

プリント基板の小径穴あけにおいて、穴の曲がり問題となっている。径0.4mm、溝長6.3mm、ねじれ角30°の超硬ドリルについて、回転時に先端に静的集中横荷重を受けたとし、その時の曲げ剛性、曲げによるドリル先端たわみ量に関する数値計算を行ったものである。さらに、ドリルのねじれ角を変化させた場合についての計算も行った。

1. 緒言

電子機器の高密度化、高精度化、及び高信頼度化の実現は、半導体高集積度技術とプリント配線基板の採用によって可能となった。これらの高度化にともないプリント基板の穴あけ加工には小径の穴あけ加工が要求されてきている。しかし、この穴あけ加工には技術的に難しい点、不明な点が数多くある。

小径化にともない、最近、プリント基板穴あけ用のドリルは、普通径のドリルとは異なり小径穴加工のため相対的に穴のアスペクト比（穴深さ／穴径の比）が大きくなるためドリルの曲げ剛性と強度の低下、溝の狭小化による切屑排出性の難しさからドリルの折損やドリルの曲がりによる穴位置精度誤差が新たな問題となって重要視される。

前報¹⁾では、4種類の基板を用いて二三の切削条件に対して、ドリル寿命に至るまでの過程における穴の曲がりに関する調査及び検討を行ったが、曲がりの量はドリル喰付き時の穴位置精度に大きく影響されることがわかった。従って、ドリルの剛性は曲がりの進行に関してよりは、喰付きの偏位に関して重要である。

そこで本研究では、ドリル回転時に先端に静的集中横荷重を受けることを想定し、その時の曲げ剛性及び先端たわみ量に関する数値計算を行った。さらに、ドリルのねじれ角を変化させた場合の計算も行った。

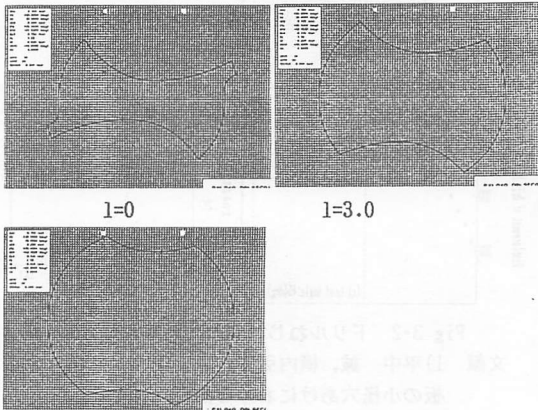


Fig 2-1 ドリル断面形状

2. 解析方法

ドリルの3ヶ所（先端から0, 3, 6mmの位置）の断面（Fig 2-1）からドリルの回転及び芯厚テーパによるドリル断面形状の変化を考慮し、Fig 2-2, 2-3に示すように先端からの距離 l における最大断面二次モーメント $I_1(l)$ 、最小断面二次モーメント $I_2(l)$ 、断面相乗モーメント $I_{12}(l)$ 、及び主軸 $I_2(l)$ からチゼルエッジへの角度 $\phi(l)$ の変化を求めた。

この場合、内挿3次スプライン曲線を用いた。

次に、Fig 2-4, 2-5に示すように、ドリル先端断面のチゼルエッジに対し4つの方向(0°, 30°, 60°, 90°)から荷重が加えられる場合の解析を行う前に、ドリルのリーディングによるねじれ回転角($\theta_g(l)$)は軸に垂直な各断面において、チゼルエッジの方向を基準とした。

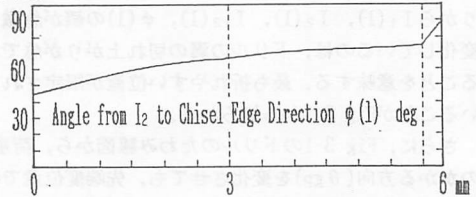


Fig 2-2 l と $\phi(l)$ との関係

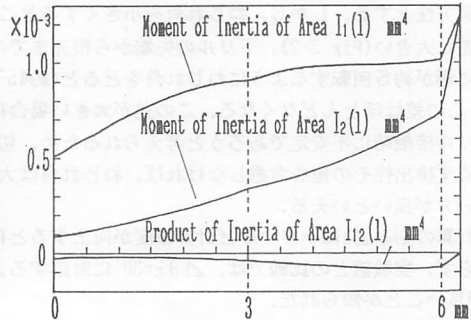


Fig 2-3 l と $I_1(l)$, $I_2(l)$, $I_{12}(l)$ との関係

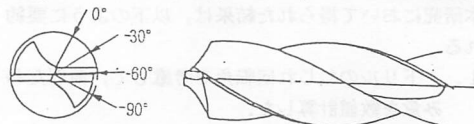


Fig 2-4 荷重Pの方向

$$\theta_g(l) = 2\pi(\tan(\pi/6)/\pi d)l \quad (1)$$

l: ドリル先端からの距離(mm), d: ドリルの直径(mm)
 $\theta_g(l=0)$ から横荷重Pの加えられる方向への角度を θ_{gp}
 $(-\pi/2 < \theta_{gp} < 0)$ とすると, 主軸 $I_2(l)$ から荷重Pに
 関する断面二次モーメントの軸の方向は, 主軸 $I_2(l)$
 からの角度で表し $\theta_{qp}(l)$ とする。 $\theta_{qp}(l)$ は, 次式で
 表される。

$$\theta_{qp}(l) = \phi(l) - \theta_g(l) - \theta_{gp} - 2\pi \quad (2)$$

$\theta_{qp}(l)$ が求められれば, 荷重Pがかかる方向, ドリル
 のねじれ回転角を考慮したPに関する断面二次モー
 メント $I_{qp}(l)$ の変化が次式により容易に求められる。

$$I_{qp}(l) = I_2(l)\cos^2\theta_{qp}(l) + I_1(l)\sin^2\theta_{qp}(l) - 2I_{12}(l)\sin\theta_{qp}(l)\cos\theta_{qp}(l) \quad (3)$$

