

微細電子部品の高精度順送打抜プレスと金型の組合せ決定法の開発

京都教育大学 産業技術科学科

助教授 関根文太郎

(平成9年度研究開発助成 AF-97012)

キーワード：プレス、金型、総合精度

1. 緒言

精密電子部品製造においてはプレス加工が有効な方法として採用されてきた。これら製品の寸法ならびに形状精度は、最終的にプレスと金型の総合的な案内精度によって決定される。

筆者らは、これまで金型単体の案内精度について、静的あるいは動的な偏心荷重に対する挙動を解析し、その変形機構を明らかにし案内精度の予測を可能にした¹⁾。本研究では、偏心荷重に対する金型とプレスの動的総合精度が、金型・プレスそれぞれの単体の動的精度に比べてどのような挙動を示すか、工具とスライド変位を対象として調べた結果について報告する。

2. 実験装置及び方法

実験に使用したプレスは60トンストレートサイドクラックプレスで、図1に示すように打抜き用の金型と負荷を受持つ金型を別々に取付けた。打抜きは、φ12の円板の打抜きにより与えた。打抜き金型のガイドは型合わせ時のみ使用し打抜き時は取り外して負荷は受持たない。偏心荷重によるモーメントを受持つダイセット(測定用)は、打抜き金型とは別にプレス中央に取付けた。偏心荷重は、10本(2列)のポンチの数あるいは、打抜き金型を左右に偏心させることにより与えた。この偏心荷重最大33kNをプレス単体あるいは、プレスとダイセットが一緒に受け持つようにして打抜きを行った。ポンチ及びダイスの材質はSKD11、被打抜材は板厚0.25mmの鋼合金(引張強さ約550MPa)である。運転速度を50~600spmまで変化させて、金型をプレスに取付けた場合の総合的な動的精度をプレス単体の動的精度と比較検討した。プレス単体の動的挙動を測定する場合は、中央部の偏心荷重負担用金型のリテーナを取外し、プレス単体のみが負荷を受けるようにした。

動的精度は、中央の荷重負担用のダイセットで測定した。与えた偏心荷重に対する上ダイプレート(スライド)の傾き θ を、下ダイプレート四隅に取付けた非接触変位計の垂直変位の測定値より算出、上ダイプレートの横変位DXとポンチに相当するターゲット先端の変位Xtを測定台上の非接触変位計により測定した。さらに、ポンチの一本に歪ゲージを貼り付けてポンチ歪 ϵ を測定した。測定値はA/Dコンバータを介してマイクロコンピュータ

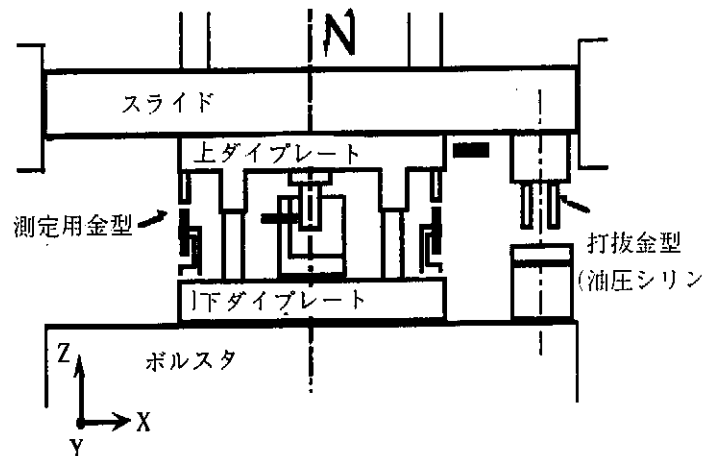


図1 実験装置

に取り込んだ。

動的精度の検討のために、油圧シリンダ(最大20トン)を叩くことによっても偏心荷重を与えて打抜きの場合と比較検討した。運転速度を50~600spmまで変化させて、金型をプレスに取付けた場合の総合的な動的精度をプレス単体の動的精度と比較検討した。偏心荷重によるモーメントの大きさは、油圧シリンダのストローク量と位置によって与えた。

