

宝鉾石の加工技術に関する研究 (第1報)

— ワイヤソーによる切断加工技術の確立 —

佐野 照雄・中山 信一・宮川 和博

Study of Processing Technique of Gemstones

— The Development of the Trial Manufacture of the Wire Cutting Processor —

Teruo SANO, Shinichi NAKAYAMA and Kazuhiro MIYAGAWA

要 約

従来、宝鉾石の輪郭加工に超音波加工などが用いられてきていたが、任意形状の工具作成が困難なことや工具の消耗などの問題があった。

本研究は、試作したワイヤソー加工機を用い宝鉾石の外形加工方法を検討し、加工品質の向上、工程の短縮、コストの低減等を図ることを目的とした。

簡易な実験装置を用い電着ダイヤモンドワイヤによる切断加工実験をおこなった。その結果、クローズドタイプの電着ダイヤモンドワイヤで水晶及びメノウを加工できることを確認できた。実験結果をもとにワイヤ切断加工機の基本機構を試作した。試作したワイヤ加工機は、ワイヤ走行スピード0.3m~1.2m/sec, ワイヤテンション 5~10N, ワイヤ長約1.7mである。今後、X-Yの2軸制御による輪郭加工及び電着ダイヤモンドワイヤの工具寿命の改善について研究を行う予定である。

1. 緒 言

宝鉾石の穴明けや外形などの輪郭加工に対して、任意形状への対応が要望されている。穴明け加工には主に超音波加工機が使用されているが、工具作製時のコストや工具摩耗による形状変化などの難点がある。また、外形加工には、成形砥石などの回転工具が用いられているが、工具干渉による加工形状の制約がある。このため、これらの加工方法の短所を補う加工方法が要望されている。

水晶、半導体の分野で使用されているワイヤソー切断加工機は、 $\phi 0.07\text{mm}$ ~ $\phi 0.2\text{mm}$ 程度のワイヤに砥液を供給、またはダイヤモンドを電着したワイヤを用いて切断加工を行うため、切断時のエッジ割れやクラックの発生も少なく、通常の砥石を利用した場合と比較して細かい加工を行うことができる。電着ダイヤモンドワイヤソーを用いた外形加工には一部実用化されているが、宝飾製品への適応は少ない。本研究は、試作したワイヤソー加工機を用い宝鉾石の外形加工方法を検討し、加工品質の向上、工程の短縮、コストの低減等を図ることを目的とする。

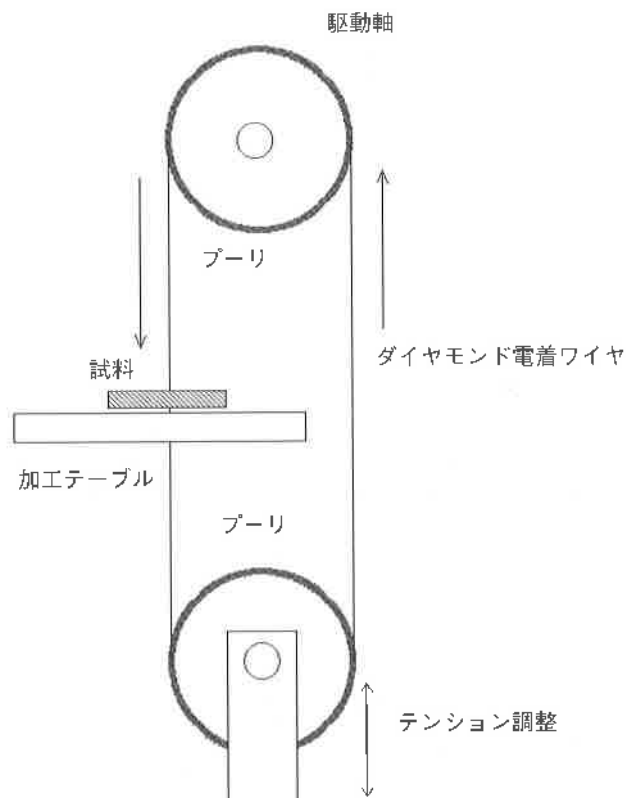


図1 簡易加工実験装置の概要

2. 実験方法

図1に実験装置の概念図を示す。プーリをACモータでダイレクト駆動させる。テンション調整は、下端のプーリの上下動により行った。プーリの周速は、1.0m/sである。ワイヤは、芯線にニッケルメッキによってダイヤモンド砥粒を電着したもので、ワイヤ長1.0m、ワイヤ径は0.381mm、ダイヤモンドの平均砥粒径は60 μ mである。