Δl をねじれ回転角($\Delta\theta_g=15^\circ$)に対する軸長さとし,
 $M(l)$ によって, このエレメントが単純曲げを受けるとし,
 剪断については無視した。即ち, エレメント梁の
 最大たわみ角 $\Delta\theta_m = M(l) \cdot \Delta l / (E \cdot I_{qp}(l))$, エレメント
 梁の変位 $\Delta y = \Delta\theta_m \cdot \Delta l / 2$ であり,

$$y(l) = \sum(\sin\theta_m(l) \cdot \Delta l + \cos\Delta\theta_m \cdot \Delta y) \quad (4)$$

ここで, $\theta_m(l) = \sum\Delta\theta_m$

以上の方法でドリルのたわみ曲線を求めた。

3. 解析結果

Fig 2-2, 2-3をみるとドリル先端から6mmを越えた辺
 りから $I_1(l)$, $I_2(l)$, $I_{12}(l)$, $\phi(l)$ の値が急激に
 変化しているのは, ドリルの溝の切れ上がり急である
 ことを意味する。最も折れやすい位置が限定されて
 いることがFig 3-1から知られる。

さらに, Fig 3-1のドリルのたわみ線図から, 荷重P
 のかかる方向(θ_{gp})を変化させても, 先端変位量が数
 ミクロン程度の差しか現れなかった。この差をたわみ
 量異方性とする。しかし, ねじれ角を小さくするとこ
 の差は大きい(Fig 3-2)。ドリルの先端から根元まで
 の間に溝が約5回転するようにねじれ角をとると(約 45°),
 この差はほとんどなくなる。この差が大きい場合は,
 ドリル接触時に不安定であろうと考えられるため, 切
 りくず排出性その他を考慮しなければ, ねじれ角は大
 きい方が良いといえる。

計算の刻み Δl は小さいほど計算精度が向上するとは
 限らず, 実験値との比較では, $\Delta\theta_g=30^\circ$ に対応する Δl
 が良いことが知られた。

4. 結言

本研究において得られた結果は, 以下のように要約
 される。

1. ドリルのねじれ回転角を考慮して, 曲げたわ
 み量を数値計算した。
2. ねじれ角を変化させてドリル接触時に安定な

ねじれ角を求めた。

3. 刻み Δl を吟味すれば, 正確なドリル曲げに
 関する計算が可能となることを確かめた。
4. この計算法は, ドリル設計に応用可能である
 と考えられる。

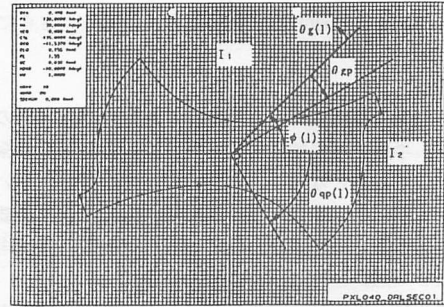


Fig 2-5 ドリル先端断面の角度関係

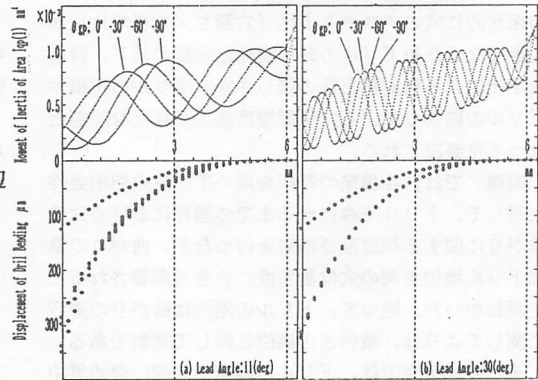


Fig 3-1 $I_{qp}(l)$ と l の関係(上)ドリルたわみ線図(下)

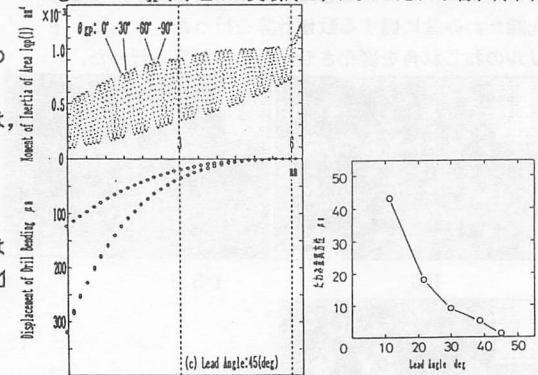


Fig 3-2 ドリルねじれ角とたわみ量異方性

文献 1) 平中 誠, 横内弘字, 津坂英夫: プリント基
 板の小径穴あけにおける曲がりに関する研究,
 精密工学会春季大会講演論文集, (1990), 309.