

## 超音波キャビテーション技術を用いた放電加工 におけるジャンプフラッシングレス化への取り組み

小川 仁\*

### 抄 録

放電加工では、極間に発生する加工くずがスムーズに排出されない場合、加工能率が著しく低下する。そこで、ジャンプフラッシングと呼ばれる電極の上下動作により加工くずの排出を促すものの、本動作の多用は加工能率の低下を招く。本研究では、加工液に超音波振動を付与することにより、加工間隙でキャビテーション現象が発生することに注目し、同効果を加工くず排出に応用した放電加工について提案している。本報告では、超音波キャビテーション付与装置の改良と同装置を用いた加工事例について報告する。

### 1 はじめに

直径が 0.1mm 以下の微細電極を用いて超硬合金や焼入れ鋼に効率的に穴あけ加工することを目的に、筆者らは、放電加工に超音波キャビテーションを応用した新しい超音波振動援用法を提案した。放電加工時の加工近傍に超音波領域で振動するホーンを近接させることにより、加工液中で超音波キャビテーションが発生する。特に、超音波キャビテーションは音圧の高い加工極間で頻繁に発生し、気泡の崩壊と加工屑の排出を促す。また、筆者らは、本効果を簡便に付与できる専用装置の開発と、微細電極を用いた穴あけについて取り組み、本装置では加工近傍のみを浸漬雰囲気にすることが可能であり、加工能率および加工深さが飛躍的に向上することが明らかとなった。

ところで、既存装置は水平方向に設置した圧電素子の振動を鉛直方向に変換する、いわゆる R-L 型変換方式であり、47kHz の周波数で共振する振動ホーンの鉛直方向長さは 46mm である。この振動ホーンに設けた中空孔に工具を取り付けた回転主軸を設置するため、使用できるのは極めて細長い主軸もしくは突き出し量の長い電極に限定されるという課題があった。

本報告では、既存の R-L 型変換方式からたわみ振動伝達方式による新規キャビテーション付与装置について紹介すると共に、直径 3mm の銅電極を用いた焼入れ鋼の止まり穴加工に本装置を応用した場合の効果について述べる。

### 2 超音波キャビテーション付与装置の改善

図 1 に超音波キャビテーション付与装置の概要を示す。振動子ケース中に設置した圧電素子は約 43kHz の周波数で振動し、たわみ振動ホーンにより先端部の振幅は 3.5~6 $\mu$ m に可変できる。ホーン先端部の板厚は約 7mm であり、鉛直方向長さは既存 R-L 型装置に比べ大幅に短くなった。また、ホーン先端部には直径 5mm の穴を設けており、この穴の中央に電極が挿入されるように設置する。なお、改良した本振動ホーンにおいても、ホーン先端部と被加工材とを対向しその隙間に加工液を注入することで水柱が形成されるが、防水仕様であるため液中に浸漬させることも可能である。加工液中で繰り返し発生する強力な超音波キャビテーションにより、切りくず排出を促し加工能率の向上が期待できる。

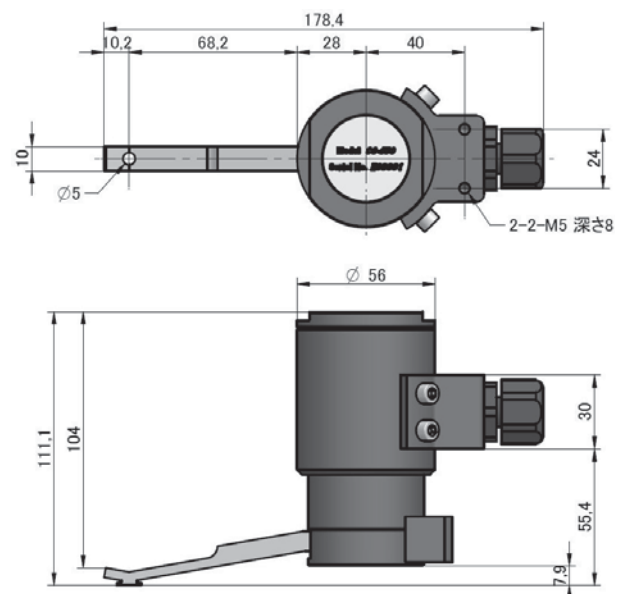


図 1 超音波キャビテーション付与装置の概要

\*機械技術課

### 3 焼入れ鋼への止まり穴加工

SKD11の止まり穴加工について、改良した超音波キャビテーション付与装置を用いてその効果を調査した。放電加工機は、三菱電機製ED-SCAN8Eで、加工液には、新日本石油製メタルワークEDF-K2を用いた。電極には直径3mmの銅を電極側が+極の逆極性として用いた。表1に示す加工条件の下、超音波振動ホーンの振幅や約1秒間毎のジャンプフラッシング（以後ジャンプ）の有無における加工能率や加工精度について評価した。

