

# 電子回路基板のドリル・ルータ加工入門 (第6回)

ユニオンツール株式会社  
津坂 英夫

## 7. 各種基板材料の穴加工と加工事例

### 7.1 極小径穴加工

#### (A) 微細径 (0.1mm 未満径) の穴加工

基板の0.1mm以上の穴加工は、現在では量産化され一般的な加工となっているが、0.1mm未満となると、量産化は一部で行われているが、課題も多く容易ではないが、これから本格的に立ち上がってくると期待されている。特に、需要面ではこの数年間で急速に増加しつつある。用途としては、メモリーや小型高密度化が求められるSIP、POP系のCSP、モジュール用またはCSPサブストレート基板がその主なものである。

微細径の穴あけで最も重要でかつ難しい課題は、特にドリルの折損問題に対する信頼性であり、同時にレーザとの比較における生産性である。微細穴加工が普及した背景には、高速回転・高精度穴明け機、樹脂付き当て板や新形状のドリル開発など著しい技術革新が行われた結果である。これにより、一時期レーザ加工で行われていた0.1mm径の穴あけが信頼性や品質面でドリルによって行われるようになってきた。

最近の研究において、極小径のアスペクト比が10を越えるような加工で、アルミ板上に適度の柔らかさを持った樹脂層などが付いている当て板を使う場合においては、ドリルが当て板に食いつく瞬間に自己求心作用が働き、たとえスピンドルへの取り付け後のドリルの振れ幅が100ミクロン位（ドリル径と一緒）あっても、瞬間的にスピンドルの回転中心上に収束し折損せずに穴加工が行われていくことが分かった。

電子回路基板の微細穴加工は、現状、50ミクロン位までは可能であり、一部に使われている。ここではいくつかの微細穴加工の加工事例について紹介する。

図7-1は、ドリル径50ミクロンの加工事例で、サブストレート用の0.1mm厚さの基板を2枚重ねで想定したものであるが、50ミクロンのドリルでは溝長も1mm以下になっており、重ね枚数には自ずと加工限界がある。非常に折損しやすいため、薄くて加工負荷のかからない当て板が必要である。ドリルの剛性を確保するために、心厚比（径に対する心厚の比）が50%を越える場合もあり、必然的にアスペクト比が大きく穴が深い加工は切りくずの排出性が困難となり、折損トラブルとなる。穴位置精度も機械の位置決め精度に近い20ミクロン以下で、内壁粗さも良好である。

図7-2は、ドリル径75ミクロンの加工事例で、サブストレート用の0.1mm厚さの基板を3、4枚重ねで想定したものであるが、75ミクロンのドリルでも溝長は1mm程度しかなく重ね深さは自ずと加工限界がある。これも50ミクロンドリルと同様に心厚比が大きく、切りくず排出溝比が大きくとれず切りくず排出の限界から、アスペクト比が5～6が限界となっている。薄めの微細径用樹脂付きアルミの当て板を使い、この事例では4枚重ねても、穴位置精度は25ミクロン以下であり、粗さも非常に良好である。

0.05と0.075ではわずか25ミクロンの径の差であるが、加工可能な重ね枚数も倍になるなど、この微細径の領域ではわずか5ミクロン10ミクロンの径の差がドリルの加工限界や信頼性に大きな影響を与える。

### 微細径ドリル加工事例 $\phi 0.05$

サブストレート基板 (6/6  $\mu\text{mCu}$ ) 基材厚み0.1 (両面板)  $\times$  2枚重ね ドリル径: 50ミクロン  
 回転数: 300krpm 送り: 1.5m/min チップロード: 5  $\mu\text{m/rev}$  加工寿命: 3,000hits

