

微小穴打抜きシステムの開発

東京大学 生産技術研究所

教授 増沢隆久

(平成元年度研究開発助成 AF - 89020)

1. 研究の背景

微小穴加工の需要の増大と共に、その加工要求も、より量産化を目的とするものが多くなってきた。このような多量の穴加工に対しては打抜きが有効な解決法であることは疑いが無い。しかし、直径 $100\ \mu\text{m}$ 以下の微小穴については、ダイセット作成の困難さから、実用化が難しかった。

最近になって、WEDG（ワイヤ放電研削法）とEDMを組合せたダイセット作成法が開発され¹⁾、直径 $30\ \mu\text{m}$ までの微小穴の打抜きに成功するまでになった。しかし、この手法でのダイ作成ではダイが逆テーパ（逃げ角が負）となるため、打抜き力やパンチ寿命の点で問題がある。

本研究では正の逃げ角を持つダイを作成する手法を開発し、若干の特性試験を行った。

2. マイクロ打抜きシステムの概要

今回改良の対象とした打抜きシステムは、図1のような工程によりダイセットを作成するものである。図のようにダイ加工用工具電極、ダイ、パ

ンチそれぞれの加工において軸位置の変化がないため、型合せが不要のシステムであり、微小径のダイセットが精度良く作成できる。

この工程中、ダイの加工はEDMにより行われるが、EDMによる穴加工では一般に入口側の径が出口側より大きくなるため、このようにして作成されたダイはパンチ側の径の方が大きい、すなわち負の逃げ角を持ったものになる。

3. 本研究の目的

通常、打抜きにおいては逃げ角がゼロまたは負では、打抜き力の増大や、カス上りなどの悪影響があるため、逃げ角は正であることが望ましい。

そこで、本研究では、上記のようなマイクロ打抜きシステムで、かつダイの逃げ角を正にできるような手法を開発し、その有効性を示す。

4. 実験装置

上記目的のため、揺動機構を備えた新しい打抜き装置を試作した。図2に装置全体の概略図を掲げる。

MCヘッドユニットはパンチ、およびダイ作作用工具電極を上、下、および回転方向に駆動する機構ユニットで、上下動が可動コイル式（MC式）のアクチュエータにより与えられるものである。このMCヘッドユニットの主軸に装着されたパンチ素材が、X軸方向に駆動できるワイヤガイドによりガイドされたワイヤ電極により放電加工され、図1の工程a)、c) が実行される。一方、ダイの素材は揺動装置上に取り付けられ、Wテーブルの上下動により工程b) d) 等の際の初期位置への設定が行われる。ダイ加工、打抜きにおける動的制御

