

宝鉾石の加工技術に関する研究 (第2報)

—ワイヤソーによる複雑形状の加工方法の検討—

佐野 照雄・中山 信一

Study on Grinding Processing Technique of Gemstones (2)

—The Investigation on the Wire Cutting Processing Complex Outline Form.—

Teruo Sano and Shinichi Nakayama

要 約

平成12年度に製作したワイヤ切断加工装置を改良して、複雑形状の加工方法の検討とワイヤの接合方法を検討した。その結果、X-Yテーブルによる輪郭加工を可能とした。また、フラッシュバット溶接によるワイヤの接合条件を検討した結果、銀ろうを接合部に添加した場合、最も工具寿命の延長に効果があった。

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。

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。平成12年度は、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。

本年度は、製作したワイヤ切断加工装置を改良し複雑形状の加工方法の検討とワイヤの接合条件を検討した。

仕様は以下の通りである。

- ・ワイヤ長 1150mm前後
- ・ワイヤ駆動速度 13mm/s～952mm/s
- ・使用ワイヤ 電着ダイヤモンドワイヤ #120, ワイヤ径 ϕ 0.512mm
- ・ワイヤ接合方法 フラッシュバット溶接法

2) 加工テーブル

加工テーブルは、手動テーブルから直動ステージ2軸を用いてX-Yステージを構成し、自動制御を可能とした。X-Yステージは、コンピュータに内蔵した制御ボードにより、パルス信号を送り、駆動させる。加工テーブルの仕様は、以下の通りである。

- ・駆動モータ 5相ステッピングモータ
- ・可動範囲 X100×Y100mm
- ・最小分解能 1 μ m/step
- ・制御方式 2軸制御 (直線, 円弧補間制御)

2. 実験方法

2-1 ワイヤ切断加工装置の改良

改良したワイヤ切断加工装置のブロック図を図1に、ワイヤ切断加工機の外観を図2に示す。

1) ワイヤ駆動系

昨年度の研究ではワイヤ駆動軸に変速プーリによる無段階変速機構を採用したが、速度の設定が難しいため、今回スピードコントロールモータと速度表示器を組み合わせて任意の速度を得ることができるようにした。駆動系の

