

9. 吊り下げ電極による 曲がり穴放電加工法の開発

所属：機械金属工業技術支援センター
氏名：山口 篤

要 旨

特殊用途の金型やタービンブレードには、冷却水や潤滑油の流路穴が施工されています。現在の機械加工技術ではドリルによる直線形状の穴しか加工できないため、理想の流路形状を設計することができません。

そこで、ワーク（被加工材料）の内部で屈折・屈曲した穴を加工する「曲がり穴加工技術」について検討し、独自開発の吊り下げ電極（図1）を用いた放電加工によって、簡便に曲がり穴を加工する技術を考案しました。本法では、銅球を細導線で吊り下げ、ワークを所定の角度に回転させることによって銅球を導き、曲がり穴を加工します。直径8mmの銅球を電極として用いた場合、最大45°の屈折穴が加工できます。



図1 吊り下げ電極

ポイント

- (1) 汎用の放電加工機を用いて、曲がり穴が加工できます。
- (2) 銅球（電極球）を細導線で吊り下げた形状の「吊り下げ電極」を用いました。
- (3) ワークを所定の角度に回転（傾斜）させることで、穴の角度を決定します。
- (4) 電極球は放電現象によって振動し、チップ（加工くず）を自然排出しながら穴を掘り続けます。

内 容

吊り下げ電極のように、固定されていない電極を用いた研究例はなく、基礎的な加工特性は明らかとなっていません。そこで、直径8mmの銅球と0.25mmの銅線を接合した吊り下げ電極を作製し、鋼材への直線穴加工実験を行いました。その結果、最大0.2g/分の加工速度が得られ、加工穴の直径は約8.4mmであることが分かりました。

この加工特性を基に、最適な加工条件を適用して曲がり穴加工を行いました。図2は、ワークを15°、30°、45°回転させた場合の加工穴断面形状です。ほぼ目的角度の屈折穴加工が施されています。ワークの回転を制御することで、図3のような複数回屈折穴の加工もできることが分かりました。

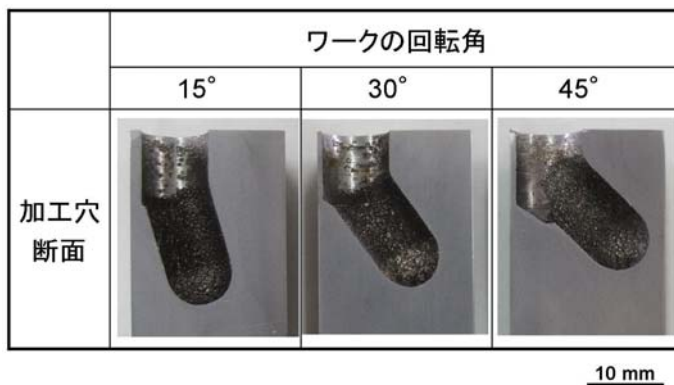


図2 ワークの回転角と加工穴の断面

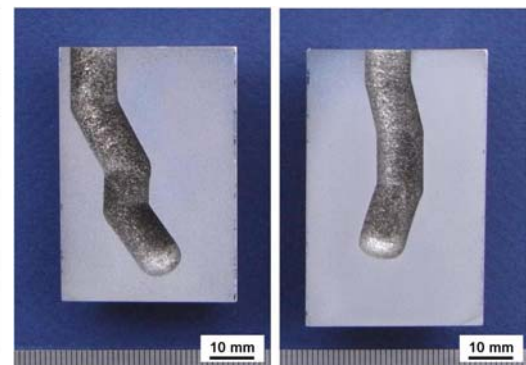


図3 複数回屈折穴の断面

1 背景・目的

特殊用途の金型やタービンブレードには、冷却水や潤滑油の流路穴が施工されています。ドリル加工や放電加工では直線形状の穴しか加工できないため、理想の流路形状を設計することができません。

そこで、ワーク（被加工材料）の内部で屈折・屈曲した穴を加工する「曲がり穴加工技術」の開発を試みました。汎用の放電加工機に銅球を細銅線で吊り下げた形状の電極（以降、吊り下げ電極）を用い、図1に示すように、曲げたい位置でワークを回転制御することによって、屈折穴を加工します。