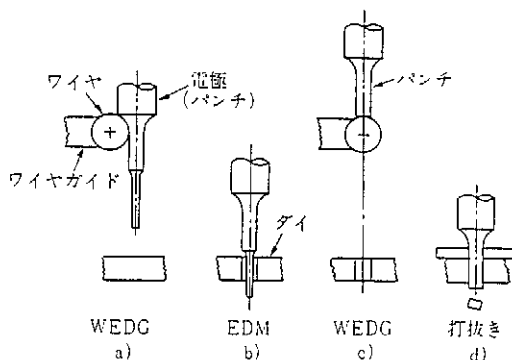


図1 WEDG, EDMを応用したマイクロ打抜きシステム

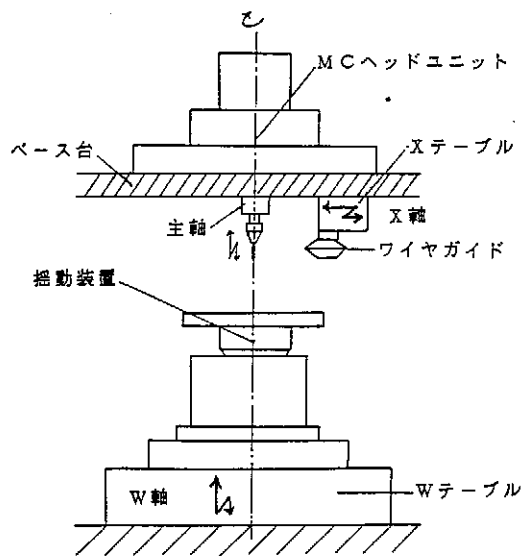


図2 逃げ角を付与できるマイクロ打ち抜きシステム試作装置

動できるようになっている。この動揺体にはつばがついており、このつばの下面をマイクロメータの先端で拘束し、任意の傾き角で回転できるようになっている。回転の駆動力は減速器つきモータの出力軸からクッションとしてのOリングを介して与えられる。動揺体を傾けて回転させながらダイ加工を行った場合、その傾き角に応じた正の逃げ角がダイの側面に与えられることになる。なお、微調整テーブルは、揺動体の球面中心とパンチの中心線を組合せるために用いられる。

5. 実験結果

5.1 逃げ角つきダイの作成

上記装置で実際にダイセットの作成を行った。図4、5に本装置を用いて揺動角(揺動体の傾き角) 5.7° で加工したダイの一例を上面(パンチ側)から見たところ(図4) および下面(裏面)から見たところ(図5)を示す。図5からテーパが加工されている様子がよくわかる。このような、本装置に

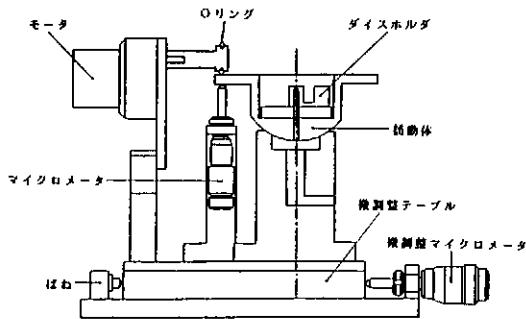


図3 逃げ角付与機構

はMCヘッドユニットのZ軸制御により与えられる。

揺動装置が本研究の目的である正の逃げ角を与えるための主要な部分であり、Wテーブルに取り付けられる全部分を含めると図3のような構成となっている。

ダイの素材を装着するダイホルダを収納した揺動体は、下面が球面となっており、球面座上で揺

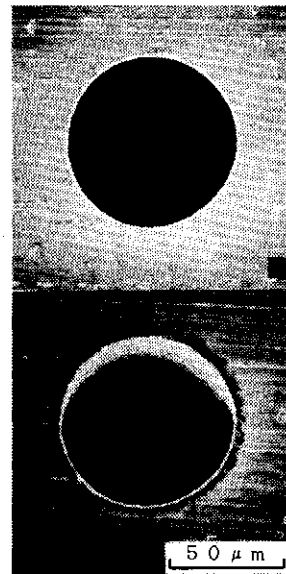


図4 揺動角 5.7° で作成したダイの上面

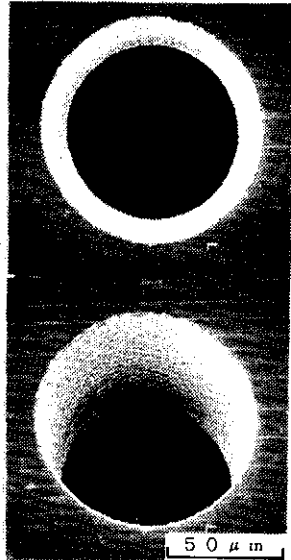


図5 揺動角 5.7° で作成したダイの下面

より正の逃げ角を持つダイの加工が可能であることが確認できた。また、上、下面とも良好な真円度で加工できている。

5.2 打抜き実験

上のようにして作成した正の逃げ角を有するダイを用いて実際に打抜きを行ない、EDMによる自然の逃げ角（負）の場合と比較した。

まず、打抜き力に対する影響を調べるために、準静的に打抜きを行ない、パンチを駆動するコイルの電流を測定した。工作物としては純アルミニウム（板厚 $50\mu\text{m}$ ）を用いた。

図6に、逃げ角が負の場合のコイル電極の時間的変化をいくつかのクリアランス（対板厚で表示）の場合について示す。また、図7に逃げ角が正の場合について同様な実験結果を示す。なお、パンチ径は温度その他の影響により若干ばらついているが、およその傾向は読とることができる。図でコイル電流が小さくなる方向が打抜き力（下方への駆動力）の増大を示している。