供試体の移動は、テンションが一定になるように移動を行った。研削液として水溶性研削液を用い、加工箇所を滴下しながら加工を行った。

3. 実験結果

3-1 加工結果

水晶の加工例を図2、図3に示す。図2は水晶板（厚さ2mm）を平面に対して鉛直方向に切断した切断面である。ワイヤの走行方向に痕跡が認められる。切断幅は、0.4mm程度であった。図3は、切断面の表面粗さを測定したもので、算術平均粗さRa 1.16 μ mであった。

メノウについても、切断加工が可能なることが確認できた。

3-2 ワイヤの劣化

図4は、切断加工実験使用前後のダイヤモンドワイヤの拡大写真である。使用後のワイヤは、60分間水晶切断加工を行ったものである。両者を比較すると電着されたダイヤモンドが部分的に脱落していることが確認できた。

4. 試作した切断加工機

実験の結果、クローズドタイプの電着ダイヤモンドワイヤによる水晶及びメノウの切断加工が可能であることが確認でき、この成果をもとに切断加工機を試作した。今回、試作した部分はワイヤの走行機構を中心とした切断機構部分である。図5は、試作した加工機の外観写真である。加

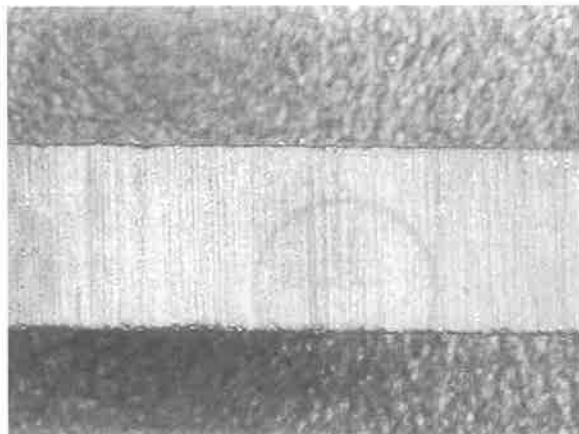


図2 切断面の形状（水晶）

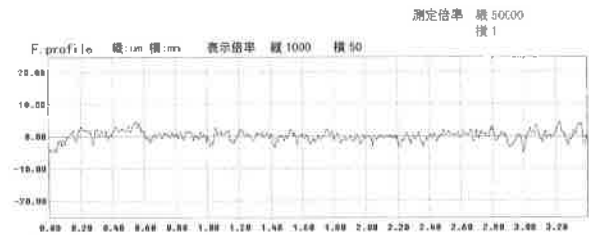


図3 切断面の表面粗さ（水晶）

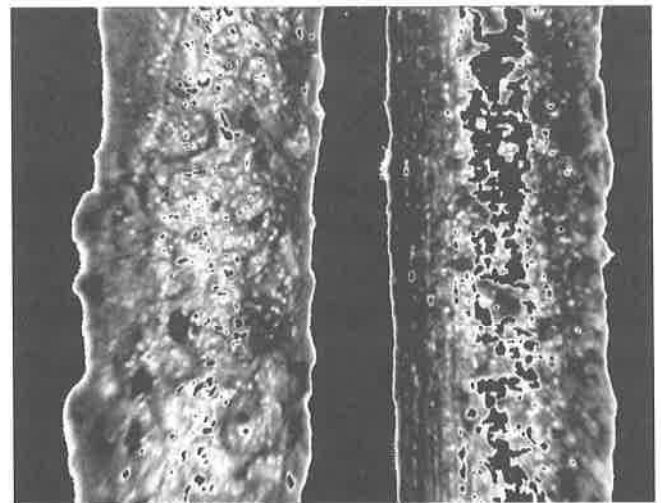


図4 使用前後の電着ダイヤモンドワイヤ
（左：使用前のダイヤモンドワイヤ、
右：使用後のダイヤモンドワイヤ）

工機は、コンパクトであることと機構が簡単であることを目標にした。簡易実験装置からの改良点は、ワイヤの走行時の振れの防止、変速機構の簡易化などが主な点である。簡易実験装置ではインバータ制御による速度制御を行ったが、インバータはコスト高になるためメカニカルな変速機構に変更した。主な仕様は、ワイヤ周長1.7m、周速0.3～1.2m/s、ワイヤテンション0.5～1.0kg、入力電源AC100Vである。変速機構にはベルト式の無断変速ユニットを使用した。研削液は、ポットから滴下して供給する方式とした。