しかし、吊り下げ電極のような特殊電極を用いた研究例はなく、基礎的な放電加工特性が明らかとなっていません。

本研究では、①吊り下げ電極の放電加工特性解明、②吊り下げ電極による屈折穴加工の試みを行いました。

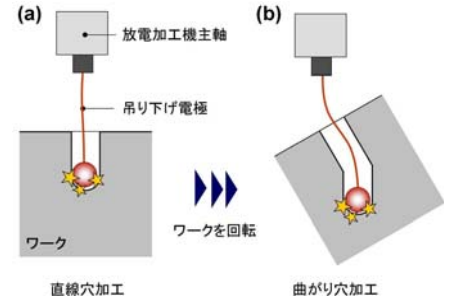


図1 曲がり穴加工方法のイメージ

2 方法

図2(a)は独自に開発した吊り下げ電極です。直径8mmの銅球と直径0.25mmの銅線を銀ろう付けによって接合しています。図2(b)はワーク形状で、加工開始位置には円錐形のくぼみを予め加工しています。これは、電極の位置決めのためです。

放電加工装置として、(株)ソディック製の形彫り放電加工機（図3(a)）を使用しました。電極を+極とし、装置に設定可能な最大ピーク電流を与えました。加工特性を調べる実験では、パルス幅(ON-Time)を変化させ、加工速度を測定しました。その他の加工条件を図3(b)に示します。

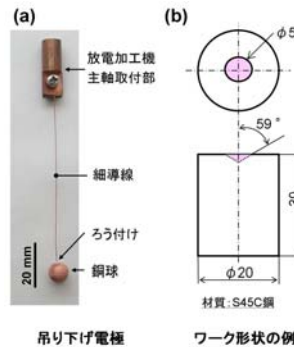


図2 吊り下げ電極(a)とワーク(b)

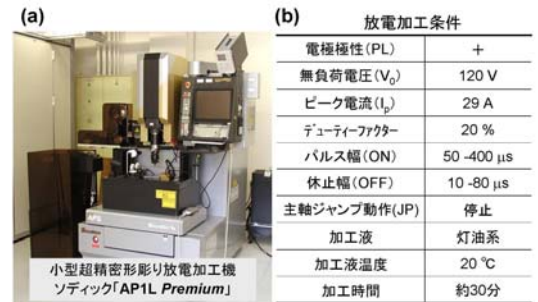


図3 加工装置(a)と加工条件(b)

3 結果

3-1 吊り下げ電極の放電加工特性

図4は加工時間と加工深さの関係です。吊り下げ電極を用いた場合、グラフは比例関係となっていることから、一定速度で穴加工が行われていることが分かります。一方、比較用に用いた丸棒電極では、加工開始直後は高速で加工されているものの、時間の経過とともに加工が進まなくなっていきます。この違いは、チップ（加工くず）の排出状態の相違に起因すると考えています。吊り下げ電極はたえず微振動しながら加工するため、振動による加工液の対流によってチップを排出しますが、丸棒電極ではチップが詰まるために放電が持続しません。

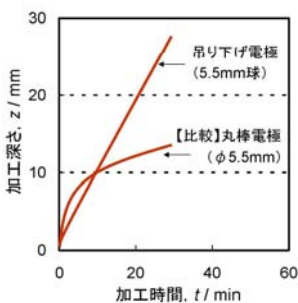


図4 加工時間と加工深さ

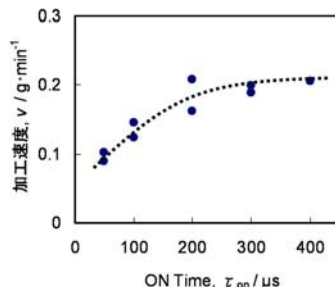


図5 ON-Timeと加工速度の関係

図5は加工速度におよぼすON-Timeの影響です。ON-Timeが200 μs以上で0.2g/minの加工速度が得られることが分かりました。以降の曲がり穴加工では、ON-Timeを200 μsとしました。

3-2 屈折穴加工の試み

屈折穴加工実験では、予めφ8.5mmの下穴をドリル加工しておき、穴底から穴を屈折させました。ワークを15°~60°回転させた場合の各加工穴断面を図6に示します。この結果、回転角が45°まではほぼ回転角通りの屈折穴が得られることが分かりました。しかし、回転角60°では、導線が十分にたわむことができなくなり、電極球が下穴の底部まで到達せず、下穴の側面から加工されていました。



図6 ワークの回転角と加工穴の断面形状

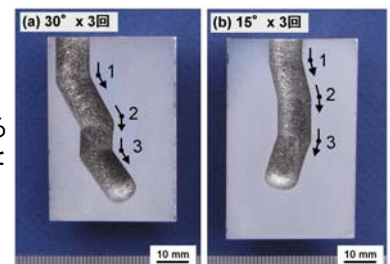


図7 複数回屈折穴の断面

ワークを繰り返し回転させることで、図7に示すような複数回屈折する曲がり穴を加工することができました。