### 4 実験結果および考察

図2に加工液を噴射する慣用加工と振動ホーンの振幅を4 $\mu\text{m}$ とした超音波援用加工における止まり穴加工について加工時間と電極送り量の関係を示す。ジャンプ無の場合、電極送り量が1mm以下と比較的浅い位置では、慣用加工と超音波援用加工の加工能率には顕著な差は見られないが、加工深さの増加に伴い慣用加工では能率が著しく低下し加工不能に陥る。一方、超音波援用加工では、慣用加工を上回る加工能率と深穴加工が可能であった。しかし、加工深さと共に能率は徐々に低下し、加工深さ4mm以降は不安定な加工状態となる。

さらに深穴を目指しジャンプを併用した場合、慣用加工では、ジャンプ有と同様な能率で加工が持続できる。一方、超音波援用加工では、加工時間20分程度までは慣用加工に比べ高能率な加工が持続できるものの、その後は慣用加工と同程度となった。60分間での実加工深さは、それぞれ慣用加工4.46mm、超音波援用加工5.60mmであった。

図3に加工穴断面の拡大像を示す。慣用加工では、加工液の噴出側で電極消耗が著しく進行する結果となった。また、穴中央部で曲率半径が大きくなる中太りの傾向となった。一方、超音波援用加工では、穴底部において電極消耗の影響で穴径は小さくなるものの、慣用加工比べ円筒度は良好であった。また、曲率半径は慣用加工に比べ20~30 $\mu\text{m}$ ほど小さくなった。

放電加工における止まり穴加工では、電極側面との二次放電が頻繁に起り、穴径を拡大すると共に加

工能率を低下させる。超音波援用加工は、極間や加工隙間で繰り返し発生するキャビテーションによりスラッジ排出が促され、加工能率の向上と加工穴径の縮小に寄与すると考えられる。

表1 加工条件

被加工材料 (-)	SKD11
放電加工機	三菱電機製(ED-SCAN8E)
加工液	放電加工油(EDF-K2)
電極 (+)	Cu( $\phi 3\text{mm}$ )
放電加工回路	トランジスタ
放電電流	5.5A
放電時間	2 $\mu\text{s}$
休止時間	2 $\mu\text{s}$
無負荷電圧	220V

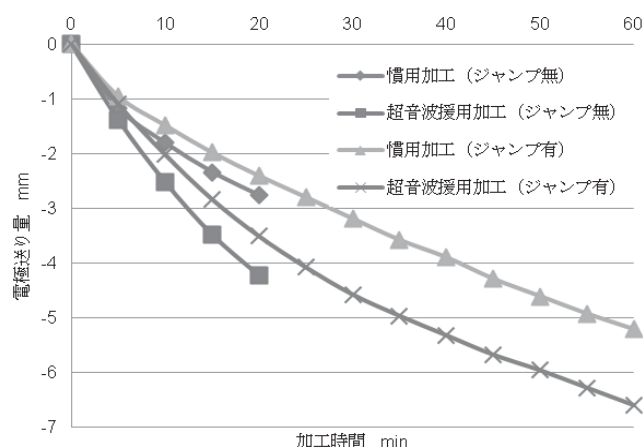
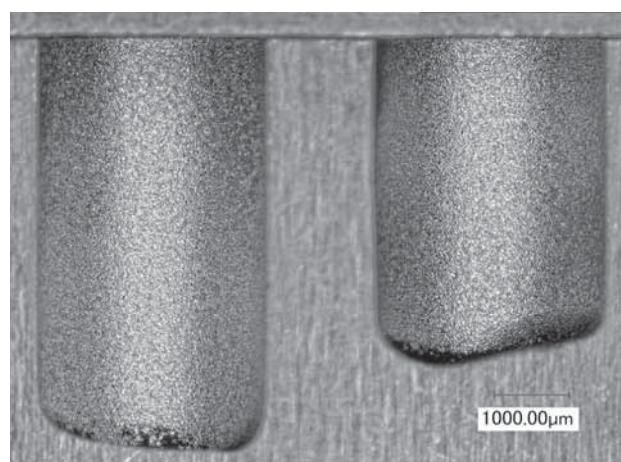


図2 加工時間と電極送り量の関係



ジャンプ有 (加工時間 60 分)  
(a) 超音波援用加工 (b) 慣用加工

図3 加工穴の拡大像