図6、7を比較すると明らかなように、正の逃げ

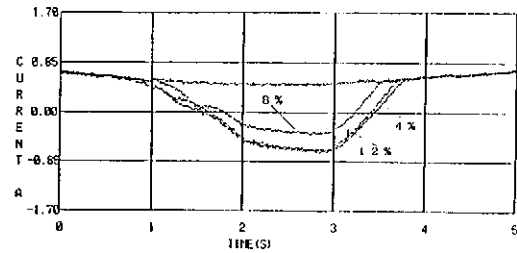


図6 パンチ駆動コイルの電流変化
(逃げ角： -0.9°)

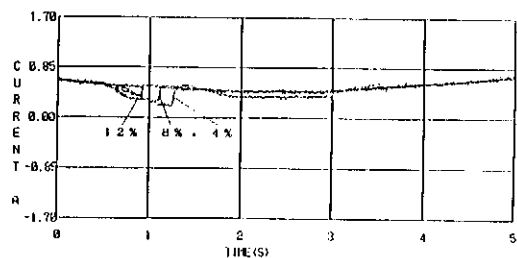


図7 パンチ駆動コイルの電流変化
(逃げ角： 4.6°)

角をつけたことで、打抜き力の大幅な減少が実現できた。また時間経過をみると、負の逃げ角の場合（図6）には打抜き完了後にダイの中にむりやり抜きかすを押込んでいく様子がよくわかる。一方の正の逃げ角を与えた場合（図7）にはこの押込み力がせんだん力より小さいことがわかる。

せんだん力はクリアランスが小さいほど大きくなる傾向が見られるが、この変化量は逃げ角の違いによる打抜き力の変化に比べるとあまり問題にならない程度であることがわかる。

図8に打抜いた穴のダイ側から見た外観のSEM写真を示す。負の逃げ角の場合a)に見られない破断面が正の逃げ角の場合b)には観察され、打抜き途中での材料内応力分布にも逃げ角の影響が及んでいることがわかる。

6. おわりに

揺動することのできるダイ保持機構を導入することにより、マイクロ打抜きシステムにおけるダイの正の逃げ角に付与成功した。これにより、打

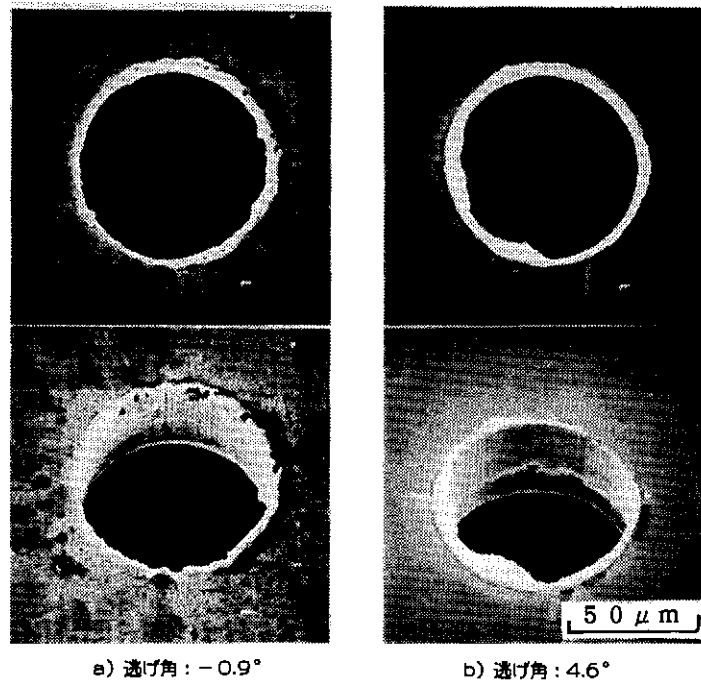


図8 逃げ角による打抜き穴外観の違い

抜き力の減少、および打抜き機構の改善が実現でき、量産加工への応用に対する見通しを開くことができた。今後更に装置のより高精度化およびシステムの簡易化を推進することで生産現場への導入実現が期待される。

参考文献

- 1) 山本, 増沢, 藤野, 吉田: ワイヤ放電研削を利用したマイクロ打抜き加工、昭和61年度精密工学会秋季大会学術講演論文集、p.721 - 722