

2 基板製造のしくみ

2.1 プリント配線板の製造工程

銅張スルーホール両面基板の製造工程を例に上げて説明します。なお受注量を $3000\text{ m}^2/\text{月}$ として以下説明します。

2.1.1 フィルム作成

基板の加工に入る前に、CADのデータをフィルムに展開する必要があります。そのための機械として自動光点作画機があり、下記の2種類が一般的です。

- (1) フォトプロッタ: CADのMTデータに従ってフィルム上に描画する。アパーチャを選択して感光フィルム上に露光制御する。(ベクトル描画)
- (2) レーザプロッタ: 上記以上に高速描画する。レーザービーム光を走査させて作画する(ラスタスキャン描画)。最近はこちらが主流。

2.1.2 材料受入

個々のユーザー向けの製品基板に応じて、材料メーカーから仕入れた定尺の基板を選定しなければなりません。当然のことながら、材料の発注を行う前には、ユーザーの受注予測を基に効率よく在庫管理できる発注計画を立てることが必要です。

従って、加工に回す、初期の作業として「材料受入」が一発目の仕事になり、下記の事前チェックを行います。月当たりの仕入れ量も把握して必要があります。(ex.上記の $3000\text{ m}^2/\text{月}$)

2.1.2.1 管理項目

- (1) 材料特性: ユーザー仕様とのチェック
- (2) 板厚: 例えば 1.6 mm 品
- (3) 箔厚: 例えば $35\text{ }\mu\text{m}$ 品

2.1.2.2 費用

材料の仕入れ額を確認しておきます。ex. CEM-3 松下電工品 R1786 ○○○円/ m^2 。

2.1.2.3 担当、必要人員

組織的な担当と必要人員を明確にしておきます。例えば、組織は「材切係」として、当工程では、1名と仮にします。

2.1.2.4 検査項目・方法

仕入れロット毎、使用ロット毎に検査を行います。各材料の「材料証明書」は入手しておきます。

2.1.3 材料切断

ユーザーの製品サイズに応じて、ワークサイズを決定しなければなりません。そして、受注量に応じて切断回数が計算できます。設備の能力に限界がありますので、その回数に応じた設備投資が必要です。

例えば、仕入れ量を $3000\text{ m}^2/\text{月}$ として 1 m^2 の1枚を2回切断して、4分割するとすれば、切断数は $6000\text{ 回}/\text{月}$ になり、20日稼働として、 $300\text{ 回}/\text{日}$ のマシン能力が必要となります。しかし、実際には、ユーザーの製品サイズが、千差万別なため、ワークサイズも一定せず、切断数も多少変わります。もっとも、ワークサイズを標準化することにより、試算しやすいようにして、ユーザーに理解を求めることもコスト及び管理上必要です。

2.1.3.1 管理項目、検査方法

- (1) 切断寸法
初回に、マイクロスケールで測定。
- (2) マシンのセッティング寸法
- (3) 上下リング刃のクリアランス
初回に、マシンゲージで測定。管理値の例: ** ~ **。
- (4) リング刃の振れ
初回に、空転させ、測定。管理値の例: **。
- (5) 切断状態
通常、基板3枚重ねで行い、初回とある量毎(ex. ** ~ ** m^2)に確認する。確認項目は、例えば、ヒゲ、クラック、カエリ。
- (6) 外観

毎回、例えば、打コン、キズ、変色の確認。

(7) リング刃の磨耗度

始業前に、試し切りして、クラック、カエリの確認を行い、少なくとも年に1回は刃を交換。

2.1.3.2 設備(マシン)

自動切断機：定尺板置台、リフター装置、1次シャー、2次シャー、端面面取り装置、当板・敷板、クリップ
圧入、穴明け・ピン、搬出

2.1.3.3 必要人員

組織は、受入と同じ「材切係」として、必要人員は、仮に1名とします。

2.1.4 NC穴明けテープの作成

1次スルーホール用の穴をマシンで明けるためのデータテープを作成します。通常は、ユーザーからCADデータとして供給されまうが、これは部品位置程度のデータに限られることが多く、マシンの仕様にあったデータを追加して、編集されたテープ(フロッピー等)にするのが一般的です。

2.1.4.1 設備

テープ作成機で作成、編集する。

2.1.4.2 管理項目、検査方法

- (1) 穴位置：で作成し、デジグラマーで毎回、初回に穴位置ズレがないかチェックします。
- (2) 穴数：デジグラマーで毎回、穴数の過不足をチェックします。
- (3) 回転数指示
- (4) 送り速度指示

2.1.4.3 組織、必要人員

組織的には、仮に「NC加工係」として、必要人員も1名でよろしいでしょう。

2.1.5 NC穴明け

2.1.5.1 設備

(1) 6軸ボ・ル盤

能力例を記すと、

ヒット/分/軸として、1日時間稼働させるとすると、

$$**\text{ヒット} \times **\text{分} \times **\text{時間} \times **\text{枚重ね} \times **\text{軸} = ***\text{万穴/日}$$

