

|         |                          |
|---------|--------------------------|
| 氏 名     | 杉 江 他 曾 宏<br>すき え よ そ ひろ |
| 学位の種類   | 工 学 博 士                  |
| 学位記番号   | 論 工 博 第 1252 号           |
| 学位授与の日付 | 昭 和 55 年 1 月 23 日        |
| 学位授与の要件 | 学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当  |
| 学位論文題目  | 電解加工に関する電気化学的基礎研究        |

論文調査委員 (主 査) 教 授 吉 澤 四 郎 教 授 渡 辺 信 淳 教 授 岡 村 健 二 郎

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は電解加工現象を電気化学的に解明し、電解加工技術の改良、向上を目的として行った研究をまとめたものであって、12章よりなっている。

第1章では電解加工の発展の歴史と現状を総括し、電気化学的基礎の下に、電解液をはじめ加工条件改良の検討を行う必要をのべている。

第2章では、リムド鋼を用いて45種類の電解液による加工性能について実験し、電解液の導電率、pHと電流効率、表面粗さ、仕上げ角度との関係を求め、電解液の選択基準を明らかにした。

第3章では、前章の選択基準に従って、種々の合金材料について各種電解液の加工性能について検討している。その結果、電解液の導電率と電流効率の間には正の相関関係があることを確認し、また、合金元素の種類、量が加工性能に影響のあることを見出している。とくにニッケル含有量の多い材料には  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  単独電解液が有効であることを明らかにしている。

第4章では、上記の  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  電解液について更に詳しく検討している。 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  単独ではニッケル合金のニッケル含有量の多いほど電流効率が高くなること、さらに  $\text{NaCl}$  を加えることにより電流効率が改善されるが、表面粗さと仕上げ角度を併せ考えると、各種合金材料に対する最適混合割合が存在するものと考えている。そしてこの事実を、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  の酸化物皮膜生成能と  $\text{NaCl}$  のその破壊能とから考察している。

第5章では  $\text{NaCl}$ 、 $\text{NaNO}_3$ 、 $\text{NaClO}_3$  および  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  電解液による、各種鉄鋼材料と電流効率、表面粗さ、仕上角度との関係について実験し得られた結果を整理解析し、加工最小電流密度 (MCD) を推定し、これが実際の加工の条件設定の指標となるとしている。そして、この MCD 値はアノード酸化皮膜の生成能に起因しているものと推察した。

第6章は各種材料と電解液との組合せのアノード分極曲線を測定し、加工性能との関係を考察している。ここで各種材料および電解液に対する加工性能を総合判断する基準を設けることを試み、これを電流密度の関数として表わすために、電流密度と電流効率との関係から加工に関係する電流密度を推定し、その値

を使用してアノード電位と仕上げ角度との関係を求めると、アノード電位の高い材料、電解液ほど仕上げ角度が  $90^\circ$  に近くなることを示している。

第7章では、酸化物皮膜の加工精度におよぼす役割について述べている。蛍光X線、X線マイクロアナライザー、走査電子顕微鏡、電子線回折などの手段と接触抵抗、表面粗さの測定とから加工精度におよぼす役割を考察している。その結果、電流効率には酸化物皮膜の抵抗性が関係し、また加工精度は加工中心部に対する外周部の抵抗値が高いほど良い結果が得られることなどを明らかにした。

第8章では、前記酸化物皮膜の抵抗が加工性能に及ぼす影響を明らかにするために、電流分布の測定を行っている。すなわち導電紙を利用し、皮膜の表面抵抗の影響を導入し等価させる方法を考案し、二次電流分布を求め加工形状に関する種々の実験結果を説明した。またこれを基礎として実際の加工を行う場合のオーバーカットを知る指標を示している。

