

ワイヤ放電加工機を利用した細穴加工

磯谷 章 (静岡大学 工学部 装置開発系技術室)

1. はじめに

摩擦試験用工具に用いる熱処理済みのベアリング用鋼球(SUJ-2)に、熱伝対を埋め込む直径1mmの底付穴を開けたいという研究室からの要望に応えるため、ワイヤ放電加工機に取り付け、ワイヤの走行運動をパイプ電極の回転運動に変換する簡単なアタッチメントを製作し、細穴加工を試みたので報告する(図1)。

このような細穴加工は、専用機を用いる方法、形彫り放電加工機を用いパイプ電極を回転させながら加工する方法などが一般的である。前者は、専用電源と専用加工液を使用し高速な加工が可能であるが価格が高く、当センターでは保有していない。後者は、当センターの形彫り放電加工機には電極を回転機構がなく、回転機構にはモーターなど動力源が必要となり、アタッチメントが構造的にやや複雑になる等の理由により、今回は現有設備であるワイヤ放電加工機を用い、比較的構造が簡単でより安価な方法で高速な加工を試みた。

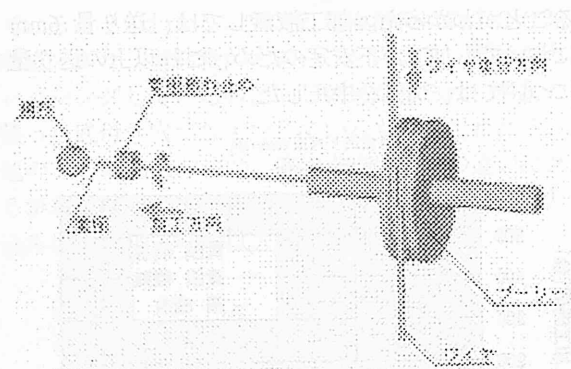


図1 加工の仕組み

2. ワイヤ放電加工機

ワイヤ放電加工機は、細いワイヤに張力を加えた状態でワイヤを走行させながら、ワークと電極であるワイヤ間に数万Hzの高電圧パルスの放電を間欠的に発生させ、この放電による熱エネルギーによりワークを溶融除去加工するものである。ワークと電極であるワイヤに相対運動を与えることにより、あたかも糸鋸でワークを切断するかのごとく、2次元

的輪郭加工をするものである。また、上下ワイヤ支持ダイスをそれぞれ単独に制御することにより、垂直なワイヤを傾け、テーパ加工、上下異形状加工をすることができる(図2)。

放電により溶融した金属は、同時に気化した加工液の体積膨張により吹き飛ばされるとともに、上下ワイヤ支持ダイス周りからの加工液の噴流により除去される。ここで使用される加工液は、水道水を脱イオン化したもので、比抵抗が $10^4 \sim 10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ 程度のもので放電間隙の絶縁回復を促進し、併せて冷却効果もある。加工には、ワーク全体を液中に浸して加工する浸漬式を用いた。

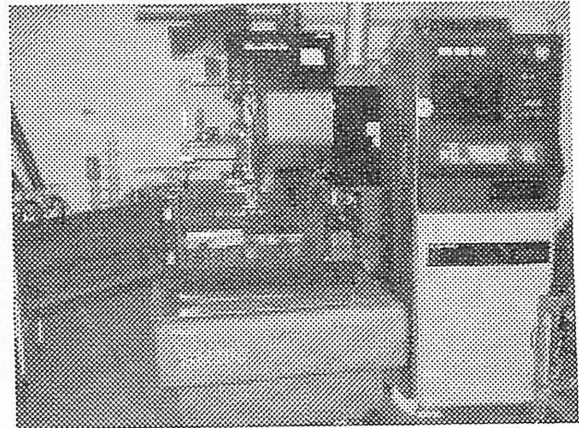


図2 ワイヤ放電加工機

3. アタッチメント

図3に示すように、ワイヤ放電加工機の上部ワイヤ支持ダイスの下側に加工液取り出し部分を取り付け、この下部に今回製作したアタッチメントを取り付けた。ワイヤを上部ワイヤ支持ダイスからアタッチメントのプーリーに1巻きさせた後、下部支持ダイスを通し通常の巻取りを行う。ワイヤの走行運動がプーリーつまり電極の回転となる。ワイヤ走行速度を変化させることにより、パイプ電極の回転数を変えることができる。同時にワイヤからの電力の供給も行う。

