

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

主論文の要旨

論文題目 放電加工によって形成されたパンチとダイを用いた多パンチ打ち抜きシステムの開発

氏名 BROOMFIELD Mark Anthony

論文内容の要旨

微細加工は産学において現在最も注目される研究開発の1つであり、その中でもマイクロメーター・オーダーの微細穴の高精度化には多くの技術、研究が向けられている。微細加工の応用には多くの分野が含まれるが、その中の1つとして情報処理技術の研究開発を支援および容易にする製品も含まれる。今日試みられている微細穴製作法のレーザ、放電加工、CNC技術は大量生産には不向きであり、本研究では多くの材料に適用でき、比較的安価にできる新しい微細穴打ち抜き法を開発することとした。ただし、微細穴抜きシステムの開発には多くの克服すべき課題、たとえば、クリアランス、工具位置決めなどを解決していかなければならないこととなる。

打ち抜き工具の製作は次の2段階の放電加工によって行なった。この工具製作過程、打ち抜き過程にはマイクロコンピュータを用いた制御システムを開発した。

- (1) 通常寸法の工具材料から微細パンチを製作するために、単一パンチに対しては反転放電加工を試み、多パンチに対してはワイヤカット切り出し放電加工法を開発した。
- (2) パンチとダイの幾何学的相互関係をサブミクロンの精度で維持するためには微細パンチを電極とする放電加工を開発した。

本論文では新しい微細打ち抜きシステムの開発過程、打ち抜きの実行結果を述べ、その中で適切なクリアランス、最適な工具材料、工具への金被覆の効果などを新しく指摘した。

本論文は8章からなる。

1章の序論では一般的な生産分野の状況を概説し、微細穴加工に対する本研究の意義、背景を述べた。

2章では単一および多パンチの開発過程について述べ、パンチ材料としてはタングステンが最適であることを論じている。単一パンチは反転放電加工により製作した。ダミー材の銅に工具材料棒を電極として棒径と同一径の穴が明けられ、その後、棒と銅の電極が反転され、棒軸と銅穴軸は所定量シフトされ、銅穴端によって棒が放電加工される。棒は放電加工中常に回転しており、棒の真円度は維持され、棒半径よりシフト量だけ小さいパンチが作成されることとなる。一方、多パンチは直径200 μm 、放電ギャップ20 μm でワイヤカット切り出し放電加工によって製作された。

3章ではダイ製作法およびダイ穴表面の平坦度、真直度が重要であることについて述べる。

穴が明けられていない状態で仕上げられたダイは微細パンチと同時にマイクロ・ダイセットに組み込まれ、そのダイセットは特製した放電加工機に設置され、パンチを電極としてダイ穴が放電加工される。ダイセットは放電加工中にパンチとダイを電気絶縁する役割とパンチとダイのアライメントを維持する役割を担っている。このダイセットは両工具が組み込まれたままマイクロプレスに組み込まれる。したがって打ち抜きクリアランスは放電ギャップに一致する。このような微細放電加工は微妙であり、放電サイクルなどをコンピュータ制御で行なった。また、パンチ材料には打ち抜き過程に高耐摩耗、高強度、高耐力が要求されると同時に放電加工中の電極として高融点、比較的良好な電気、熱伝導特性が要求される。パンチ材料としてタングステンと工具鋼を試したが、工具製作の各過程、打ち抜き過程のすべての段階でタングステンが優秀な性能を納めた。パンチ先端は平滑、平坦が要求されるが、そのためには平滑、平坦銅表面を電極として各工具製作過程の都度軽い放電加工を行なった。パンチ表面に金被覆することにより放電時間を減少し、両工具表面粗さを減少することが出来た。

4章では打ち抜き過程における操作手順、制御、測定について述べる。また、打ち抜き過程、放電加工におけるモニタリングについても述べる。打ち抜き過程は一台のマイクロコンピュータで制御され、パンチの動きはピエゾアクチュエータで、材料送りはステッピングモータで行なわれた。各ドライバへの信号はD/Aコンバータを介してコンピュータから送られる。パンチの位置決め、打ち抜き過程の観察にはビデオ顕微鏡が用いられた。

5章では打ち抜き志向結果について述べる。16~85 μm の丸穴単一打ち抜き、50~69 μm の多四角穴打ち抜きを50 μm 厚のアルミニウム箔、30 μm 厚の銅箔、20 μm 厚のステンレス箔に対して行なった。タングステンパンチのみがステンレス箔に対して打ち抜き可能であり、他の条件でも優秀の性能を示し、タングステンが本開発打ち抜きシステムのパンチ材料としては適していた。金被覆パンチは被覆しないパンチに比べ良好な打ち抜き穴内面性状を示し、繰り返し打ち抜き後も穴性状の劣化は認められなかった。

6章ではパンチ材料として最適なタングステンの性状一般について述べた。

7章では金被覆の効果について改めて論じた。

8章では打ち抜き実験結果を要約し、この分野の将来展望について述べた。