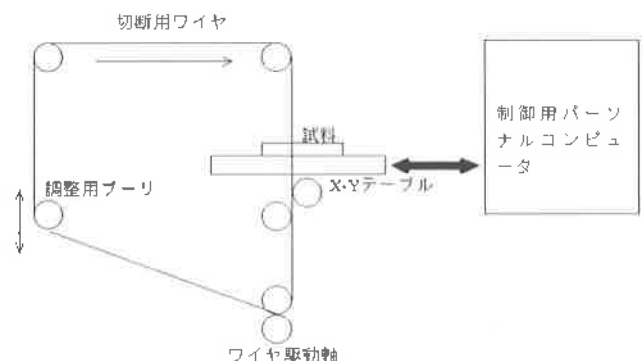


図1 ワイヤ加工装置のブロック図

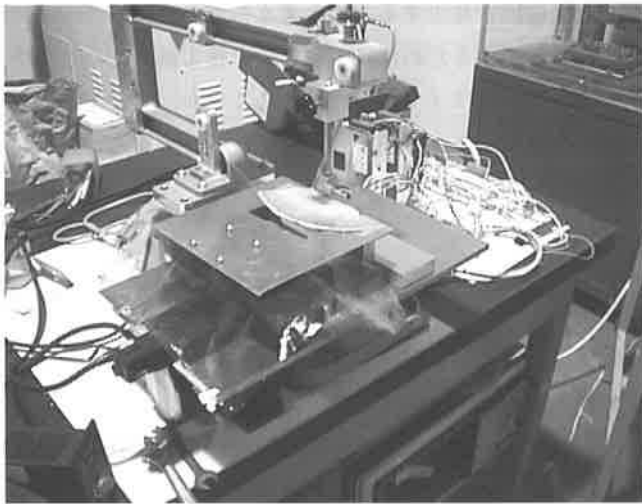


図 2

2-1 複雑形状の加工実験

複雑形状は、基本的に直線補間と円弧補間の組み合わせで表現することができるので、基本的な直線補間制御と円弧補間制御による加工実験をおこなった。

2-2 ワイヤの接合実験

昨年度の研究から、フラッシュバット溶接による接合が最も状態が良かったので、引き続き接合条件を変えて試験を行った。フラッシュバット溶接は、突合わせ抵抗溶接法の1種である。母材を加圧しないで接合面を接触させて通電すると、接触点の電流密度が集中的に高くなり、加熱・溶融して火花となって飛散する。このとき接合面方向に圧力を加え接合する方法である。²¹

接合条件として、無処理、フラックス処理、銀ろう添加、はんだ添加の4通りの接合を行い、実際にワイヤ切断加工機によりワイヤを駆動させて、破断に要する時間を測定した。

3. 結果

3-1 形状加工実験結果

X-Yテーブルを無負荷で駆動させた場合、脱調などの現象は発生せず正常に動作した。実際に水晶のワイヤ加工例を図3に示す。加工試料はメノウで厚さは2mm、加工条件は、テーブル移動速度1μm/s、ワイヤ駆動速度204mm/sで加工を行った結果である。この場合研削速度と移動速度のバランスが取れずワイヤが変形した状態で加工が行われた。回転速度を500~950mm/sまで上げることにより研削性能は向上するが、ワイヤの破断までの時間が短くなり、十分な加工を施すことができなかった。

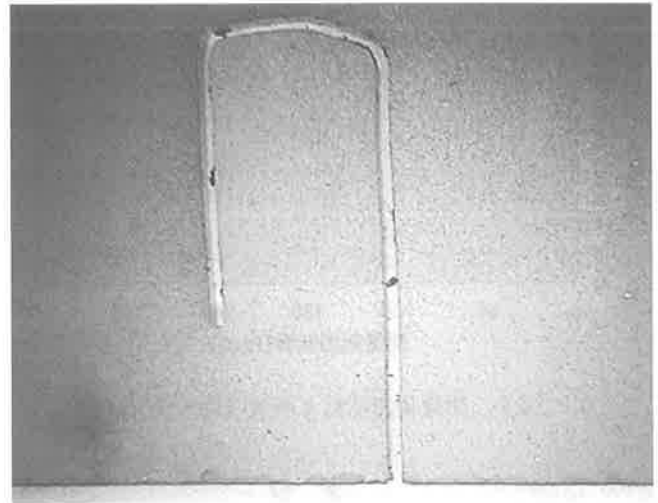


図 3 加工例

3-2 ワイヤの接合実験結果

フラッシュバット溶接によるワイヤの接合条件を検討した結果、銀ろうを接合部に添加した場合が破断するまでの時間がもっとも長かった。使用した銀ろうの融点は650℃である。図4は、駆動軸回転数が150rpmの場合の破断時間を示したものである。破断寿命の長い順に銀ろう添加、表面処理無し、フラックス処理、はんだ添加となった。図5は、銀ろうを添加し接合したワイヤの駆動軸回転数と破断時間の関係を示したものである。回転数と破断までの時間は負の傾斜を持つ直線関係を示した。

