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（第２報）

石川　淳[**]　進藤　賢士[*]　　和久井　敏夫[*]　　舟見　豊[*]
宮下　孝洋[**]　　紫竹　耕司[**]　　田村　信[***]

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

ISHIKAWA Atsushi[**], SHINDOU Kenji[*], WAKUI Toshio[*], FUNAMI Yutaka[*],
MIYASHITA Takahiro[**], SHICHIKU Kouji[**] and TAMURA Makoto[***]

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。昨年度に引き続き，硬さが 60HRC 程度の金型鋼を対象に，必要とされる小径穴をドリルで直接加工するための加工技術の確立を目指して研究を行い，小径ドリル加工におけるドリル折損予知に関して，切削力（スラスト力）のモニタリングについて検討した。また，小径穴を有するダイプレートの耐久性向上を目的とした表面処理方法について検討した。

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。

本研究では昨年度より，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の研究を行ってきた。

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。この加工について，昨年度は能率や加工面精度などの点で放電加工に対して優位性があるドリル加工にて，熱処理済みの高硬度金型鋼に直接，所定の小径穴加工を行う技術について研究を行い，ドリルの選定，最適加工条件の把握などの知見を得て，実用化への目処を立てた。

本年度は高硬度金型鋼への小径穴ドリル加工技術について，ドリルの折損予知技術の検討を行った。ドリルによる穴あけ加工において，加工中のドリル折損は加工ワークにダメージを与えることが多く，本研究での対象金

*　株式会社南雲製作所
**　研究開発センター
***上越技術支援センター

型のなかで，ダイプレートは多数穴を有することから，ドリル折損の影響は大きく，それまでの加工が無駄になってしまう。

一般に工具折損予知として，切削力や振動加速度，AE（Acoustic Emission）信号などのモニタリングが利用されることが多い [1)]。本研究での小径ドリル加工において，これら信号が折損予知に利用できるか検討した。本報では加工時に発生する切削力の工具送り方向成分（スラスト力）について，検討した結果を記す。

また，昨年度の研究において試作した金型を用いてポリイミドフィルムの打ち抜き試験を行ったところ，目標打ち抜き回数前にダイ穴の顕著な摩耗が観察された。原因としていくつか考えられたが，対策のひとつとして，ダイプレートの耐摩耗性を向上させるための表面処理方法を検討することにした。ここではイオンプレーティングによるCrNコーティングと塩浴窒化処理について，おもにダイ穴内面まで処理可能かというところに観点をおいて検討した結果について記す。

2．工具折損予知に関する実験

2.1　使用機械・機器

小径穴加工実験には空気静圧スピンドルを搭載した高速加工試験装置（東芝機械㈱製ASV40）を使用した。おもな仕様を表1に示す。

表1　加工機械のおもな仕様

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

ドリル加工時のスラスト力測定は図1に示すように水晶圧電式切削動力計（KISTLER社9257B）の上に被削材を取り付けて加工を行い，ドリル送り方向の切削力であるスラスト力を検知する。この検知信号はチャージアンプ（KISTLER社5019A）を介して解析装置（横河電機㈱製 WE7000）に取り込み，スラスト力測定を完了する。

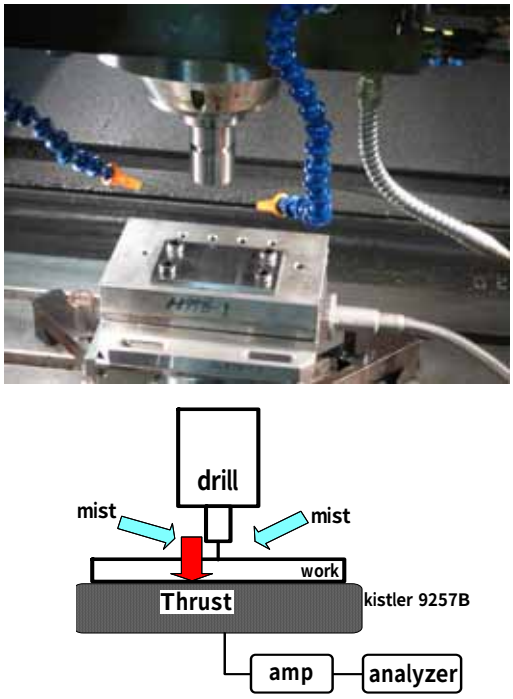

図1　スラスト力測定システムの概略

2.2　加工条件

表2に示す加工条件において，工具折損に至るまでのスラスト力を測定することとした。なお，被削材についてはデータ取得の容易性からプリハードン鋼NAK55（40HRC）とした。また，加工する穴は直径0.1mm，深さ1.0mmの止まり穴である。使用した工具はTiNコーティング超硬ドリル（直径 0.1mm，溝長1.2mm）である。

表 2　加工条件

実験 No.	主軸回転数 (min^{-1})	送り速度 (mm/min)	ステップ量 (μm)
1	20,000	20	15
2	20,000	20	15
3	20,000	20	15
4	20,000	40	15
5	20,000	60	15
6	20,000	20	25
7	20,000	20	25
8	10,000	20	15