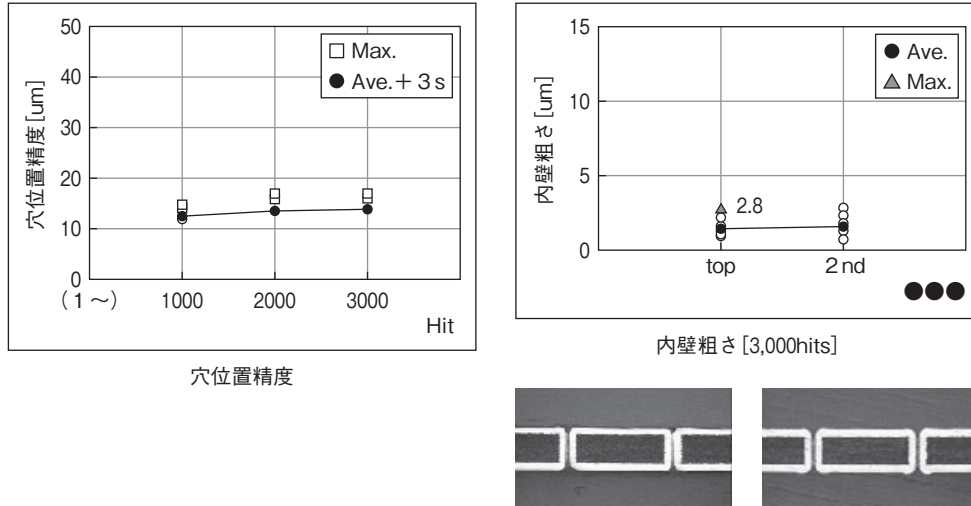


図 7-1 微細径0.05mm の加工事例

### 微細径ドリル加工事例 $\phi 0.075$

サブストレート基板 (6/6mmCu) 基材厚み0.1 (両面板)  $\times$  3枚、4枚重ね ドリル径: 75ミクロン  
 回転数: 300krpm 送り: 1.5m/min チップロード: 5  $\mu\text{m/rev}$  設定寿命: 3,000hits

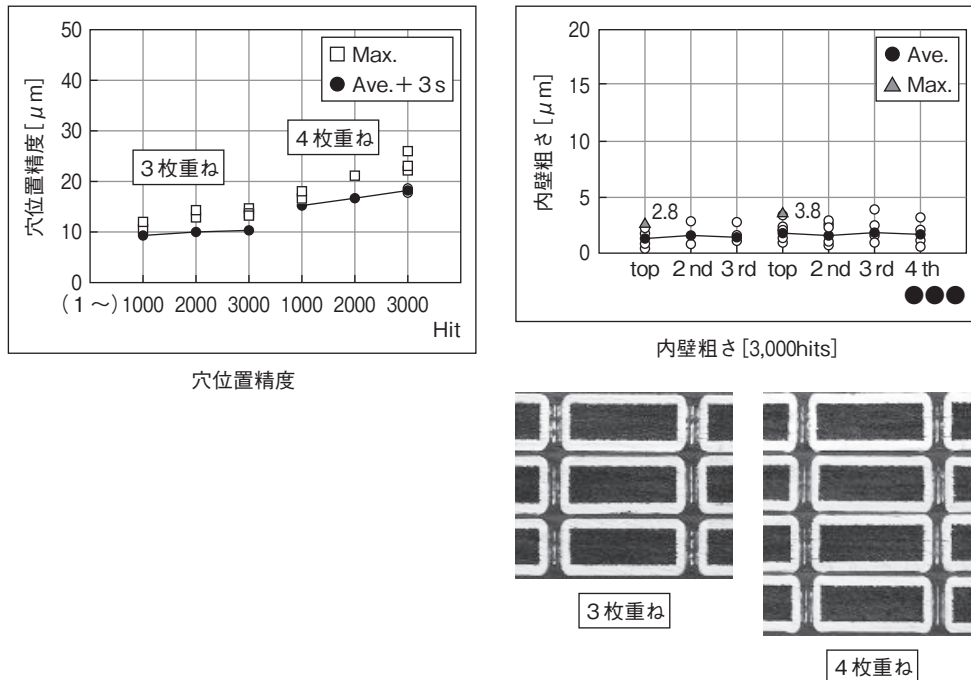


図 7-2 微細径0.075mm の加工事例

| ドリル径  | 基板厚 mm | 量産レベル 重ね枚数 | 将来的課題 重ね枚数 |
|-------|--------|------------|------------|
| 0.05  | 0.1    | 1          | 2          |
|       | 0.2    | 1          |            |
| 0.075 | 0.1    | 3          | 4          |
|       | 0.4    | 1          | 2          |
| 0.1   | 0.1    | 6          | 7～8        |
|       | 0.4    | 2          | 3          |
| 0.12  | 0.1    | 7          | 8          |
|       | 0.4    | 2          | 3          |
| 0.15  | 0.2    | 5          | 6～7        |
|       | 0.4    | 3          | 4          |
| 0.2   | 0.4    | 5          | 6          |
|       | 0.8    | 2          | 3          |