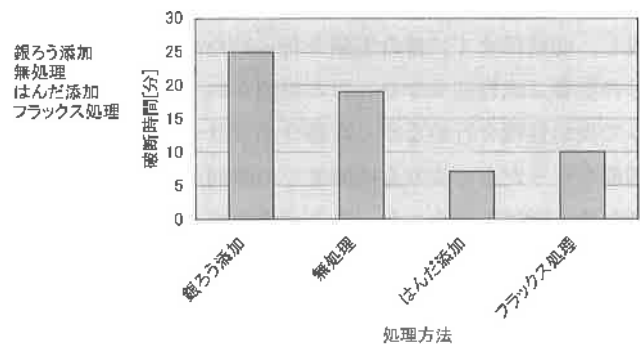


図 4 接合処理と破断時間の関係

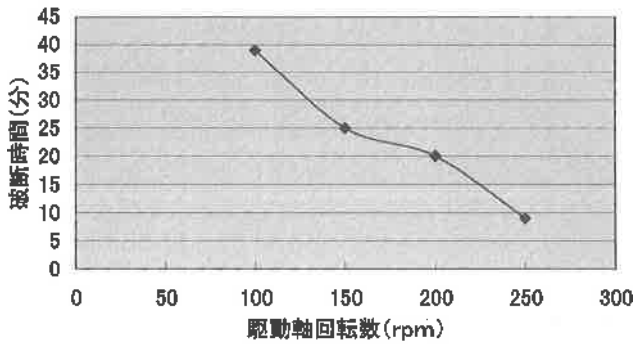


図5 駆動軸回転数と破断時間の関係

4. 考察

4-1 複雑形状加工の検討

自動制御で切断加工が行えることが確認できたが、研削速度とテーブルの移動速度の整合が取れていないため、加工軌跡が意図したとおりになっていない。これを解決するためには、ワイヤの駆動速度を高速化するか、ワイヤのテンションを上げることにより、加工速度を上げてやる必要があるとなる。

4-2 ワイヤの接合条件の検討

フラッシュバット溶接は固相溶接の一種で、固相のまま接合するためには、接合面の状態が重要である。金属材料の表面は、微細な凸凹があり、また酸化物層や水分の付着などがあり、接合を阻害する要因となる。今回の接合実験では、ワイヤをせん断加工することによって接合面を形成し、切断後すぐに接合実験を行ったため、酸化物層や水分の影響は比較的少なかったと推測される。せん断加工のみで表面処理を行わなかった場合がフラックスによる表面処理を行ったものよりも破断までの時間が長い理由は、清浄なせん断加工面をフラックスが清浄性を低下させているためと推測される。銀ろうの接合強度は高いが、単純に銀ろう付けを行うと銀ろうを溶融させるためにワイヤの広い部分をろう材の融点まで加熱しなければならず、ワイヤの熱影響による劣化が発生してしまい、ワイヤの寿命に影響を及ぼす。今回行ったペースト状の銀ろうを少量添加し、フラッシュバット溶接で接触面近傍だけ加熱することにより、固溶接合とろう接を複合することで熱影響を少なくして強度を増すことができた。

しかし、現状では25分程度で切断してしまうため、実用性能としては不十分な結果となった。ワイヤの破断は接合面で発生している訳ではなく、接合面付近で発生する場合は非常に多い。これは、図5の結果からも分かるように、通常のワイヤと熱影響層の硬度に差があるため、駆動軸やブーリとの接触部でワイヤの屈曲が繰り返されることによ

り、疲労破壊が発生するためと考えられる。

これを解決するためには、熱影響を極力減らすなどの方法で接合箇所とワイヤの硬度差をなくすか、ワイヤを屈曲を極力軽減する駆動方法を検討していく必要がある。

5. 結言

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するため、平成12年度に製作したワイヤ切断加工装置を改良して、X-Yステージによる輪郭加工を可能とした。その結果、次のことが明らかになった。フラッシュバット溶接によるワイヤの接合条件を検討した結果、銀ろうを接合部に添加した場合が最も工具寿命に効果があった。しかし、ワイヤ寿命が実用化のレベルにまでは至らなかった。今後、ワイヤ切断加工装置は輪郭形状加工を含めた基本的な機構は完成しているので、改良を加え実用化レベルに完成させていく予定である。

参考文献

- 1) 佐野照雄, 中山信一, 宮川和博; 平成12年度山梨県工業技術センター研究報告 Vol (15), P (95) (2001)
- 2) 佐藤邦彦; 溶接・接合工学概論, 理工学社, P (21) (1998)