第9章では、実際の穴あけ加工装置を用い、既存の  $\text{NaCl}$ 、 $\text{NaNO}_3$ 、 $\text{NaClO}_3$  などの電解液と以上の研究で明らかにした  $\text{NaCl}-\text{Na}_2\text{SO}_4$  系混合電解液とを比較している。その結果、 $\text{NaCl}-\text{Na}_2\text{SO}_4$  系の電流効率は  $\text{NaCl}$  単独と同様に良好で、その上、仕上げ角度、表面粗さでより良好な性能を有することを認めている。

第10章では、 $\text{NaCl}$  電解液の改良を目的として、 $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{WO}_4$  を添加した電解液を試み、電流効率は  $\text{NaCl}$  単独の場合と変わらずよく、その上加工精度が改良されることを見出している。これはオーステナイト系ステンレス鋼の孔食防止策にモリブデン添加が有効であることから得た新しい発想によるものである。

第11章は感光性樹脂を用いる新しい加工法を論じている。酸化物皮膜に相当する絶縁性のよい感光性樹脂を塗布して加工精度を更に向上させることに成功し、電解加工の厳しい条件にたえる樹脂を見い出している。

第12章は以上の研究結果を総括し結論としたものである。

## 論文審査の結果の要旨

電解加工は電気分解を利用した金属加工法で、実用化されてからの歴史は比較的浅く、電解液と電解条件との関係などの基礎が十分に解明されていない。この論文は電解加工の際に経験される現象を電気化学の立場から基礎的に解明し、電解加工技術の向上を目的として行った研究をまとめたものである。

まず、リムド鋼を用いて45種類の電解液による加工性能について実験し、電流効率、表面粗さ及び仕上げ角度から検討し電解液の選択基準を明らかにし、これをさらに種々の合金材料へ拡張して適用しニッケル含有量の多い材料では  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  単独電解液が有効であることを見出している。

さらに  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  電解液について詳細に追求し、 $\text{NaCl}$  添加が電流効率改善に対してはよいが、表面粗さと仕上げ角度への影響を併せ考慮すれば、各種合金材料に対し最適混合割合が存在することを明らかにしている。そしてこの最適値の意義は  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  による酸化物皮膜生成能と  $\text{NaCl}$  によるその破壊能の総合された結果によるものとの見解を示している。また、種々の電解液で加工最小電流密度を指摘し、実際加工の条件設定の指標となるとしているが、この値は酸化皮膜生成能によるものと推察している。

この酸化皮膜の効果を電気化学的な見地から明らかにするために、アノード分極曲線と加工性能との関係を考察し、材料の溶解が生じ始めるときのアノード電位が高い材料、電解液ほど仕上げ角度が高くなることを示している。さらに蛍光X線、X線マイクロアナライザー、走査電子顕微鏡、電子線回折などによる観察、さらに接触抵抗、表面粗さの測定を併せ考察し、酸化物皮膜の抵抗性が電流効率、加工精度に密接に関係していることを明らかにしている。そしてこのような抵抗性皮膜が存在する場合の電流分布を導電紙を利用して求め、加工形状に関する種々の実験結果を説明すると共に、オーバーカットを知る指標となることを示している。

ついで、実際の穴あけ加工装置を用い既存の電解液と新たに見出した  $\text{NaCl}-\text{Na}_2\text{SO}_4$  系混合電解液とを比較し、後者がより一層良好な加工性能を示すことを実証し以上の基礎研究結果を裏付けている。

さらに  $\text{NaCl}$  系電解液の改良を目的としてオーステナイト系ステンレス鋼の孔食防止策にモリブデン添加が有効であることから  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{WO}_4$  の添加を試み、加工精度が改良されることを明らかにしている。

最後に、新しい方法として酸化物皮膜に相当する絶縁性のよい感光性樹脂により皮膜を予め形成しておくことと酸化物皮膜が形成される場合と同様な効果があることを見出している。

以上、要するに本論文は電解加工技術を電気化学の見地から解明し、これを基礎に電解液などの改良に成功し、これを実際の加工装置で実証するなど、電解加工改良の貴重な資料を得たものである。学術上、実際上貢献する所が大きいと考える。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。