(2) オートローダー

(3) オートアンローダー

2.1.5.2 管理項目、検査項目

- (1) 材質、箔厚、板厚：受入ロット毎に1枚チェックする。板厚はノギスで測定する。
- (2) ドリル径：初回及び交換毎にマイクロメーターで測定する。
- (3) ドリル回転数：初回にrpmメーターで測定する。
- (4) 送り速度：初回にFeedメーターで測定する。
- (5) 穴径：初回にピンゲージで測定する。
- (6) 穴位置：初回に穴位置、ズレを穴明けフィルムと照合する。
- (7) 穴数：初回に過不足をチェックする。
- (8) ホール内壁：初品と最終品において、ルーペで確認する。
- (9) 穴不貫通：全数チェックする。
- (10) 外観：例えば、4枚に1枚、キズ、打コン、汚れ、変色をチェックする。

2.1.5.3 組織、必要人員

NC加工係として**名程度必要でしょう。

2.1.6 無電解銅めっき

組織を、仮に「めっき係」として、次工程の電解銅めっき、インク穴埋めまでを行います。

無電解銅めっきを工程順に記しますと、

2.1.6.1 希硫酸浸漬

希硫酸濃度を管理項目にしてチェックし、**～**%除錆します。

2.1.6.2 研磨

管理項目として、研磨ブラシ圧を電流計で**～**Aに調整して、チェックします。

2.1.6.3 高圧水洗洗淨

管理項目として、洗淨水压を圧力計で**Kg / cm²に調整して、チェックします。

2.1.6.4 脱脂

管理項目を、下記の4項目として、実施、チェックします。

- (1) 脱脂温度: 温度計で**～** に保つ。
- (2) 脱脂時間: タイマーで**分に調整。
- (3) 脱脂液混合比: **g / リットルとする。
- (4) 脱脂状態: 水はじきの状態をみる。

2.1.6.5 水洗い: **回実施

2.1.6.6 コンディショナー

混合比を**cc / リットルにして、**分間(タイマー設定)行います。

2.1.6.7 水洗い: **回実施

2.1.6.8 ソフトエッチング

混合比を**g / リットルにして、**分間(タイマー設定)行います。

2.1.6.9 水洗い: **回実施

2.1.6.10 硫酸浸漬

硫酸濃度を5%にして、**分間(タイマー設定)行います。

2.1.6.11 水洗い: **回実施

2.1.6.12 塩酸浸漬

塩酸濃度を**%にして、**分間(タイマー設定)行います。

2.1.6.13 キャタリスト

混合比をHC1=**%, キャタリスト=**cc / リットル(比色法により**%以上)にして5分間(タイマー設定)行います。

2.1.6.14 水洗い: **回実施

2.1.6.15 アクセルレーター

濃度を**%にして、**分間(タイマー設定)行います。

2.1.6.16 水洗い: **回実施

2.1.6.17 銅めっき

5～7. **m² / 1ラック実施します。

2.1.7 電解銅めっき

工程順に記しますと、

2.1.7.1 化学銅めっき

化学銅めっきをpH**～**(pH計)にて**分間(タイマー設定)行います。

2.1.7.2 水洗い

水温**～** (温調計)で行います。

2.1.7.3 希硫酸浸漬

濃度**～**%の希硫酸で除錆します。

2.1.7.4 基板取付: **m² / 1ラック

2.1.7.5 希硫酸浸漬

濃度**%の希硫酸に**分間浸漬します。

2.1.7.6 ピロリン酸銅めっき

pH値**～** (**回 / **週間試験紙でチェック)にして、浴温を**～**、電流を***A / cm²(電流計管理)流し、**分間(積算計)銅めっきを行います。その際、添加剤を***cc / リットル、アンモニアを***c

c / リットル加えます。

2.1.7.7 希硫酸浸漬

2.1.7.8 水洗い

2.1.7.9 乾燥:乾燥度を管理します。

2.1.7.10 基板取付:1m² / 1ラック

2.1.7.11 希硫酸浸漬

濃度**%の希硫酸に1分間浸漬します。

2.1.7.12 硫酸銅めっき

浴温を**~** で、電流を**A / c m²(電流計管理)流し、**分間(積算計)銅めっきを行います。その際、添加剤を混合比**cc / リットル加えます。

2.1.8 インク穴埋め

初回にインク濃度をチェックしておきます。

2.1.8.1 ラックセット

ラックに立てる時、基板密着が十分できているかを検査します。

2.1.8.2 穴埋め

スキージ調整を管理し、穴埋めの具合を検査します。

2.1.8.3 乾燥

オープンで、インク硬化温度を** (温度計)にして、**分間(タイマー)乾燥させます。

2.1.8.4 硬化インクの粗削り

ステンレス刃のキズ有無を管理しながら、研磨によりキズを付けないよう検査します。

2.1.8.5 整面

管理項目は、下記の通りにて行います。

- (1) バフ圧電流値:**~**A(電流計)で管理
- (2) バフ平滑度:ヤスリで矯正
- (3) 外観

2.1.9 検査

組織として、「検査係」が下記項目を行います。

- (1) めっき厚:設備ダーミトロンを使って、毎ロット、1シート抜取り / **シート、**ポイント / 1シート、行います。
- (2) 外観:ヤケ、異物、ピート、キズ、打コン、目詰まり、をチェックします。
- (3) 内壁厚:顕微鏡で、**回 / **ヶ月、行います。
- (4) 熱衝撃耐久性:**回 / **ヶ月、行います。