3. プレスと金型の総合特性

ポンチ先端の変位は、上ダイプレート(スライド)の傾きと横変位量により決定される。すなわち、偏心力により与えられるモーメントMを金型とプレスがそれぞれ分担する。金型とプレス単体に加わる偏心モーメントをMD、MPとすれば $M = M_D + M_P$ で表わされる。これまでの研究で、金型 $M_D \sim \theta(X_t)$ の関係は計算によって求められるから、プレス $M_P \sim \theta(X_t)$ の関係と総合特性 $M \sim \theta(X_t)$ の関係を明らかにできれば、必要精度に応じた金型とプレスの最適な組合せを求めることができる。

4. 実験結果と考察

4.1 無負荷時のプレスと金型の挙動

ストレートサイドプレスのボルスタ中央に測定(荷重負担)用ボールガイドダイセットを取付け、リテーナの

取り外しで荷重をプレスのみあるいはプレスとダイセットの両方が受けるようにして動特性を調べた。実験に先立ち無負荷時のプレスとダイセットの挙動を調べた。図2に100spmで無負荷における下死点付近の上ダイプレート（スライド）横変位を、プレス単体とプレス+金型の場合で比較して示す。プレス単体の場合、プレス特性によって打抜金型のポンチ先端がダイプレートと共にダイス片側に寄せられるが、ダイセットのガイドを有効にしてプレスとダイセットの両方で案内すると、スライドの動きは抑えられポンチがダイス中央に案内される。この程度の小さい横方向の力をプレスから受けても、金型は金型ガイドによって矯正され正しい位置にガイドされていることがわかる。

4・2 偏心荷重付加時のプレス単体の挙動

測定（荷重負担）用金型のリテーナを外して、最大荷重33kN、偏心量最大400mmをプレスのみが受けるようにして、プレスの正面から見て左右（X）方向に打抜金型を偏心させ、運転速度を50～600spmまで変化させて素材を打抜いた。100spmにおけるスライド（上ダイプレート）のY軸まわりの傾きを図3に●で示す。X軸まわりの傾きは、ほとんどなかった。スライドの傾き θ は偏心モーメントに対して右上がり左下がりの一方向を示している。ただし、モーメントが零のところではばらつきが見られる。モーメントの小さい範囲と大きい範囲における傾きの変化量が違っている。ばらつきは、プレスのスライド関係のガタによるものと考えられる。モーメントの小さい範囲と大きい範囲では、スライドの回転モーメントの増分が変わるため傾きの変化量に違いが生じている。

X軸方向のスライド横変位DXを図4に●で示す。Y方向変位はほとんどなかった。横方向変位も傾きと同じ傾向を示す。ここでも、モーメントが零のところでは大きいばらつきが見られる。

