は、#46のダイヤモンド砥粒をニッケル電着させた単粒加工工具である。図4は、彫刻用コマ上にダイヤモンドをニッケル電着した例である。

図5は、#120/140のダイヤモンド砥粒をパイプ状台金(外径20mm、内径18mm)に電着した例である。パイプ状台



図3 単粒電着工具例

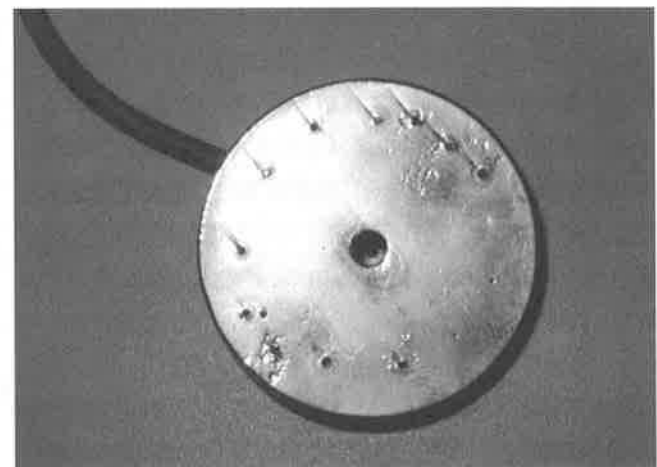


図4 単粒電着例

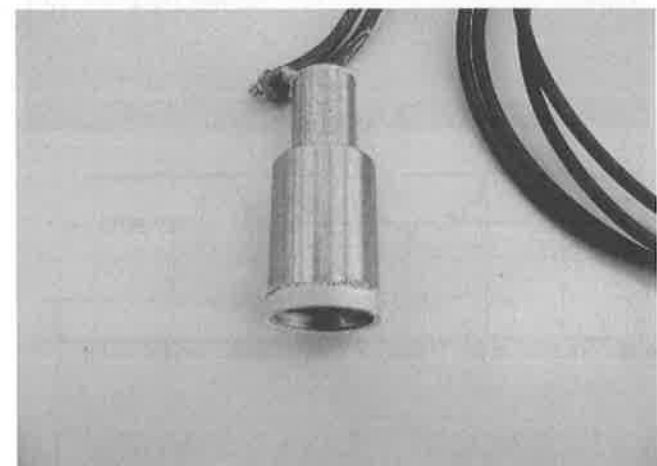


図5 ダイヤ電着例

金の電着箇所以外をマスクして電着を行った。電着速度を向上させるために、めっき液温度50℃、電流密度300mA、通電時間を30分とし、700 μ mの膜厚のめっき層を得た。

3-2 工具性能評価方法の検討

3-2-1 フラクタル次元の評価

図6に、計測した砥粒エッジのフラクタル次元Dfの分布状態を示す。フラクタル次元Dfは $1.04 \leq Df \leq 1.38$ の範囲となり、広範囲に分布しており、個々のエッジで複雑さの度合いがかなり異なることがわかる。

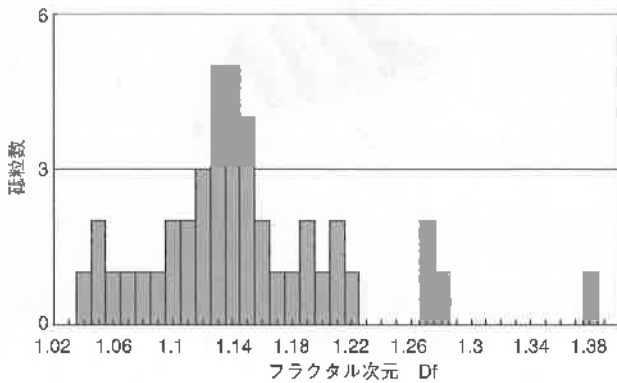


図6 砥粒エッジのフラクタル次元Dfの分布図

3-2-2 単粒加工実験結果

図7は、単粒加工実験によってできた切削痕の例である。表面形状測定機で切削方向に垂直な方向に輪郭曲線を測定した。切削痕には、割れが発生していることが認められた。測定した輪郭曲線から切削痕の山と谷の最大値を最大割れ幅として定量化した。

