

小径針側面への細穴放電加工の再現性*

和合 健**、細川 結加***

鍼灸針による薬剤投与の新しい治療方法を開発するために創成放電加工機を用いてφ0.25mm程度のCo-Cr-Mo合金製鍼灸針にφ0.1mm程度の薬剤注入用の多数個微細穴を安定的に生成する方法の確立を図った。その結果、ガイド穴に詰まったスラッジを除去、あるいはスラッジの侵入を回避しさらに電極に十分な耐曲げ性を与えることで細穴放電加工の安定化を図ることができた。

キーワード：細穴放電加工、再現性、スラッジ、高弾性

Reproducibility of Minute Holes Fabricated by Electrical Discharge Machining

Takeshi Wago and Yuka Hosokawa

Medicinal needles for applications such as acupuncture and moxibustion require specialized fabrication techniques. This study demonstrates the use of electrical discharge machining to fabricate minute (0.1-mm diameter) holes in 0.25-mm-diameter Co-Cr-Mo-alloy needles. This technique assures the reproducibility of the minute holes, as required to prevent the invasion of sludge into the guide hole and to give high elasticity for pipe electrodes.

key words : electrical discharge machining of minute hole, reproducibility, sludge, high elastic

1 緒言

鍼灸針による薬剤投与の治療方法を実現するためには、創成放電加工機(三菱電機 EDSCAN8E)で鍼灸針(φ0.25×50mm)の側面にφ0.1mm程度の細穴を多数個生成することが必要となり、その電気条件の最適化はすでに実施された¹⁾。しかしながらその細穴加工では偶然性がまだ多くを占めているため穴加工の能率及び生成確度を向上させるためのその加工における再現性の確立が急務となっていた。φ0.1×200mmの銅パイプ電極を使用した穴加工での最大の留意点は、加工中に電極の触れ抑制ガイド穴(クリアランス半径±2μm以下)にスラッジが侵入し、Z軸上下動を阻害することである^{2,3)}。使用している電極の材質は銅であり、鋼材工具と比較してヤング率が非常に小さいため、ガイド穴にスラッジが詰まるとZ軸を下降させる際に電極が撓んでしまい電極が下降しない。

ここでは、振れ抑制ガイドの清掃方法の様式化と高さの適正化、さらに適正な押し込み剛性獲得のための電極短小化について取り組んだ。

2 実験項目

2-1 振れ抑制ガイドの清掃方法の様式化と高さの適正化

スラッジによる電極への影響を回避するために、ガイ

ドの穴の清掃を加工の1つの工程として取り入れる必要がある。まず、ガイドを設置する前に、超音波振動機(オムロン株式会社製 HU-10)により約5分間超音波洗浄した後、ガイド穴に金型用洗浄剤(GM-O)を吹きかけ、掃除用の電極(スーパーSFK)を穴中で上下に動かすことで、中に詰まっているスラッジを押し出すという清掃工程を取り入れた。さらに、加工の前後で、電極を回転させながらZ軸を上下に移動するプログラムを使い20分ほどガイド穴の回転清掃を行った。また、加工中にガイド穴に侵入するスラッジの量を減らすためにガイドを適正な高さに設置する必要がある。ここでは、ガイドの高さ、電極の移動量、電極の消耗率を考慮し、針からガイドまで本来0.5mmであったところを0.7mmに引き上げた。以上の2工程により、連続での加工回数を増やすことができた。しかし、ガイドの高さの適正化に関しては、ガイド穴にスラッジが侵入する原因として、加工液中のスラッジの密度の関係だけではなく、加工中に発生する静電気的な問題等も考えられるため、ミクロな挙動をみるという点からも、今後さらなる改善の余地があるといえる。

2-2 適正な耐曲げ性獲得のための電極短小化

ガイド穴に詰まっているスラッジに対して、電極に十分な耐曲げ性を持たせるために、電極の短小化を行った。図1に力の作用点のモデルを示す。電極の下端を固定し(a)のように上端から荷重をかけ、(b)のように撓みが生じ

* 平成23年度 基盤的・先導的技術研究開発事業、中東北3県公設試技術連携推進会議(共同研究)