5. 考察と今後の方針

5-1 工具寿命について

クローズドタイプの電着ダイヤモンドワイヤの工具寿命は、ダイヤモンドの脱落による研削性能の低下と、接合部の破断という2つの要素がある。

ダイヤモンドの脱落による研削性能の低下は、ワイヤの

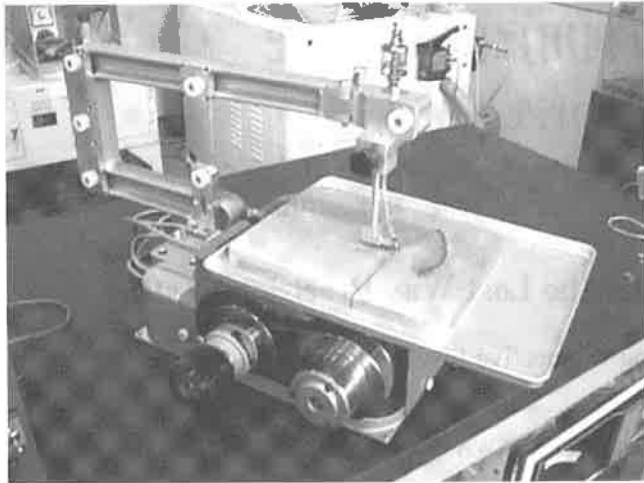


図5 試作したワイヤ切断加工実験装置

テンション、回転速度及び加工物の送り速度などの加工条件と関係していることが確認できたが、簡易実験装置の機械精度が低いため、ワイヤの振れが大きく過剰な負荷がかかった可能性があり、正確な加工データを得ることが出来なかった。今後、試作したワイヤ切断加工機を用いて、ワイヤの走行が振れの少ない状態でこれらの加工条件の検討し、工具の長寿命化のための最適な加工条件を得る予定である。

電着ダイヤモンドワイヤの接合は抵抗溶接及びロウ付け法によっておこなった。加工実験の結果、切断性能の劣化よりも先にワイヤの接合部の破断が発生するが多かった。これはワイヤの加熱による組織変化によって接合部周辺の硬度が増し脆くなったためである。焼きなまし処理を行ったが、ばらつきが大きく安定した強度性能を持たせるまでは至らなかった。今後、接合位置の位置決め精度の改善、溶接及び焼きなまし条件の検討を行い、接合部の強度の改善を行っていく予定である。

5.2 試作加工機について

今回の研究では、切断加工の機構部を試作した。今後、試作機による加工実験を行い、改良点を抽出し装置の改良及び切断性能の向上を図る。最終的にはX-Yの2軸のNC制御により輪郭加工を行う機能を付加する予定である。

既存のワイヤー切断加工機は、水晶や半導体などの硬脆材料の精密切断を目的とした加工機であり、加工変質層のない切断面を得ることが主眼となっており、加工速度なども非常に低速となっている。また、主に直線的な切断加工用に設計されているため、輪郭形状等を切り抜くなどの用途への適用は機構的にも、また、コスト的にも困難な面がある。

今回、試作した加工機は宝飾向けの輪郭形状加工を行うことに特化し、加工変質層の除去など超精密加工への適用は目的とせず、加工速度の向上、輪郭形状の加工及び現場

での使用を考慮して機構の簡易化によるメンテナンス性の向上を目的としている。

6. 結 言

簡易な実験装置を用い電着ダイヤモンドワイヤによる切断加工実験を行った。その結果、クローズドタイプの電着ダイヤモンドワイヤで水晶及びメノウを加工できることを確認できた。実験結果をもとにワイヤ切断加工機の基本機構を試作した。試作したワイヤ切断加工機は、ワイヤ走行スピード0.3m~1.2m/sec、ワイヤテンション5~10N、ワイヤ長約1.7mである。今後、試作したワイヤ切断加工機にX-Yの2軸制御による輪郭加工を行う機能を付加する。併せて、工具寿命に影響を与えることが判明したワイヤの接合強度などを改善し、ワイヤ切断加工機の実用化を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 間仁田佳尚他：砥粒加工学会誌Vol.43 No.1, p40