また、プーリーに外部のモーターより動力を供給することにより、このアタッチメントは形彫り放電加工機でも使用加工な構造となっている。

3. 1 回転機構部

図4のように回転軸両側にベアリング配し、これ

を側板に取り付ける。その間にワイヤの走行を軸回転に変換するためのプーリーを配し、軸端面にパイプ電極を電極ホルダーに取り付ける。電極先端部の振れが、加工の安定性、加工速度に大きく影響するため、電極は、先端部で振れが生じないように両端の電極ホルダー、電極振れ止めで支持する。電極ホルダーと電極振れ止めが直線上にあれば2点支持で充分あるが、実際には、この調整はなかなか困難であり、中央に電極先端の振れを調整するための電極振れ調整ガイド追加した。電極の振れは、拡大鏡で観察すると同時に、中央の電極振れ調整ガイドで調整した。

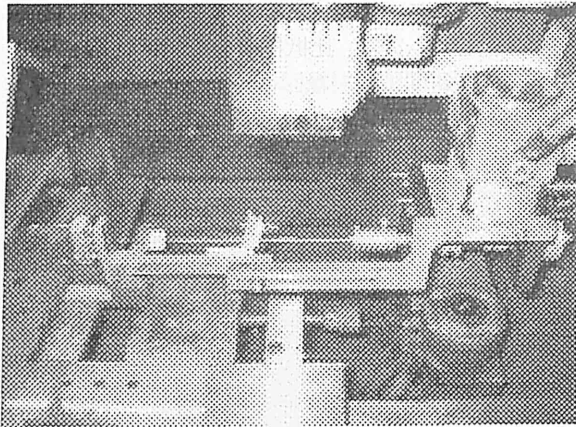


図3 細穴加工用アタッチメント装着時

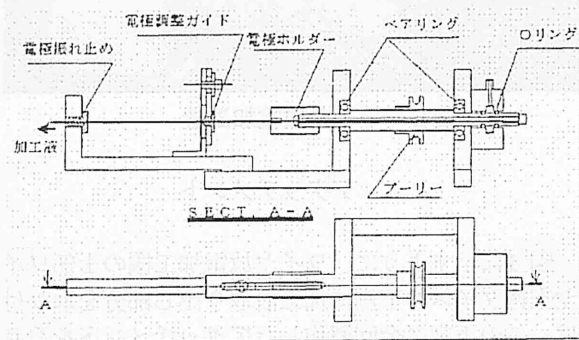


図4 アタッチメント

3.2 噴流機構部

細穴加工では、穴内部の溶融チップの排除が加工の安定性に大きく影響するため、加工液を穴内部に供給する必要がある。回転軸に貫通穴を開け、電極ホルダーの反対側の軸端近くに2個のOリングを配し、そのOリング間の軸円周上の4個の通し孔から加工液を供給する。加工液は軸内部を通り、パイプ電極内部を通り、細穴内部に到達することとなる。加工液は、ワイヤ放電加工機の通常の上部ワイヤ支持部周りから供給される加工液の一部を使った。

4. 加工実験および結果

加工にはソディック製NC電源Mark20を使用し、ワイヤ放電加工機の加工条件を使用した。この時、パイプ電極の断面積とワイヤ電極の放電面積がほぼ等しくなる条件を基本とし、加工の安定性に寄与するいくつかのパラメータを変化させた。ワークである鋼球は、数に限りがあるため、テスト加工には、あらかじめ鋼球と加工速度、電極消耗などほぼ同じである代替試験材料(S55C厚さ10mm)を使用した。電極として銅及び黄銅のコアレスパイプ電極を用いて加工を行った。送りは、ワイヤ放電加工機のサーボ制御を用い、それぞれの電極で安定する加工条件を見いだした。加工深さについては、マイクロメータ付き光学顕微鏡にて測定した。

4.1 送り量と加工時間

黄銅、銅電極を用い送り速度を4mm/min、電極の回転数を60rpmとし、加工液の有無についても変化させ、安定する加工条件を探し出した。電極送り量を2mmから20mmまで2mmピッチで加工時間を測定し、その際NC電源部の電圧計、電流計の振れ、加工の安定度をみるインジケータを観察した。図5からわかるように、送り量の増加に伴い加工時間はほぼ一定の割合で増加していることがわかる。また、加工液の有無により加工の安定は大きく変化していることがわかった。加工液無しでは、送り量6mmにおいても加工が不安定のため、これ以上の送り量については、加工を中止した。