\*基板のガラス、フィラー材種、銅箔の厚みなどによっても異なるが、一般的サ  
ブストレート基板を前提に作成。

図 7-3 極小径ドリル 径別限界加工厚み

#### (B) 穴径、穴深さ、基板による加工限界マトリックス

極小径ドリルでの加工限界を図 7-3 に示す。加工能率や品質（穴位置精度、粗さなど）あるいは経済性（コスト、寿命）をある程度維持できる範囲であるが、進んだメーカは量産レベルにある加工と、品質面や能率などの面でいくつかの困難を抱えており、これから開発されていくレベル、とに分けてある。実際には、5 章で述べているが、基板材料の例えば、銅箔、ガラス、フィラーによっても被削性が異なり、要求品質基準によっても限界も違ってくるのであくまでも目安ということになる。

## 7.2 各種基板材料への穴加工

### (A) フレキシブル配線板

フレキシブル配線板はフィルム状の薄い基板を何枚も重ねて穴加工する。薄いために切削抵抗によるたわみによってバリも出やすく、また一枚一枚が薄いのでズレや穴変形が起こりやすい。従って、変形しにくいようにスタッキングの工夫も必要で、例えば当て板を厚めにして基板の剛性を高め、スタックを一体化し、プレッシャーフットが当たって基板がズレたり、基板が伸びたりすることを防ぐ。多層板、両面板になると熱に弱い可塑性の接着剤を使っている場合があり、切りくずの排出性やドリルへの切りくずの絡みつきなども起こる。従って、総合的にドリルは切削抵抗の少ない切れ味が良いもの、切りくず排出性の良好なフレキシブル配線板専用のドリルを使うのがよい。加工条件の送りはバリや変形のこともあり、リジット基板より低めのチップロードとするのがよい。

基板が薄く穴が浅いため、片面のフレキシブル配線板はレーザやパンチングなどドリル加工以外の方法で加工されることも多いが、両面板や多層フレキシブル配線板、リジットフレキシブル配線板は穴品質の面からドリル加工が多用される。

### (B) 高多層配線板

高多層配線板も高密度化のために加工穴径も小径化が進みつつある。図 7-4 は穴径 0.2、0.25 の例であるが、アスペクト比 16.5 の高多層配線板の加工が行われている。やはり、アスペクト比の大きい 0.2mm のドリルは出口側での穴位置のバラツキはドリルの曲がりにより最大 75 ミクロンになっている。これに比べ、0.25mm のアスペクト比 13 では、50 ミクロン以内に収まっている。しかし、両方の穴の出口側に、切り屑詰まりによる内壁あれやネイルヘッドが見られる。

この問題の改善には、ダブルドリリングまたはトリプルドリリングという手法が使われている。ドリルの食いつき時は、短く曲がりにくい剛性のあるドリルを用いてガイド穴（パイロット穴ともいう）を加工し、穴位置精度と