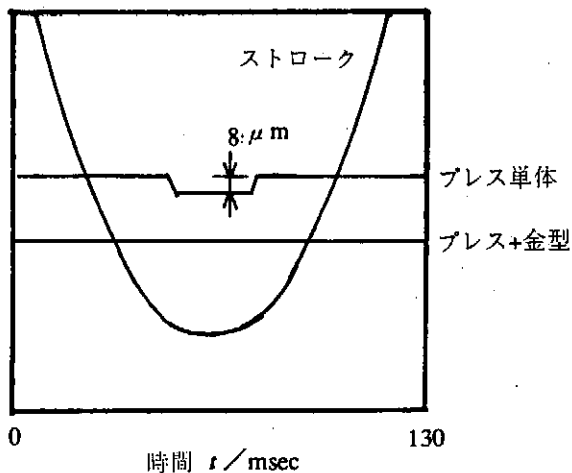


図2 無負荷時の上ダイプレート変位

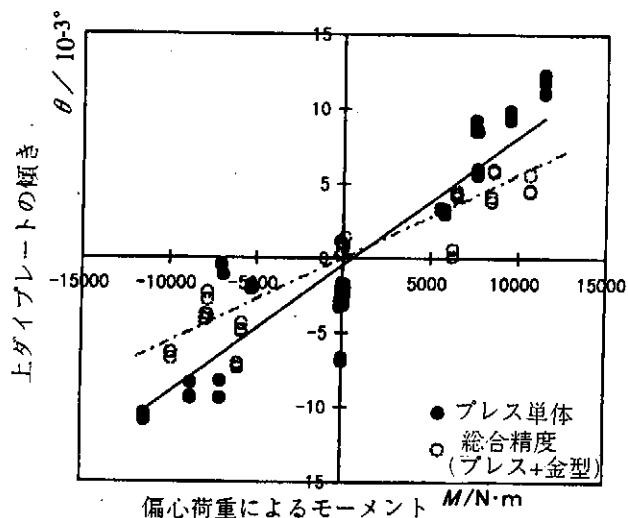


図3 偏心荷重によるモーメントに対する上ダイプレートの傾き

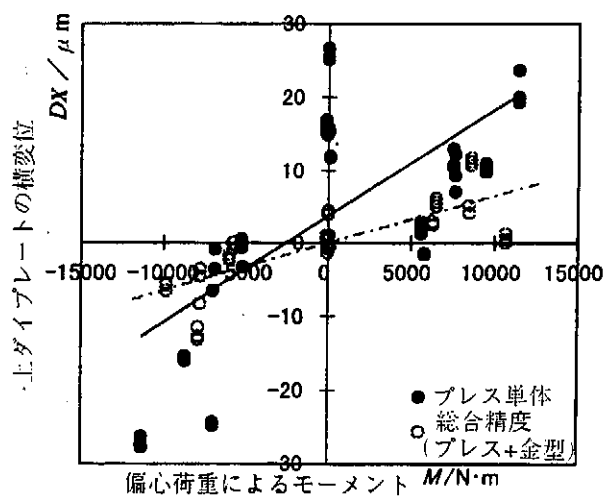


図4 偏心荷重によるモーメントに対する上ダイプレートの横変位

X軸方向のターゲット先端変位 X_t を図5 に●で示す。Y方向変位はほとんどなかった。ターゲット先端変位も傾きと同じ傾向を示す。モーメントが零のところでは、傾きと変位によるばらつきの相殺によって、変位のばらつきは小さくなっている。

4・3 偏心荷重付加時のプレス+ 金型の挙動

ストレートサイドプレスに打抜金型を取付け、前節と同様に打抜きによる偏心荷重を左右方向に与えてプレスと金型の総合的な動特性を調べた。100spmにおける上ダイプレート（スライド）のY軸まわりの傾きを図3に○で示す。X軸まわりの傾きはほとんどなかった。プレス単体の場合と同じように右上がり左下がりの一定傾向を示しているが、モーメントの小さい範囲では、金型がそのほとんどを負担しているため、モーメントが零におけるばらつきはプレス単体と比べてほとんどなくなっている。偏心力によるモーメントの一部を金型が負担するため、スライドの回転角を決定する回転モーメントは単体の場合に比べ小さくなっている。ここでも、モーメントの小さい範囲と大きい範囲の傾きの変化量が違っている。この違いの原因は、プレス単体の場合と同じである。

X軸方向のスライド変位 DX を図4に○で示す。Y方向変位はほとんどなかった。横方向変位も傾きと同じ傾向を示す。ここでも、モーメントが零におけるばらつきはプレス単体の場合と比べてほとんどなくなっている。モーメントに対する変位量の大きさは、プレス単体の場合に比べ小さくなっている。

X軸方向のターゲット先端変位 X_t を図5 に○で示す。この場合もY方向変位はほとんどなかった。同一の偏心モーメントに対するターゲット先端変位量は、プレス単体の場合と比べると非常に小さくなっており、金型が偏心モーメントの幾らかを負担していることがわかる。金型の負担モーメントをダイプレート（スライド）の傾きから計算すると、モーメントの小さいうちはそのほとんどを金型が負担するが、偏心量や偏心力が大きくなりモーメントが増加するとプレスの負担が増加している。

