

室蘭工業大学 ○岩崎 征英 佐藤 直久 横内 弘宇  
東芝タンガロイ(株) 平中 誠 津坂 英夫

要旨

今日、プリント基板は小径深穴加工が要求され、その結果穴位置精度誤差が問題とされて来ている。本研究は穴あけにおける初期迷走、曲がりに対する加振の効果を検査するものである。評価法については貫入、貫通両側の穴位置のばらつきを見る他にGallowayによる解析との比較を元にする方法も検討した。

1.緒言

現在、プリント基板は高密度化の要求により多層化、導体幅や導体間隙の狭小化などが進められているが、小径深穴加工が要求されるに伴い曲げ剛性や強度の低下などにより、ドリルの破損や曲がりによる穴位置精度誤差が問題とされて来ている。本研究はドリルの曲がり抑制、穴位置精度向上を目的に加振穴あけでの実験を行ない、その評価としてドリルの加工誤差に関して現在でも広く利用されているGallowayによる曲がり解析結果との比較を行ない加振穴あけ法の有効性を検討した。

2.実験方法

穴あけ装置としてNC縦フライス盤(牧野フライス, KNCP-70)に高周波スピンドル(東芝タンガロイ, TPF-2008-ATC)を装着し, Table.1に示す超硬ドリルを使用し, 被削材は板厚1.6mm外層銅箔18 $\mu$ mの両面基板(FR-4, ガラスエポキシ基板)を用い, この基板を2枚重ねて当て板(Al板, 0.15mm)と捨て板(紙フェノール, 1.6mm)の間にはさみ実験を行なった。穴あけのピッチは2mmで切削条件はTable.2に示す。加振はスピンドルに取付けたFoot press(空気がねを利用した穴あけ時の基板浮き防止のため加工直前に基板を抑えつける治具)の先端に圧電素子(Tokin, NLA-5 $\times$ 5 $\times$ 9)を組み込み, 基板の穴加工位置周辺にドリル軸方向の振動を加えながら穴あけを行った。

Table.1 Specification of used drill 東芝タンガロイ PXL-040 Diameter : 0.4mm Flute length : 6.3mm Margin width : 0.03mm Point angle : 130° Web thickness : 0.08mm Helix angle : 30°	Table.2 Drilling condition Spindle speed : 60k r.p.m Feed rate : 1.2m/min Vibrance frequency : 0,1,3,7kHz
---	--

穴位置測定は各々100,500,1000,2000,3000,4000hit終了後

にドリル切刃第1逃げ面の摩耗状態を顕微鏡測定し, この直前の各100穴(10 $\times$ 10)について CCDカメラ及び画像処理機能を有する測定機(Q-SEE, OGP社)を用いて測定する。ここでサンプリングを行なった測定

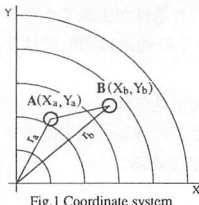


Fig.1 Coordinate system

格子と最小二乗法により決定されたピッチ2mmの理想格子(18 $\times$ 18mm)との比較を行ない両格子点の穴位置精度誤差を比較し, この時のドリル食い付き側, それに対応する貫通側であけられたそれぞれの穴をA<sub>i</sub>(X<sub>a</sub>, Y<sub>a</sub>), B<sub>i</sub>(X<sub>b</sub>, Y<sub>b</sub>)とし(i=1~100), このデータを元に穴位置精度評価を行なう。(Fig.1)

3.穴位置精度の評価

Galloway<sup>1)</sup>はドリルを均一形状梁と仮定し, シャンク部固定で先端のみが切削を行ないその他の部分では束縛がない物とし, ドリルの変形と加工誤差について解析を行ない次式を導いた。

$$r_b = r_a \exp\left(\frac{3p}{2l}\right) \dots\dots (1)$$

ここでr<sub>b</sub>は任意の加工深さpでの回転中心からの変位, r<sub>a</sub>は加工開始点での初期変位, lはドリル張り出し長さである。

4.実験結果および考察

Fig.2(a),(b)はそれぞれ通常穴あけ, 加振周波数1kHzにおける100hit時の貫通側での穴位置測定結果を平面座標にプロットしたものである。

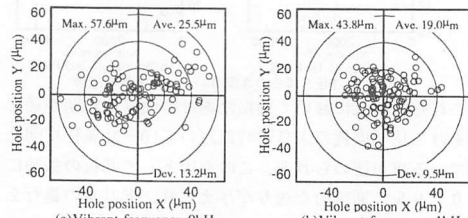


Fig.2 Hole position accuracy (at100hit)  
Measured face: Bottom of 2nd PWB

Fig.3(a),(b)はそれぞれ100hit時の通常穴あけ, 加振周波数1kHzの場合, 横軸に中心からの食い付き側の変位r<sub>a</sub>, 縦軸に貫通側の変位r<sub>b</sub>をとり分布状態を示したものであり, 実線はGallowayの理論値, 破線は測定値の傾きの平均である。これによると, (b)は(a)に比べ曲がり小さく, 分布状態が狭い範囲に集中している事が確認できる。