** 材料技術部(現 素形材技術部)

*** 岩手大学工学部

たときを座屈状態とし、そのときの荷重と応力をそれぞれ座屈荷重、座屈応力とする。座屈応力は(1)式により計算される。

$$\sigma_k = \frac{P_k}{A} = 4\pi^2 E \left(\frac{k}{l} \right)^2 \quad (1)$$

ただし、 σ_k は座屈応力[Pa]、 P_k は座屈荷重[N]、 A は断面積[m²]、 k は曲率半径[m]、 E はヤング率[Pa]、 l は電極長さ[m]である。式(1)を用いて、電極の長さを25~100mmまで変化させた時の座屈応力を計算し、電極の材質が鉄と銅とで比較することにより適正な長さを求めた。計算結果を図2に示す。銅電極50mmのとき鉄電極100mmより大きい座屈応力を持つことがわかった。これより、電極長さは50mmが適正ではないかと考え、実際に加工を行うことで十分に耐曲げ性を得られているのかを確かめた。ここで、電極の長さ75mmと50mmのもので針に微細穴を10個加工したときの結果を表1及び表2に示し、生成した穴の写真を図3と図4に示す。電極長さ75mmと50mmで加工した時の穴径と加工時間の比較を図5に示す。

以上の結果から、電極の長さ50mmで加工したほうが、穴径の目標値φ0.1mmとの差が小さく加工時間が短いというだけでなく、標準偏差が小さい、つまり加工におけるばらつきが小さいということから、加工が安定しているといえる。さらに、両者の消耗率を比較してみても、短小化した方が半分に抑えられていることがわかる。こ

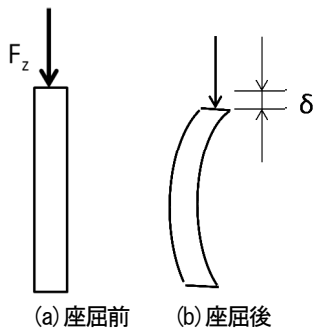


図1 力の作用点

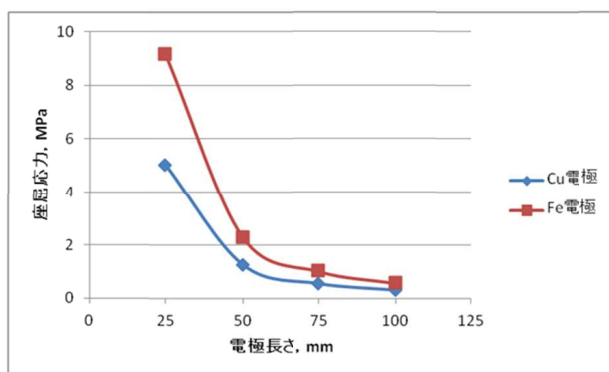


図2 座屈応力と電極長さ

れは、電極を短くしたことで、適正な耐曲げ性を持ったと同時に十分な押し込み力をかけられるようになったためであると考えられる。ここで、電極の長さ50mmでは消耗率28%となり、微細穴を1つ加工するのに電極が0.07mm消耗する。つまり、針1本に微細穴を10個加工する場合、Z方向の可動範囲が4.5mmの場合に約64本生産できることになる。これに比べて電極の長さ75mmでは消耗率56%となり、微細穴を1つ加工するのに電極が0.14mm消耗する。つまり、針1本に微細穴10個加工する場合、約50本生産できることになる。これより、電極の長さ50mmでの加工は75mmの場合と比較すると、生産量が1.3倍大きく、生産性があるといえる。以上の結果より、電極の適正長さは50mmであることがわかった。

表1 電極長さ75mmで加工した結果

電極消耗長さ1.4108mm

電極消耗率56.43%

	加工時間	穴径
1	8:52	0.1336
2	9:34	0.1352
3	6:54	0.145
4	9:39	0.1318
5	10:57	0.1434
6	9:35	0.1473
7	13:13	0.1414
8	11:36	0.1418
9	9:56	0.1385
10	9:46	0.1634
平均	10:00	0.1422
標準偏差	2:07	0.0086