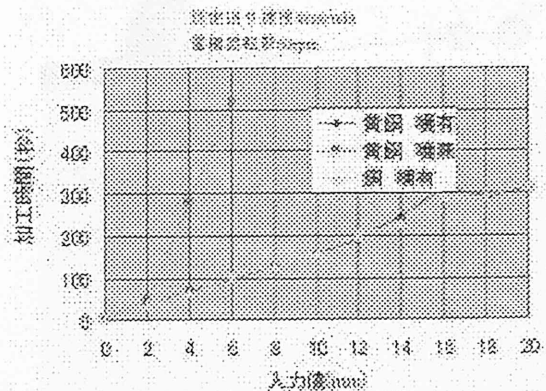


図5 送り量と加工時間

4.2 送り量と加工深さ及び電極消耗

黄銅、銅電極を用い電極の消耗量、及び加工深さを求めた。このとき、加工機の加工状態を表示するインジケータ、電圧計を注視し安定した加工状態を求めた。図6より、黄銅電極の方がわずかであるが電極消耗量が小さく、加工深さはその分だけ大き

いことがわかる。また送り量と加工深さ、電極消耗にはほぼ比例関係があることがわかった。この結果から、黄銅電極では16.5mm、銅電極では18mmに送り量を設定することにより、鋼球の穴深さを7.5mmにすることができることがわかった。図7は各送り量の穴断面を示す。

4.3 電極回転数と加工時間

さらに高速な加工を目指し、送り速度をさらに速くし、加工状態が比較的不安定な状態を作り出す。ここで、ワイヤの走行速度つまり電極の回転数を換え、回転数と加工時間の関係を調べ、加工の安定状態をチェックした。図8からわかるように、送り速度10mm/min,15mm/minの双方とも、回転数の増加とともに加工時間が短縮されるのがわかる。また、これと同時に加工状態も安定する傾向が観察された。240rpmにてほぼ定常状態となっている。この時、電極消耗、加工深さは大きな変化はなく、より高速な加工条件が見いだせた。

5. 鋼球穴開け

加工実験より求めた加工条件で、実際の鋼球に穴あけ加工を行った。

図9に加工穴断面を示す。これから底付き穴が形状の他の2つの加工方法に比べ穴底部分の形状が整っていることがわかる。この時、電極消耗は約130%前後であり、消耗量が大きいことにより、電極をドレッシングしているのと同じ効果が得られ、形状の整った底付き穴が加工できているものと思われる。他の2つの加工方法は、底穴中央に大小の違いはあるが芯が残っているのが観察された。この芯の倒れ込みにより加工時間は大幅に増加した。

6. まとめ

- ・ 現有のワイヤ放電加工機を使用し、より高速な加工条件を見つける事ができた。必要な加工深さに対する電極の設定送り量が予測できた。
- ・ 送り量に対して加工時間、電極消耗、加工深さはほぼリニアに増加している。
- ・ 電極消耗は、黄銅電極で約125%、銅電極で140%であった。しかし、この大きな消耗により、電極先端をドレッシングするのと同じ効果が得られ、形状の整った底付き穴が加工できた。数度の加工を行ったが再現性も非常に高く、最終的には約90秒での加工が可能となった。
- ・ 電極回転数を上げることにより加工が安定し、加

