CSP（チップサイズパッケージ）用極小径穴打ち抜き金型の研究

進藤　賢士*　　和久井　敏夫*　　舟見　豊*　　宮下　孝洋**　　紫竹　耕司**　　石川　淳**

Study of micro-hole punching metal mold for CSP(Chip Size Package)

SHINDOU Kenji*,　WAKUI Toshio*,　FUNAMI Yutaka*,
MIYASHITA Takahiro**,　SHICHIKU Kouji**　and　ISHIKAWA Atsushi**

抄　録

半導体の実装に使用されるポリイミドフィルムにφ0.1～0.2mm 程度の小径穴を多数個打ち抜くための金型製造技術の確立を目的に研究を行った。対象金型のなかで、ダイプレートとストリッパープレートの材料である硬さが 60HRC 程度の金型鋼に、必要となる小径穴をドリルにて直接加工するための加工条件について検討した。その結果、ドリル回転数は高回転であること、チップロードならびにステップ量は最適値があることを見いだした。

１．緒　　言

近年、携帯電話に代表されるように電子機器の小型化･薄型化･高機能化が進んでいる。これらに用いられる半導体パッケージも小型化が要求され、BGA（Ball Grid Array）構造のCSP（Chip Size Package）が多く用いられるようになってきている。この CSP の基板材料であるポリイミドフィルムにはハンダボールが搭載されるφ0.1～0.2mm 程度の導通用の穴が 0.5mm 程度の間隔で加工される。ポリイミドフィルムへの穴あけにはレーザや金型が用いられる。レーザは加工速度が遅いため量産向きではないが、穴パターンの変更への対応が容易であり、多種少量に向く。また金型を用いた方法は金型費用やメンテナンスに難点があるが､加工速度が速く量産に向いている。

本研究では金型による穴の打ち抜きのための金型設計ならびに金型製造技術について、コストダウンや品質向上を目的として研究を行った。

小径穴の打ち抜き金型製造技術のなかで、ダイプレートとストリッパープレートに打ち抜き穴径とほぼ同一寸法の穴を加工する必要がある。この加工プロセスは通常、熱処理前の鋼材にドリル加工で下穴をあけてから熱処理を行い、硬度を 60HRC 程度にし、その後ワイヤ放電加工にて所定の穴に仕上げている。しかし、工程数・加工時間の面でコスト高になる、仕上げ加工面品質が悪いなどの問題がある。そこで、加工能率や加工精度などの点で優位性があるといわれているドリル加工にて、熱処理済みの金型鋼に直接、所定の小径穴加工を行う技術の確立を目指して研究を行った。

* 株式会社南雲製作所
**研究開発センター

2. 加工機械

小径穴加工実験には高速加工試験装置（東芝機械㈱製 ASV40）を使用した。おもな仕様を表 1 に示す。また、小径穴加工においては回転するドリルの振れが加工に大きく影響すると考えられる。そこで主軸にドリルの代わりにドリルと同一シャンク径（φ3mm）の超硬ピンゲージを取り付けて、静電容量型変位計（ADE 社製マイクロセンス）を用いて振れ量を測定した。測定結果を図 1 に示す。

表 1　加工機械の主な仕様

主軸回転数	3,000～30,000min^{-1}
クーラント	ミスト（田中インポート製ドライカットシステムⅡ）
移動指令最小値	X,Y,Z 0.001mm
NC 設定	ステップ退避 Z 座標 +0.2mm クリアランス 0.2mm

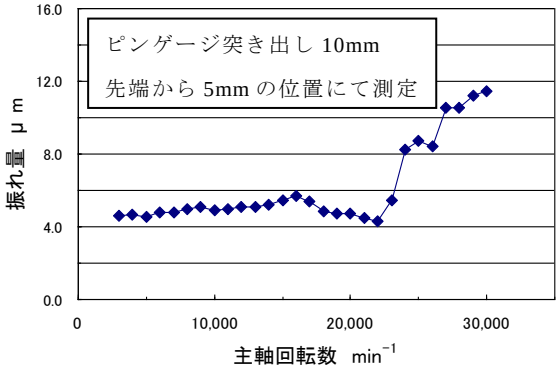

図 1　回転振れ量の測定結果

ピンゲージ先端における振れ量は 3,000～23,000min^{-1} の範囲においては 5μm 前後であるが、これより高回転になると振れ量は増加していく。これは本機械の工具把持方式がコレットチャックであり、回転の増加に伴う遠心力の影響で把持力が低下していくことに起因していると思われる。