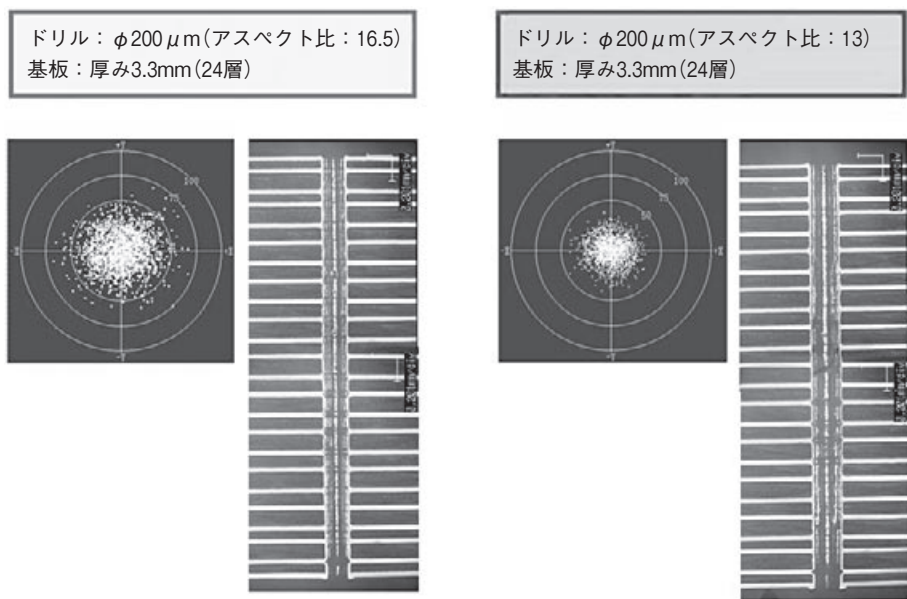


図 7-4 高多層基板の穴加工事例

ドリルの曲がりを抑え、次により長いドリルで加工を行っていく。溝長の違う2本のドリルを使って行うのをダブルドリリング、3本で行うのをトリプルドリリングという。高多層基板は途中での銅層が多く、切りくず詰まりが発生しやすいため、ダブル、トリプルドリリングのような加工法だけではなく、切りくずの排出性を見ながらステップ加工などもさらに加えて行うこともある。また、ドリルの溝長さの限界を超える厚さの基板の場合には、後述する裏と表の両方から加工するフリップ法なども使われる。食いつき性の良い当て板を使うことや穴明け機械なども重要な要因なので、十分検討が必要である。また加工条件としては、深くなるのに伴い切り屑が出にくくなるため深い部分を加工するドリルは低い送りを選択するようにする必要がある。

### 7.3 特殊加工

#### (A) 長穴加工

長穴加工は、部品穴などの特殊用途のために小判型の穴明けを行うものだが、実際には切削力のアンバランスやドリルの剛性不足のため、図7-5のように曲がってしまう。例えば、図7-6のようにドリル径DのLの長さを持つ

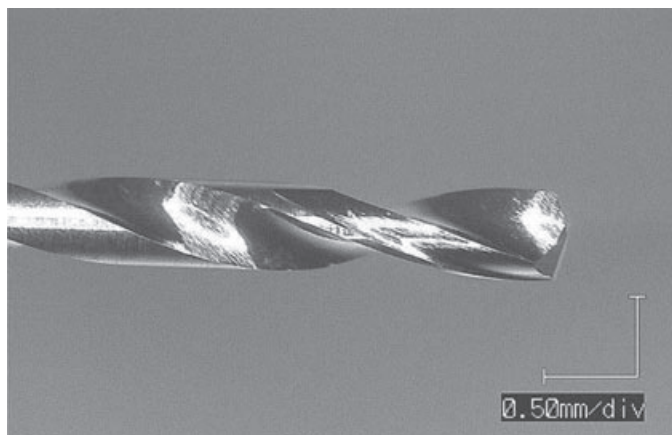


図 7-5 長穴加工用ドリル (SX シリーズ、ユニオンツール)

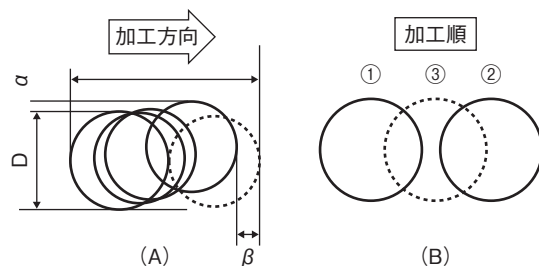


図 7-6 長穴加工の加工方法

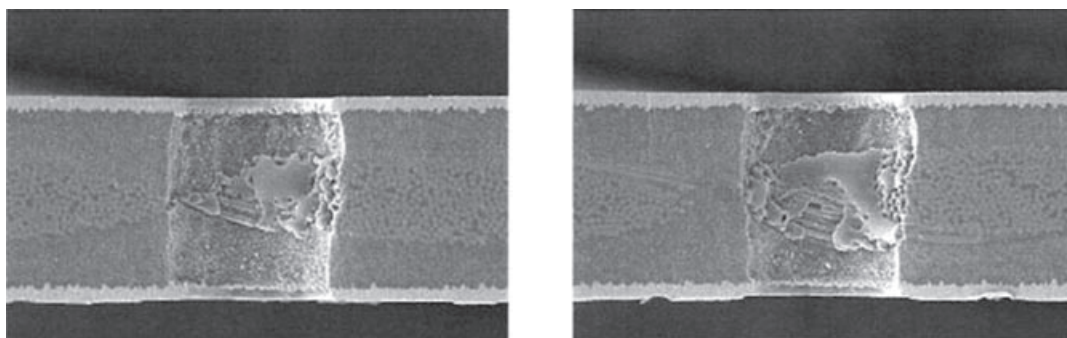


図 7-7 レーザによるスルーホール加工例 (CO2レーザ、 $\phi 0.1$ , FR-4 厚み0.15mm)