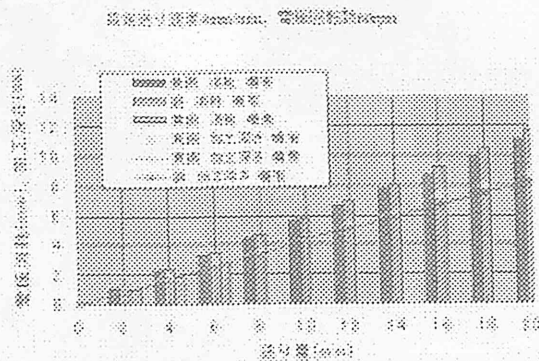


図6 送り量と加工深さ・電極消耗

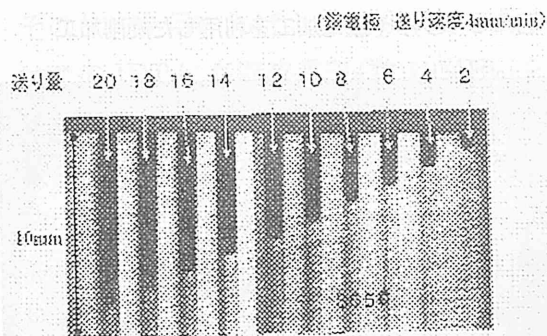


図7 テスト加工断面

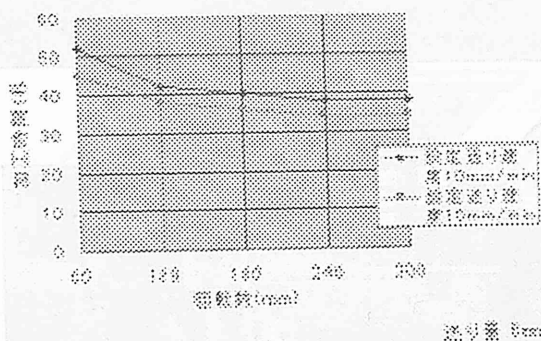


図8 電極回転数と加工時間

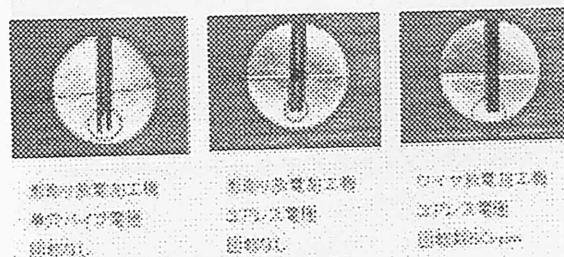


図9 鋼球断面形

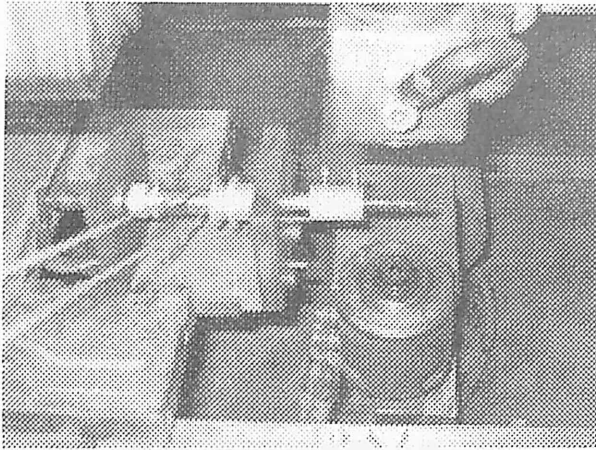


図 10 ワイヤ放電加工を利用した旋削加工

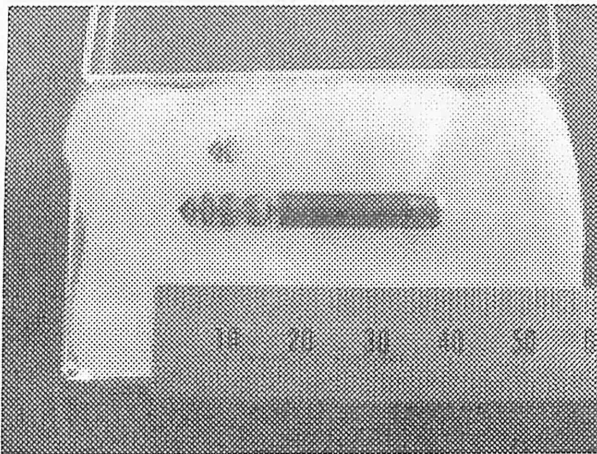


図 11 旋削加工サンプル

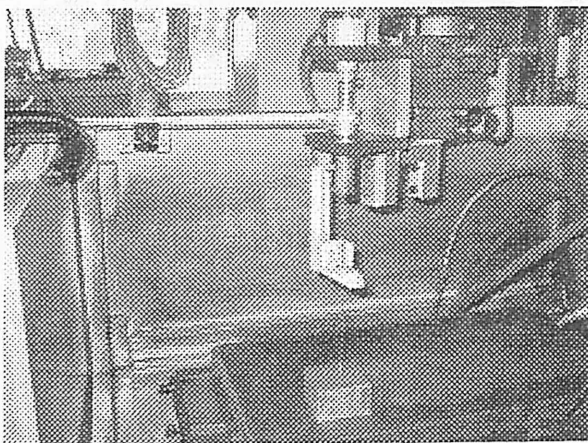


図 12 形彫用アタッチメント

工時間も短縮できた。これはコアレスパイプ電極の回転により、加工液の対流が良くなり、溶融チップの排除が良好となったためであると思われる。

・アタッチメントをワークテーブルに取り付け、外部動力によりワークを回転させながら輪郭加工をすることにより、小物部品の旋削加工と同様の加工が出来た(図10)。加工サンプルを図11に示す。この加工による製品は既に研究室で活用されている。

・追加治具を取り付けることにより、アタッチメントを形彫り放電加工機に取り付けられる構造となった(図12)。今後、形彫り放電加工も試みたい。

参考文献

- 1) 向山芳世：形彫・ワイヤ放電加工マニュアル(1989)
- 2) 齊藤長男：放電加工のしくみと100%活用法