3. 金型材

研究対象となる打ち抜き金型のなかで、ダイプレートとストリッパープレートは硬さが 60HRC 程度の冷間金型用鋼を使用する予定である。熱処理性や耐摩耗性などの点から一般的には JIS の SKD11 相当材が使用されるが、熱処理後の当材料は難削材として知られている。実際に目標とするφ0.1mm のドリル加工を試みたところ、すぐにドリルが折損し、加工が困難であった。そこで SKD11 と同等の性能でかつ被削性を向上した材料について調査を行った結果、A 社の鋼材がそのひとつとして可能性があったため、これを対象金型材と想定し、小径穴加工実験に供した。図 2 に SKD11 と A 社鋼材（ともに焼き入れ・焼き戻し処理、60HRC）の金属組織写真を示す。いずれもマルテンサイト素地に未溶解炭化物が存在する組織であるが、SKD11 はこの炭

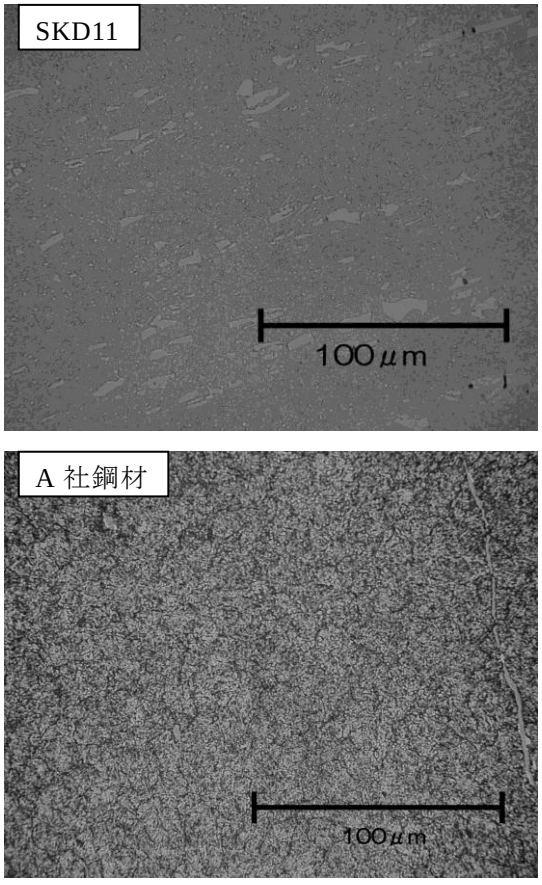

図 2　金型用鋼の金属組織

化物が粗粒である。一般的にいう硬さは両鋼材とも 60HRC（700HV）であるが、ミクロ的にこの炭化物のみの硬度を測定すると 1,300HV 程度とさらに高硬度である。小径ドリル加工になるとこの炭化物の大きさの影響が顕著に現れて、加工が困難になるものと容易に推測できる。一方、A 社鋼材はこの炭化物が微細・分散化されており被削性が向上している。

4. 実験

前記 A 社製の金型用鋼（60HRC、表面粗さ Ra0.02）にφ0.1mm、深さ 1mm の止まり穴加工実験を行った。小径ドリル加工条件としては、

a) 主軸回転数（ドリル回転数）
b) ステップ量
c) チップロード(ドリル 1 回転あたり送り量)

のパラメータが考えられる。これらのパラメータが加工可能穴数（ドリル寿命）に及ぼす影響を実験により、明らかにする。なお、これらのパラメータの組み合わせにより加工条件が決まるが、加工条件としては 1 穴あたりの加工時間が 10 分程度以内になるようにした。

4.1 ガイド穴加工

小径穴のドリル加工においては、本研究のように加工穴のアスペクト比が 10 程度と大きくなると、ドリルの剛性が低くなり、ドリル食い付き時の逃げや曲がりが生じる。そこで、これらの防止のために加工穴と同一径のガイド穴をあらかじめあけておくこととした。ガイド穴加工条件を表 2 に示した。