4・4 プレス機械と金形の総合精度

プレスと金型を組合わせた場合、プレス+金型の負担するモーメント M が両者単体の負担するモーメント $M_D + M_P$ に比べて大きくなっている。すなわち、同一モーメントを負担する場合、 $M \gg M_D + M_P$ となる。これは、プレスと金型を組合わせた場合の負担荷重や負担モーメントの状態が単体の場合と違ってきて、大きなモーメントを負担することができるためと考えられる。

金型から受ける荷重やモーメントを考慮するとスライドに働く力は図6のように考えることができる。

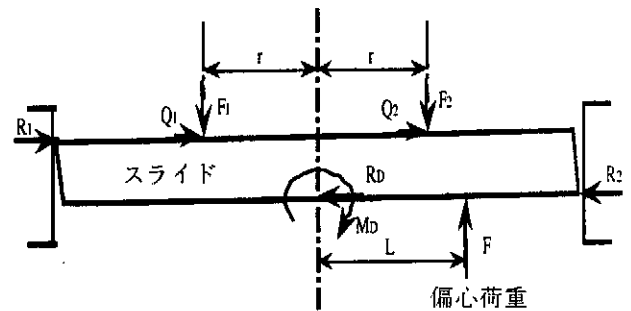


図6 スライドの挙動

ここで、力の釣り合いは、X方向については、

$$R_2 + R_D = R_1 + Q_1 + Q_2$$

Z方向については、

$$F = F_1 + F_2$$

回転モーメントについては、

$$F \cdot L + (F_1 - F_2) \cdot r = (R_1 + Q_1 + Q_2) \cdot t + M_D$$

となる。ここで、スライドの横方向変位量と傾きは、それぞれ

$$X = \frac{R_2 - R_1}{k_x} \quad \theta = \frac{R_1 + Q_1 + Q_2}{k_\theta} \cdot r \quad (L \geq 0)$$