2.3　実験結果

図 2 に本実験システムにより測定した小径ドリル加工にともなうスラスト力波形データの一例を示す。図の上段が 1 穴目から折損に至るまでのスラスト力の推移を示し，下段が任意の穴におけるステップごとのスラスト力波形を拡大表示したものである。それぞれ横軸が時間，縦軸がスラスト力を表す。

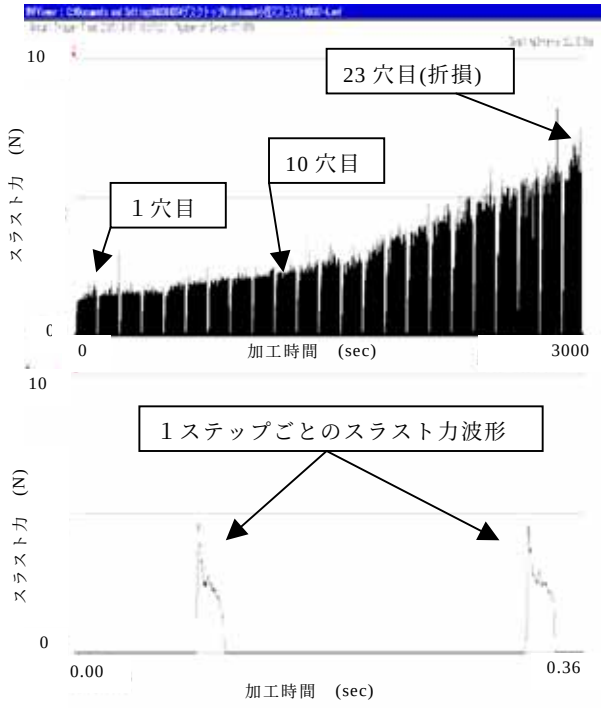

図 2　スラスト力測定波形の例

各実験条件において，波形データからスラスト力の数値を読み取り，加工穴数の進行に伴う推移を図 3 にまとめた。

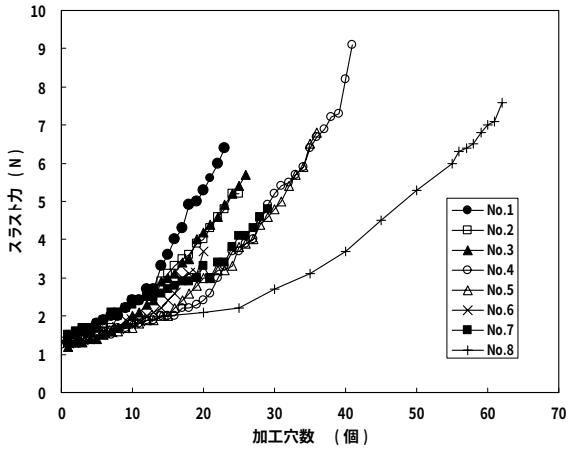

図 3　加工穴数とスラスト力の推移

すべての条件において，加工の進行に伴うドリルの摩耗に起因すると思われるスラスト力の増加推移が読み取れる。一般的に考えると，このような加工状況においてスラスト力がドリル固有のある値に達した場合にドリル折損につながれば，スラスト力のモニタリングによりドリル折損が予防できるといえる。しかし，実験結果では折損直前のスラスト力にはかなりのばらつきがみられる。ドリル回転方向に作用する加工力も考慮しなければならないかもしれないが，実用上困難であるため本研究では断念した。

さらに各条件について，1 穴目のスラスト力 a と折損直前のスラスト力 b を読み取り，これらからスラスト力の増分 (b-a), 比 (b/a), 増加割合 ((b-a)/n) を求めて，表 3 ならびに図 4 にまとめた。

この図から加工条件が同じ (No.1，2，3 ならびに No.6，7) であれば，比 (b/a，図 4 中×印) に関してはばらつきが比較的小さいことから，このパラメータがドリル損傷予知に使える可能性はある。

表 3　スラスト力に関した算出パラメータ

実験 No.	折損時加工穴数 n（個）	1穴目スラスト力 a（N）	折損前スラスト力 b（N）	b-a	b/a	(b-a)/n
1	20	1.74	7.11	5.37	4.09	0.27
2	25	1.41	5.41	4.00	3.84	0.16
3	26	1.41	5.81	4.40	4.12	0.17
4	42	1.22	9.00	7.78	7.38	0.19
5	36	1.26	6.78	5.52	5.38	0.15
6	20	1.30	3.67	2.37	2.82	0.12
7	29	1.48	4.93	3.45	3.33	0.12
8	62	1.52	7.60	6.08	5.00	0.10