4.2 使用工具

超硬ドリル（TiN 系コーティング、先端角 120°、溝長 1.2mm)、機械取付け時の突出し長さ 10mm。

表 2 ガイド穴加工条件

使用工具	超硬センタードリル φ 0.1mm、溝長 0.3mm、先端角 90°
回転数	20,000min^{-1}
送り速度	20mm/min
ステップ送り量	20μ m
加工深さ設定	0.1mm

4.3 主軸回転数の影響

チップロードを 1.0μm/rev、ステップ量を 5μm と一定にして、主軸回転数を表 3 に示すとおり 5,000～30,000min^{-1} の範囲で変化させて、穴あけ加工を行い、工具が折損するまでの加工穴数を実験により求めた。表 3 に加工条件と 1 穴あたりの加工時間をまとめた。

表 3 加工条件（主軸回転数変化）

主軸回転数 min^{-1}	送り速度 mm/min （チップロード 1.0μ m/rev）	ステップ 量 μ m	1穴加工 時間 分’秒
5,000	5	5	11’36
10,000	10	5	6’43
15,000	15	5	5’08
20,000	20	5	4’23
25,000	25	5	3’46
30,000	30	5	3’26

主軸回転数と加工穴数の関係を求めた実験結果のグラフを図 3 に示す。

加工機械の振れ量測定結果（図 1）から、加工実験結果の 5,000～20,000min^{-1} の範囲では主軸回転数が高いほど加工可能穴数が多くなる。（15,000min^{-1} では振れ量が大きいため加工可能穴数が低下したと判断する）20,000min^{-1}以上になると振れ量が増大するため回転数の効果よりも振れ量の影響が大きくなり、加工可能穴数の増加につながらないと考えられる。

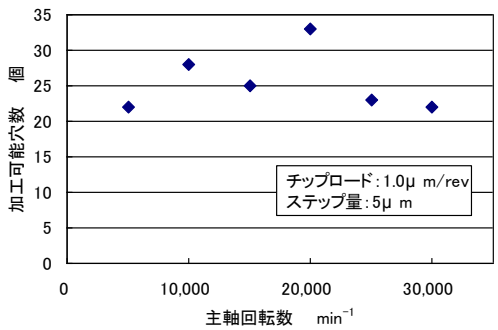

図 3　主軸回転数と加工穴数

4.4　ステップ量の影響

主軸回転数 20,000min^{-1}、チップロードを 1.0μm/rev と一定にして、ステップ量を表 4 に示すとおり 2～10μm の範囲で変化させて、穴あけ加工を行い、工具が折損するまでの加工穴数を実験により求めた。

表 4　加工条件（ステップ量変化）

主軸回転数 min^{-1}	ﾁｯﾌﾟﾛｰﾄﾞ μ m/rev	ステップ量 μ m	1穴加工時間 分’秒
20,000	1.0	2	10’27
20,000	1.0	4	5’19
20,000	1.0	5	4’23
20,000	1.0	8	2’40
20,000	1.0	10	2’10

ステップ量と加工穴数の関係を求めた実験結果のグラフを図 4 に示す。

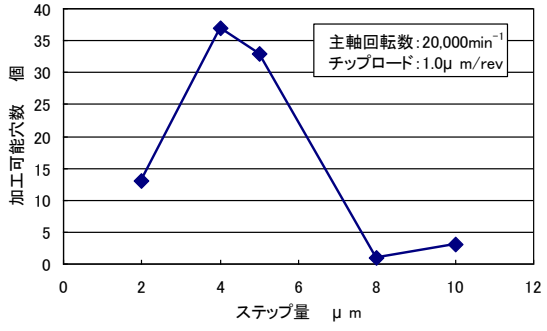

図 4　ステップ量と加工穴数

図 4 のグラフから、ステップ量には最適値があり、本実験においては 4～5μm が最適であり、この値からずれると極端に加工可能な穴数が少なくなり、工具寿命が低下することがわかる。ステップ量が低すぎても寿命低下につながる理由としては“低ステップ量＝工具のワーク突入回数の増加”となり、工具の負荷変動回数が増えることから疲労による折損を起こしやすくなるためと考えられる。

4.5　チップロードの影響

主軸回転数 20,000min^{-1}、ステップ量を 4μm と一定として、チップロードを表 5 に示すとおり 0.5～3.0μm/rev の範囲で変化させて、穴あけ加工を行い、工具が折損するまでの加工穴数を実験により求めた。