表2 電極長さ50mmで加工した結果

電極消耗長さ0.7089mm

電極消耗率28.36%

	加工時間	穴径
1	5:01	0.1199
2	5:10	0.1198
3	5:11	0.1262
4	5:07	0.1194
5	5:03	0.1198
6	4:52	0.1197
7	4:55	0.1193
8	5:03	0.1229
9	5:05	0.1217
10	5:04	0.1236
平均	5:03	0.1212
標準偏差	0:22	0.0022

3 結 言

本研究では鍼灸針による薬剤投与の新しい治療方法を開発するために創成放電加工機を用いてφ0.25mm程度のCo-Cr-Mo合金製鍼灸針にφ0.1mm程度の薬剤注入用の多数個微細穴を安定的に生成する方法の確立を行った。

- (1) 電極下降時にガイドを通過する際に堆積したスラッジから生じる側面抵抗を軽減させるために、ガイド穴の清掃工程を様式化した。
- (2) 電極の長さを75mmから50mmに変更することで穴径及び加工時間のばらつきが小さくなり安定加工が実現し、生産量は1.3倍に向上した。これは座屈応力に起因する電極の撓みが小さくなったことでスピンドルのZ軸下降に対して電極が適正に下降制御されている効果によると思われる。

その結果、ガイド穴に詰まったスラッジを除去、あるいはスラッジの侵入を回避しさらに電極に十分な耐曲げ性を与えることで細穴放電加工の安定化を図ることができた。

文 献

- 1) 下河邊秀行：放電加工による鍼灸針への微細穴加工の高精度化に関する研究、岩手大学工学部機械工学科卒業論文（2008）
- 2) 斎藤長男、毛利尚武、高鷲民生、古谷政典：放電加工技術～基礎から将来展望まで～、日刊工業新聞社（1997）
- 3) 三菱電機株式会社、三菱ダイヤックス放電加工ハンドブック

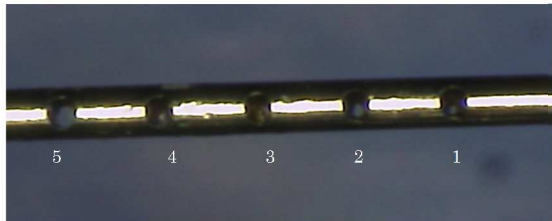
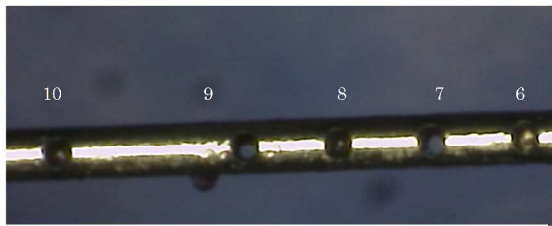


図3 電極長さ75mmで加工した鍼灸針形状写真

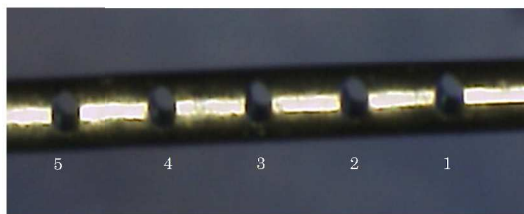


図4 電極長さ50mmで加工した鍼灸針形状写真

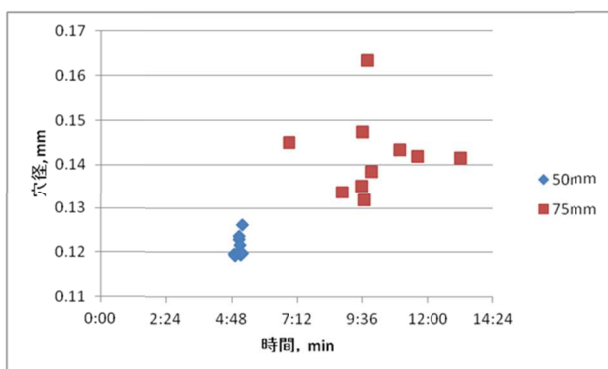


図5 穴径と加工時間