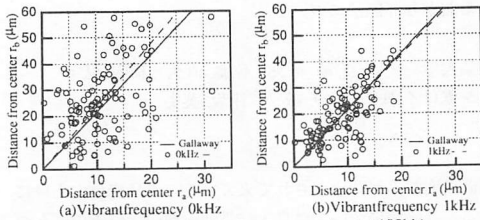


Fig.3 Relationship between  $r_a$  and  $r_b$  (at 100hit)

Fig.3の結果を元にhit数に対する $r_a/r_b$ の関係を示したものがFig.4である。この結果、数点を除いて加振穴あけが通常穴あけに比べ穴の曲がり抑制の傾向を見せている。またGallowayのモデルとの比較を行なうと、全周波数域において理論値にほぼ近い値にあり、マイクロドリルの場合においてもこの理論が適用可能であると考えられる。

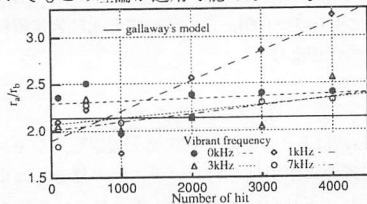


Fig.4 Compared with Galloway's model

Fig.5は分布の状態を特徴付けるため平均値より外側に分布した穴に対し標準偏差をとり平均値に加えたものをばらつき度合いと定義し示した物である<sup>2)</sup>。

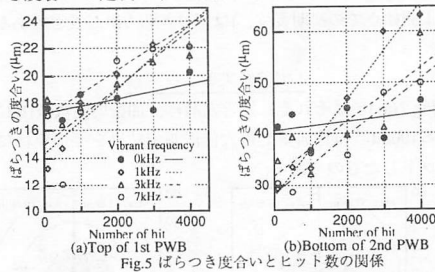


Fig.5 ばらつき度合いとヒット数の関係

これらの結果において加振穴あけの穴位置精度が通常穴あけに比べ摩耗の未発達時において10~20%程度向上している事が認められる。この要因として基板の振動によりドリルに断続的な送りが与えられ、ドリルの進行を修正しながら穴あけが行われるステップ・フィード穴あけ法に似た効果が得られたためと考えられる。摩耗の発達に伴い加振穴あけでの穴位置精度向上が見られなくなってくるが、これはFig.6の切れ刃外周部摩耗量の測定結果(切れ刃第1逃げ面の寸法は40 $\mu$ mであるので、上限40 $\mu$ mにプロット)より明らかな様に、摩耗の進行が通常穴あけに比べて大きいためであり、切れ刃が鋭い間はドリルに直進性を与えるが切れ刃の摩耗進行に伴い切削抵抗が増し加振の効果が減少してきているためであると考えられる。

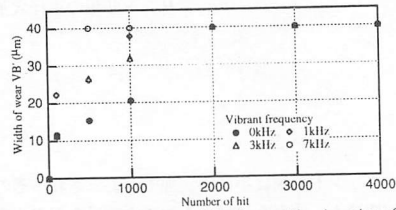


Fig.6 Relationship between width of wear  $vb'$  and number of hit

Fig.7は実際使用しているドリル形状の実測値を元に初期偏心量を持つ軸方向荷重負荷の場合の静的曲げ挙動を数値解析したものであるが、軸方向の負荷の増大に伴い変位が増大される結果となっている。この結果からも切削抵抗の増大に伴いドリルの進行の直進性が阻害されるという事がわかる。

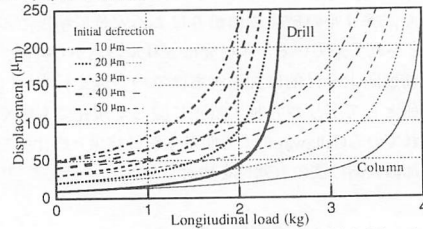


Fig.7は実際使用しているドリル形状の実測値を元に初期偏心量を持つ軸方向荷重負荷の場合の静的曲げ挙動を数値解析したものであるが、軸方向の負荷の増大に伴い変位が増大される結果となっている。この結果からも切削抵抗の増大に伴いドリルの進行の直進性が阻害されるという事がわかる。

Fig.8は非接触変位計(サンテクノ, OM-15D)を用いた基板表面の振動測定結果であるが加振周波数の増大に伴い振幅量は減少傾向にある。これは加振に用いた圧電素子の特性に起因すると考えられる。

Fig.8 Relationship between displacement of PWB and vibrant frequency

これらの結果を元に今後さらに低周波域で振幅量を増した条件での実験を行なうことを計画している。

## 5. 結言

- 1) 摩耗初期において加振穴あけ法の有効性が実証できたと考えられる。摩耗発達時における効果は明瞭ではなく追従を要する。
- 2) 一般に加振は摩耗を助長する傾向が見られた。
- 3) Gallowayによるドリルの加工穴誤差の理論の適用がマイクロドリルの場合においても可能である。

## 参考文献

- 1) Galloway, D.F. "Some Experiments On The Influence of Various Factors on Drill Performance", AM Soc Mech Engrs, (Feb 1957) p191-231
- 2) 平中誠"プリント基板の小径穴における曲がりに関する研究", JSPE-59-01, 93-01-119