つ長穴を加工したい場合、ドリルをそのまま長手方向へ移動させながら ( $L-D$ ) まで加工したとしても、実際には、スタート穴以降の穴あけは移動した部分を切れ刃の片側しか使わないで加工するために、回転力、先端角、ねじれ角などからの合成力を受けて、図7-5のような曲がった形状になり、穴明け機のプログラムで指示した通りにはならない。

この曲げられた量の  $\alpha$  と  $\beta$  は、ドリル合成や先端角、切削抵抗などで変わり、重ねた板の上板より下板の方が変形量は大きくなる。あらかじめ変形量が分かる場合は、機械のプログラムで見込んだ補正値を入れることで改善は出来るが、摩耗量や穴の深さによって影響も受けるため、やはりドリルを長穴加工専用の剛性が強く、先端角の大きく、ねじれ角の小さなドリル (図7-7) を用いることが良い。

$L$  の寸法が穴径  $D$  の1.5倍以内であれば、ドリルを少しずらして加工していくインクリメンタルな加工方法になるが、 $L$  の寸法が穴径  $D$  の2倍程度以上になれば、図7-6(B)のように始点と終点の穴を先に加工し、その後穴の間をつなぐように加工する方法をとれば、変形量は少なくて済む。ドリルに剛性が必要なため、曲がり難い極力短いドリルを使うのがよく、必然的に重ねを多くした深い穴は加工が難しい。

#### (B) 裏表合わせ加工 (フリップ加工)

裏表合わせ加工は、数十層になる厚みがある基板でドリルの溝長が片側から加工できない深さを加工する場合、一度表側から途中まで加工して、裏返して貫通させるような加工方法を言う。もしくは、入り口と出口の穴径が異なり穴の途中にステップ部分を設けなければならない穴形状が必要な場合で、やはり、反対側から穴あけが伴うような場合などである。いずれにしても、両側からあけるとときには中心がずれていないことが必要で同軸度が求められるため、穴位置精度が良くて、且つ穴の直進度が求められる。

まず、溝長の短い剛性の高いパイロットドリルを用いてガイド穴をあけ、直進度と穴位置を正確なものにして置き、その後にその穴をガイドにして所定の長さの溝長を持ったドリルで貫通させる。この場合、ドリルのみならず、当て板やスタックピンの精度も穴位置精度に対して配慮が必要である。

## 8. ドリル加工とレーザによる穴明け加工

レーザは熱による加工であるため、加工深さと複合材料である基板と形状に制限があるが、極小径で浅穴加工では速度が早く、ビルトアップ配線板では多く使われている。金属である銅箔と樹脂、ガラスクロスからなる基材とでは熱に対する特性が異なるため、たとえば、金属である銅箔がレーザ光を反射するのを防ぐため、光が吸収しやすい表面処理をしなければならないなどコスト面の優位性はあるが手間と不安定さが汎用性において一歩ドリル加工に劣る。

穴径によるドリル加工とレーザ加工の使い分け径は、ちょうど75~100ミクロンの間にあり、これを越える径、

これを下回る径の範囲ではドリル加工の方が効率面でも優位になる面もある。レーザ加工も現在一般的に使われている炭酸ガスレーザだけでなく、UV/YAG やエキシマレーザを使えば更に微細径でもきれいに加工可能だが、エネルギーが小さく加工時間を要し、効率面で採用されていない。また、コア材や深穴もレーザ加工できるように研究開発も行われている（図7-7）。しかし現状では、ビルトアップ向けのビア穴、浅穴についてはレーザ、スルーホールについてはドリル加工という棲み分けになっている。

#### 参考文献

- 1) 渡辺、津坂ら プリント配線板における微細穴明け加工 精密工学会誌 74,11 2008