となる。

偏心荷重が加わると、プレスと金形の干渉により拘束が厳しくなったり、金型ポストの負担が左右均等でなく

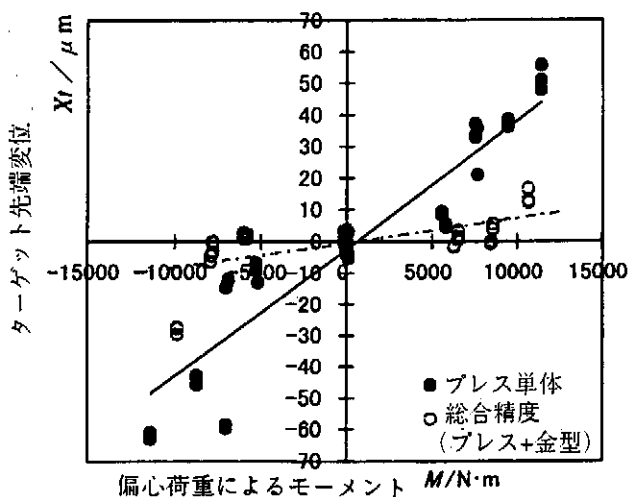


図5 偏心荷重によるモーメントに対するターゲット先端変位

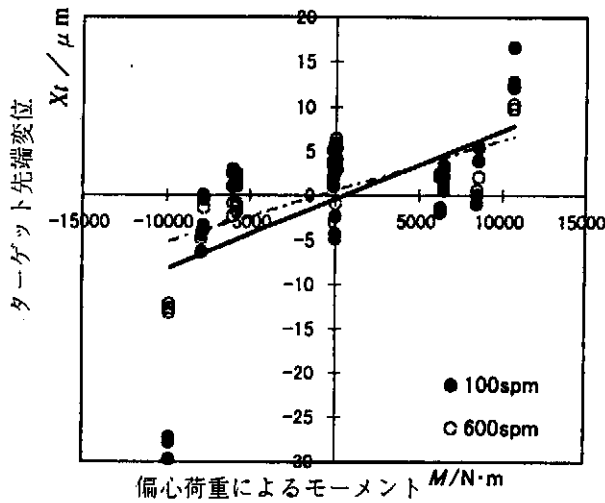


図7 ターゲット先端変位に及ぼす運転速度の影響

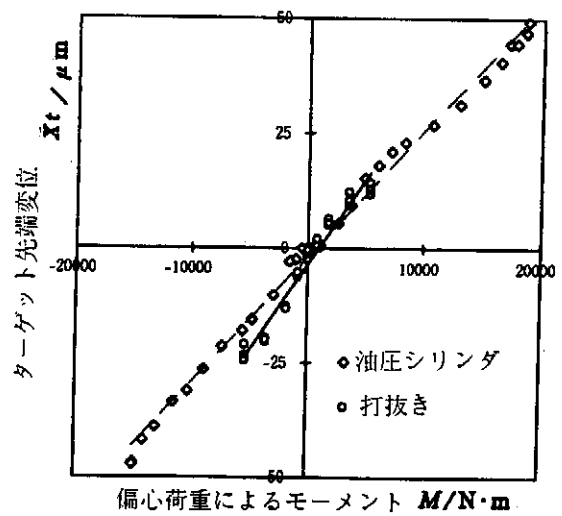


図8 油圧シリンダ圧縮によるターゲット先端変位

なり、プレスラムの負担も左右不均等になるなど、各条件におけるモーメントの負担状態を、同図により説明することができる。たとえば、プレススライドガイドから加わるX方向の力 R_2-R_1 の増分が変わるため横変位量が違いが生じたり、金型が横方向の力のうち R_D を負担するため、プレススライドガイドから加わるX方向の力 R_2-R_1 は小さくなるなど、総合精度を考察することができる。

4・5 運転速度の影響

100spmと600spmにおけるターゲット横変位を図7に示す。ここでは、運転速度が大きくなると先端変位量が小さくなっている。一般には、運転速度を上げると機械の振動などのため精度は悪くなるのが普通であるが、本実験で使用したプレスが高剛性であるため、速度を上げても動的精度がそれほど落ちていないと見ることができる。

4・6 油圧シリンダによる打抜きシミュレーション

打抜きによる偏心荷重負荷実験では、金型上下の位置合せに時間と手間を要し、更に大きな偏心荷重が加わると、傾きや横変位が大きくなり、ポンチに無理な力が加わり破損するなどの恐れがある。そこで簡易な方法として油圧シリンダの圧縮による打抜きシミュレーションの可能性を検討した。運転速度を50~600spmまで変化させて偏心させた油圧シリンダを圧縮した。100spmにおけるターゲット先端変位量を打抜きの場合と比較して図8に示す。プレス単体、プレス+金型の場合ともにモーメントに対するターゲット先端変位は、打抜きの場合と同様線

形になっているがその量は小さくなっている。この原因は荷重の加わり方が打抜きのように衝撃的でないためと考えられる。荷重の加わり方を考慮すればよい近似を示している。また、運転速度を200spm以上に上げていくとシリンダ油の粘性のため先端変位はモーメントに対して線形にならない。

5. 結言

本研究では、偏心荷重に対するプレスと金型の動的な総合精度について検討し、次の結果を得た。

- 1) 偏心荷重によるモーメントに対するスライド(上型)横変位とポンチ先端変位の関係はほぼ線形になる。
- 2) プレスに金型を取り付けた場合、プレス単体の場合に比べスライド(上型)の傾き、スライドと工具先端の変位量を小さくできる。
- 3) 1), 2) に述べた現象を説明するために駆動リンク部、ガイド部の変形や荷重位置などを考慮したスライド変形モデルを提案して、動的挙動を説明した。
- 4) 金型とプレスを組合せた総合精度について、油圧シリンダの圧縮により打抜きのシミュレーションが可能であることを示した。ただし、シミュレーションについては、さらに詳細な実験と考察が必要である。

参考文献

- 1) 関根ほか：塑性と加工，39-448(1998)，447。