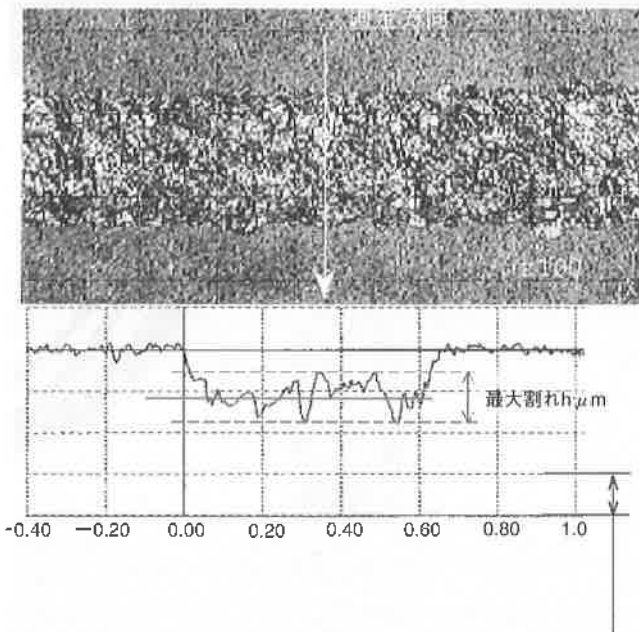


図7 切削痕と形状測定例

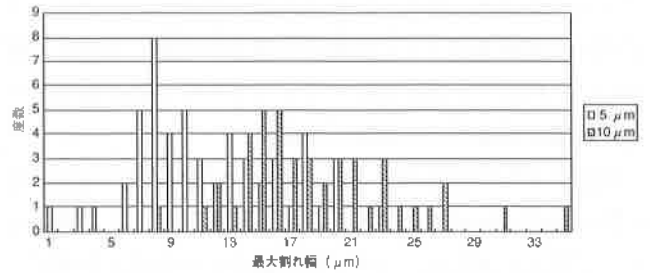


図8 最大割れ幅の度数分布

図8に、最大割れ幅の度数分布を示す。設定切り込量5 μ m及び10 μ mで一つの砥粒に対して4方向に切れ刃エッジを変えて切削加工実験を繰り返した。その結果、切込量10 μ mと比較して5 μ mの場合、最大割れ幅は小さくなることが認められた。

4. 考察

4-2-1 電着手法の確立

パイプ状台金の内部が電着できなかった。これを改善するために、内部に補助陽極を設置するなどの工夫が考えられる。今後、試験条件及び陽極の工夫を行い、電着手法を確立していく必要がある。

4-2-2 工具性能評価法の検討

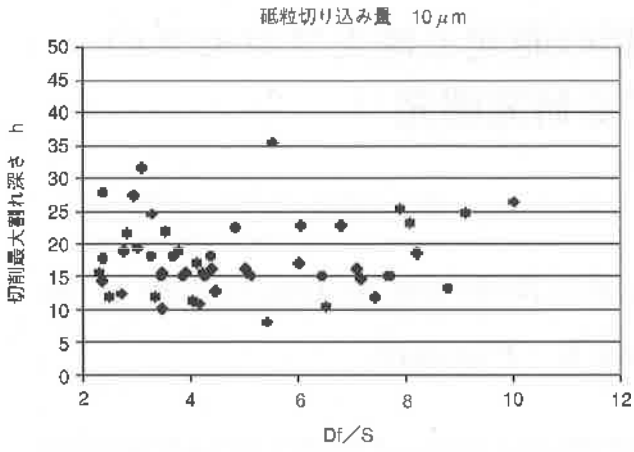
図9にフラクタル次元を逃げ面面積Sで除したDf/S、切削最大割れ幅hの関係を示す。設定切込量の小さい、5 μ mの場合、正の相関が認められる。これは、エッジの形状が単純で、逃げ面面積が大きいほど割れにくいという傾向を示していると思われる。

5. 結言

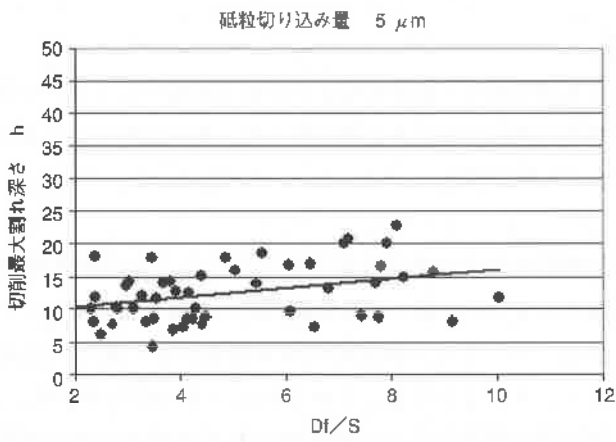
ダイヤモンド砥粒をニッケルめっきによって電着した。単粒および分散の2つの方法で電着できることが確認できた。

また、加工工具の性能評価のためにダイヤモンド砥粒先端の切れ刃エッジ曲線をフラクタル次元により定量的に求めた。その結果切れ刃エッジのフラクタル次元Df $1.04 \leq Df \leq 1.38$ の範囲となり、個々のエッジで複雑さの度合いがかなり異なることがわかった。

#46のダイヤモンド砥粒による単粒切削加工実験において、(フラクタル次元/逃げ面面積)とガラス切削の割れ幅との間に正の相関関係が得られた。



(a) 切込量 (10 μm)



(b) 切込量 (5 μm)

図9 Df/Sと最大割れ幅hの関係

なお、本研究を行うに当たりご協力戴いた山梨大学大学院工学研究科村上讓司氏に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 萩原親作, 帯川利之, 田辺亮: 精密加工学会誌, Vol (777), P (1350) (1999)