表 5　加工条件（チップロード変化）

主軸回転数 min^{-1}	ﾁｯﾌﾟﾛｰﾄﾞ μ m/rev	ステップ量 μ m	1穴加工時間 分’秒
20,000	0.5	4	8’23
20,000	1.0	4	5’19
20,000	1.5	4	4’19
20,000	2.0	4	3’44
20,000	2.5	4	3’21
20,000	3.0	4	3’07

チップロードと加工穴数の関係を求めた実験結果のグラフを図 5 に示す。

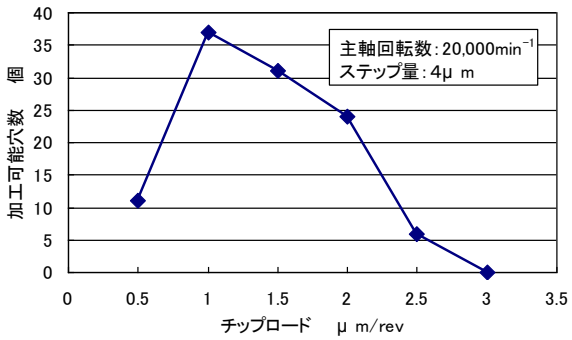

図 5　チップロードと加工穴数

図 5 のグラフよりチップロードに関しても最適値が存在し、本実験の条件の範囲では、1.0μm/rev において加工穴数がピーク値を示し、その前後において減少することがわかった。チップロードが低すぎても寿命が低下する原因としては、チップロードが低いほど工具切れ刃とワークとのこすれ回数が多くなり、これによる発熱等が多くなることから、工具寿命が低下すると考えられる。

4.6　加工穴の外観品位

図 6 に主軸回転数 20,000min^{-1}、ステップ量 4μm、チップロード 1.0μm/rev の条件で 1 本のドリルにて加工した穴について、加工順に 1、13、25 穴目のそれぞれの外観写真ならびに 1～25 穴全体の外観写真を示す。

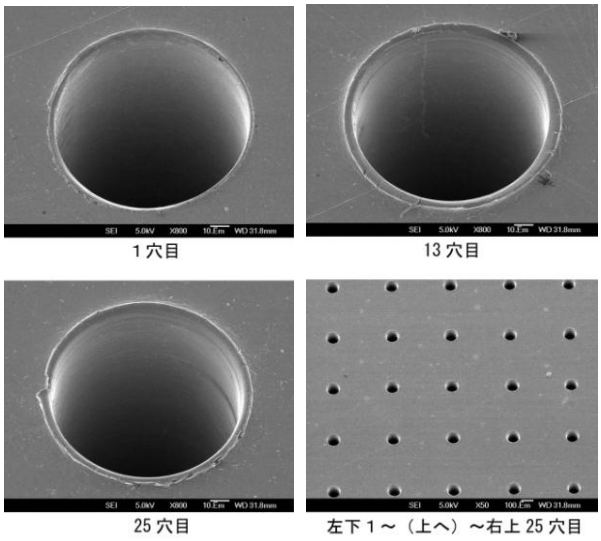

図 6　加工穴の外観写真

穴の内面性状については比較的良好であり、ドリル加工のみで仕上げ面にできる可能性がある。しかし、穴の端面にはバリが発生し、加工の進行に伴い、大きくなっている。

5. 結　　言

極小径穴打ち抜き金型の製造技術のうち、60HRC の金型鋼に対して、ドリル加工で小径穴（φ0.1mm）をあける技術の確立を目指して研究を行い、次のことが明らかになった。

（1）金型鋼への小径穴ドリル加工の可否は鋼材のミクロ的な硬さ分布に大きく影響される。このため鋼材選定には金属組織の面からの検討も必要となる。

（2）小径穴ドリル加工条件について、工具（ドリル)寿命の点から検討した結果、主軸回転数は高いほど良好であり（ただし、振れが小さい範囲)、ステップ量とチップロードには最適値があることがわかった。

（3）加工穴の品位については、穴内面の性状は比較的良好であるが、穴端面には加工による顕著なバリが発生する。今後、このバリを低減するための方策について検討する必要がある。