

要旨

今日、配線板（プリント基板）の穴あけ加工においては小径深穴化が進み、その結果曲がりによる穴位置誤差が問題とされて来ている。本研究ではそのような問題に対して穴位置精度向上を目的とした加振穴あけ法を試みその効果を調査した。評価は食いつき、貫通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も行った。

1.緒言

高密度化、多層化が要求されるプリント基板において導体幅や導体間隙の狭小化などに伴って穴あけ加工において小径深穴化が進んでいる。使用ドリルの小径化による曲げ剛さや強度の低下のためドリルの折損や曲がりによる穴位置精度誤差が問題となっている。そのため本研究では、穴位置精度向上を目的に、内蔵圧電素子によりドリルに振動を与えながら穴あけを行うピエゾ加振スピンドルを用いて穴あけ実験を行った。さらに先に行われた、内蔵コイルにより加振穴あけを行う電磁コイル加振スピンドルでの実験結果との比較を行い、加振穴あけが有効である条件について検討した。

2.実験方法

穴あけ装置はNC縦フライス盤(牧野フライス, KNCP-70)に図1の様な振動(無負荷時)を発生するピエゾ加振スピンドル(東芝タンゴロイ)を装着し、表1に示す超硬ドリル(同)を

TOSHIBA TUNGALOY : PXL-040 Diameter : 0.4 mm Point angle : 130° Flute length : 6.3 mm Web thickness : 0.08 mm Margin width : 0.03 mm Helix angle : 30°

表1 使用ドリル

を使用した。被削材は板厚1.6mm外層銅箔18μmの両面基板(ガラスエポキシ基板, FR-4)を用い、この基板を2枚重ねて当て板(A1板, 0.15mm)と捨て板(ベークライト, 1.6mm)の間にはさみ実験を行なった。切削条件及び加振条件を表2に示す。

Aグループ ドリル回転数: 60k r.p.m. 送り速度: 1200mm/min 加振条件: 0 kHz (Normal) 0.5 kHz-3.96μm 1.0 kHz-0.26μm
Bグループ ドリル回転数: 30k r.p.m. 送り速度: 300mm/min 加振条件: 0 kHz (Normal) 0.45 kHz-4.12μm 0.5 kHz-2.64μm 1.0 kHz-0.49μm

表2 切削条件及び加振条件

100,500,1000,2000,3000,4000hit 終了後にドリル切削第1逃げ面の摩耗状態を顕微鏡測定し、この直前の100穴(10×10)についてCCDカメラ及び画像処理機能を有する座標測定機(OGP社, Q-SEE)を用いて穴位置を測定する。

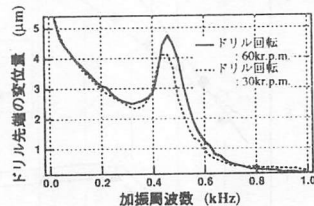


図1 ピエゾスピンドルによる加振

3.穴位置精度の評価

測定値と最小二乗法により決定されたピッチ2mmの理想格子(18×18mm)との比較を行ない穴位置誤差を得た。

この時のドリル食いつき側、それに対応する貫通側で穴位置をA_i(X_{ai}, Y_{ai}), B_i(X_{bi}, Y_{bi})とし(i=1~100), このデータを元に穴位置精度評価を行なう。(図2)

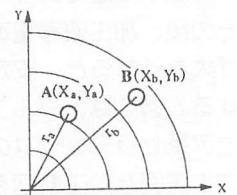


図2 穴位置誤差

評価に用いたGallowayの解析¹⁾を以下に示す。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ものとし、ドリルの変形と加工誤差について次式を導いた。

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

ここでr_bは任意の加工深さpでの回転中心からの変位, r_a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り、これらによってr_a/r_bは一定値をとることになる。

4.実験結果および考察

図3はAグループの通常穴あけにおける1000hit時の、食いつき側、貫通側双方の穴位置測定結果をプロットしたものである。

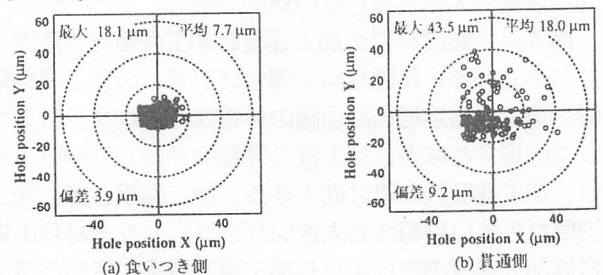


図3 穴位置の例

この結果を元に各穴位置の理想格子中心からの変位の平均に標準偏差を加えたものを”ばらつき度合い”と定義し、図4に示す。切削条件の違いからBグループのほうがばらつきは大きい。それぞれで通常穴あけと加振穴あ

けを比較すると食い付き側におけるドリルの初期迷走の抑制においては、A、Bグループとも加振の効果ははっきりしない。しかし貫通側において、特に0.5kHz近傍で若干の効果がみられる。切削中のドリルの曲がり抑制における加振の効果はBグループのほうが多少良く出ている。

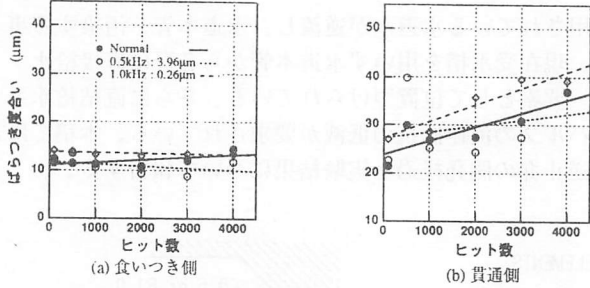


図4-1 ばらつき度合い (Aグループ)