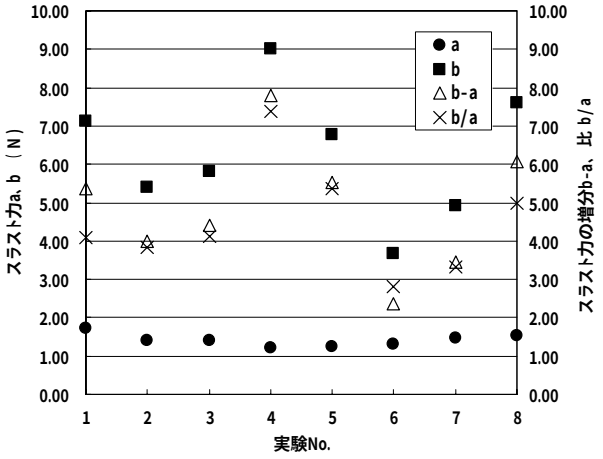

図 4　スラスト力に関した算出パラメータ図示

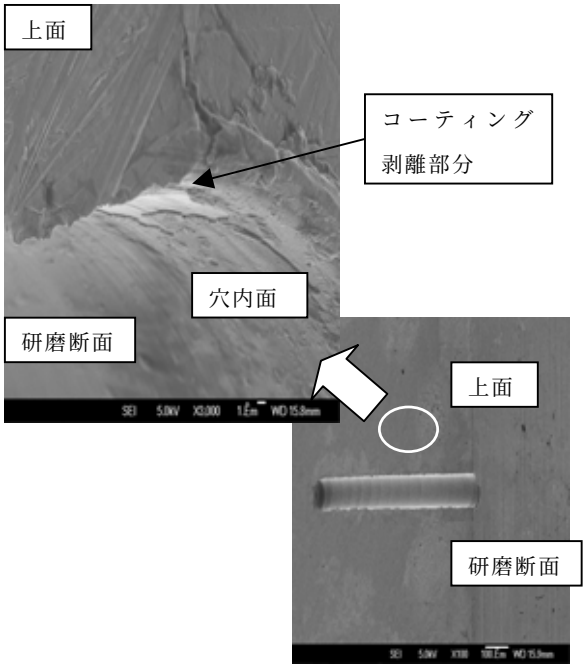

図 5　ダイプレート穴付近の成膜状態観察像

3．ダイプレートへの表面処理の検討

3.1　イオンプレーティング

ダイプレートのモデルとして直径 0.1mm，深さ 1.0mm の穴を 0.5mm ピッチで格子状に 25 個配した鋼材プレートを用意した。このプレート上面からイオンプレーティングにより，CrN コーティングを施した。イオンプレーティング処理については外注し，前処理等標準的な条件で処理した。この CrN コーティングしたサンプルについて，穴断面が観察できるように試料研磨機を用いて除去研磨を行った。

図 5 にサンプルの断面 SEM 観察像を示す。サンプル上面には厚さ 0.5μm 程度の CrN 膜が成膜していた。穴内部については元素分析などから入り口近傍は成膜しているものの深部に従い膜厚は減少しており，およそ穴直径と同一深さ（約 0.1mm）までしか成膜されていないことがわかった。

3.2　塩浴窒化処理

イオンプレーティングのような PVD によるコーティングでは穴内部までの表面処理が不可能であったため，窒化処理による金型の耐摩耗性向上について検討した。前節イオンプレーティングと同様のダイプレートモデルを用意して塩浴窒化処理(タフトライド処理)を行った。この処理も外注による標準的な条件により行った。図 6 にサンプルの断面 SEM 観察像を示す。

サンプル上面は 50μm，穴内部は深部においても 20～30μm 窒化されているのが観察できる。このことから小径穴内部の耐摩耗性向

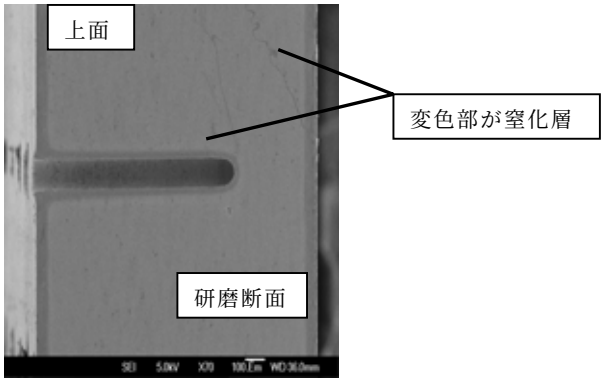

図 6　ダイプレート穴付近の窒化状態観察像

上を目的とした表面処理方法として塩浴窒化処理が有効であることがわかった。しかし，表面には窒化鉄と思われる数 μm の黒色被膜が形成されていた。この被膜はピンを通すことにより除去可能であるものの，工程が増えてしまう課題が残った。

4．結　　言

極小径穴打ち抜き金型に関する研究の中で，おもにダイプレート製造に必要となる技術に関して研究を行い，以下のことが明らかになった。

(1) 小径ドリル加工におけるドリル折損予知に関して，システム構築が簡易な加工スラスト力のモニタリングについて検討した結果，スラスト力の比のモニタリングが折損予知に使用できる可能性があった。

(2) 小径穴を有するダイプレートの耐久性向上を目的とした表面処理方法について検討した結果，塩浴窒化処理が有効である。

参考文献

1) 相田，稲崎，福岡，”AE を利用した工具チッピング検出システムの開発”，日本機械学会論文集（C 編），52，481，1986，p2,563-2,568.