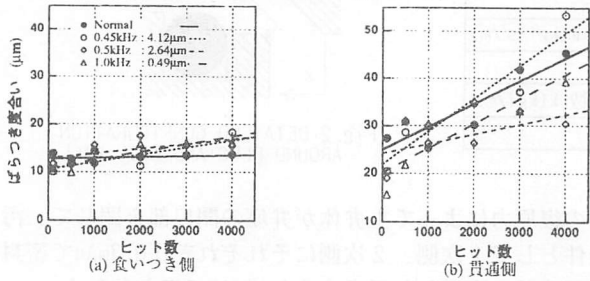


図4-2 ばらつき度合い (Bグループ)

図5は食い付き側での変位 r_a に対する貫通側の変位 r_b の比の値である離心率 r_b/r_a を100個の測定値で平均したものを示す。この値とGallawayの比例定数との比較は穴の曲がり易さの定量的な評価を与える。ここでもBグループにおいて加振による曲がり抑制の効果がみられる。

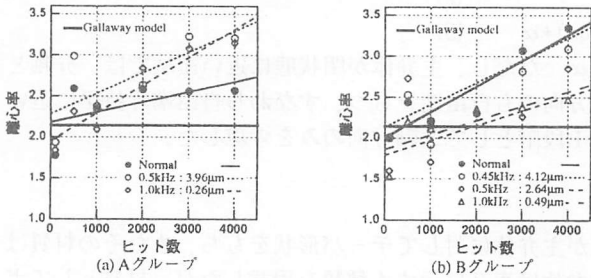


図5 離心率

次に、一昨年行われた、電磁コイル加振スピンドルでの穴あけ実験²⁾との比較を行う。対象は切削条件の等しいAグループである。図6にコイル加振スピンドルのばらつき度合い、図7に離心率を示す。

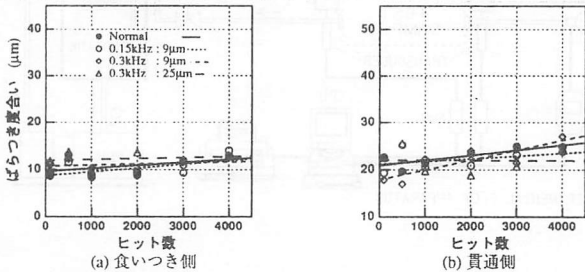


図6 ばらつき度合い (コイル加振スピンドル)

スピンドルが異なるため直接的な比較は困難だが、図4と図6、図5と図7においてそれぞれで通常穴あけと加振穴あけを比較するとコイル加振で穴位置精度の向上が見られる。

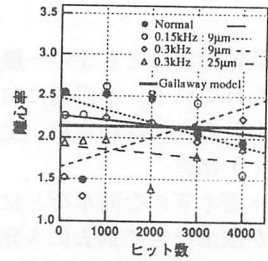


図7 離心率 (コイル加振スピンドル)

5. 検討

以上の結果から、加振穴あけの効果は切削条件及び加振条件に大きく左右されることが分かる。切削条件ではドリル回転数と送りと共にAグループより小さなBグループに効果が見られる。これはドリル回転数と送りが共に小さくなったため相対的に振動が大きく働いたためであろう。加振穴あけの効果は、複数回のスピンドルの往復によりドリルを引き上げながらその進行を修正し穴あけを行うステップフィード穴あけ法と同様なものと思われる。ピエゾ加振の場合、振動速度振幅は図1により49~373mm/minとなり、送り速度1200mm/minのAグループは振動が送りの動きに埋没してしまっていることが分かる。ドリル一刃当たりの送りはAグループが10μm/edge、Bグループが5μm/edgeであり、加振の振幅がこの値に近いほど効果的であったといえる。加振条件においても、ドリル回転数60kr.p.m.、送り速度1200mm/min(10μm/edge)という切削条件で、ピエゾ加振(振幅4.12μm、速度振幅373mm/min)よりもコイル加振(同25μm、1415mm/min)のほうに効果が見られ、上記のことと同様のことがいえる。加振周波数の影響については実験数の少なさからはっきりしたことは言えないが図5や図7を見る限り送り速度に対する振動速度振幅比が大きいものが概して良いといえる。

加振、非加振で比べれば、コイル加振スピンドルの実験では加振穴あけはドリル磨耗が大きく、一方今回のピエゾ加振スピンドルの実験の場合、加振と非加振では明確な違いは見られなかった。しかしながら、ドリル磨耗進行速度はピエゾ加振スピンドルによる本試験の場合のほうがコイル加振スピンドルによる前試験よりも全般的に大きい。磨耗の進行による切削抵抗の増加は穴位置精度の低下の原因となるため、ピエゾ加振スピンドルにおいて全般的にばらつき度合いが大きくなったと思われる。

6. 結言

ドリル送り速度に対する振動速度振幅比が大きい場合加振による穴曲がり抑制効果はある程度期待できる。

参考文献

- Gallaway, D.F. "Some Experiments On The Influence of Various Factors on Drill Performance", AM Soc Mech Engrs, (Feb 1957) p191-231
- 岩崎征英 "小径ドリリングにおける曲がり及びその抑制に関する研究" 室工大学位論文 (1994.1)