2.1.10 パターンの形成 1 (パターン印刷:印刷法)

パターンの形成方法には、下記の2通りの方法があります。

(1) 印刷法(スクリーン印刷法)

版、スキージ、インクで形成され、パターン以外にレジスト、シンボル印刷にも使用されます。

この方法は、量産性に優れ、経済性にも優れています。しかし、精度的に限界があり、ファインパターン形成には不向きです。

(2) 写真法(フォトレジスト法)

感光レジストとしてドライフィルムを張り付け(ラミネーション)、それにパターンを焼き付け、現像して作成します。これは高精度に出来上がりますが、多少コスト高。

まず、最初に印刷法の工程から述べることにします。

2.1.10.1 版作成

パターンの基となる原図即ちフィルムからスクリーンとなる版を作成します。これは、通常、別工程にて事前に作成しておきます。

2.1.10.2 版受入

下記の管理項目にて、受入時確認します。

- (1) テンション量
- (2) 伸縮量: ライトテーブル、スケールルーペ、拡大鏡を使って、確認し、フィルムにて $\pm$ mm以内。
- (3) フィルム再現性

2.1.10.3 インク攪拌

インクの粘度を粘度計で cc/kg インクボイズ+10-0に設定します。

2.1.10.4 印刷準備

下記項目を管理、チェックします。

- (1) 印刷ガイド穴明け: 治具のドリル径をガイド穴よりmm小さい径に設定して、穴明けを行います。
- (2) 印刷ガイド設定用基板の反り: ガイド穴明け時の反りをチェック。
- (3) 印刷ガイドピンの突起: ガイドピン打ち込み時、ピンが基板より上に出ていないかをチェック。
- (4) 当て板と基板の間隔: 約cmに設定。

2.1.10.5 印刷

下記項目を管理、チェックしながら印刷を行います。

- (1) セッティング位置: パターンのズレ、品物と版の中央と4隅を重点的に確認し、特にランド残り幅がmm以上確保できているかをチェック。
- (2) 粘度変化: ~ショットでインクを注入し、1回当たりの注入量は、~cc。
- (3) スキージ磨耗度: ドクタースキーホルダー取付時にチェック。
- (4) ドクターキズ、突起: ドクタースキーホルダー取付時にチェック。
- (5) ゴミの除去: 毎ショット実施。
- (6) 印刷圧: 初回に、機械を途中で止めて、版の位置で印刷物と当て板の間を見て、インクが1直線になればダメ。
- (7) 印刷再現性: 初回とショットに1回確認。

2.1.10.6 乾燥

乾燥温度を にして、分間乾燥させます。

2.1.11 パターン形成 2 (パターンの焼付け: 写真法)

もう一つのパターン形成方法を述べます。

組織として、「焼付係」が行い、焼付け用のフィルムを初回にキズ、異物の付着有無まで全面にわたって確認します。工程は、下記のようになります。

2.1.11.1 ラミネート

下記管理項目を確認しながら行います。

- (1) ラミネート温度: 初回に、マシンゲージで~ に設定。
- (2) ラミネート速度: 初回に、マシンゲージで確認。
- (3) ドライフィルム材料外観: 初回に、種類の材料見本と相違ないかを確認し、ラミネートする直前に、全数キズ、打コン、変色、異物付着が無いかを確認。
- (4) ラミネート状態、密着度: 初回に、基板端を数ミリ保護フィルムを剥がし、チェックします。
- (5) ドライフィルム引き離し状態: 毎回、カッターナイフによる切断(材料に沿って切る)時に確認します。

2.1.11.2 露光

パターンの基となるフィルムをドライフィルム上に焼き付けます。

設備「露光装置」を使って、下記管理項目に従ってチェックします。

- (1) 露光時間: 初回に、マシンゲージで確認。
- (2) パキューム量:
- (3) 露光ランプの劣化: ~ヶ月単位で始業時に交換します。

- (4) 露光状態: 初回と最終に、フィルムの濃淡を確認します。
- (5) マイラーベースの状態: 毎回、異物が付着していないかを確認します。
- (6) 真空、密着: 毎回、空気溜まりがないかを確認します。

2.1.11.3 現像

下記管理項目に従ってチェックします。

- (1) 現像速度: 初回に、マシンゲージで確認。
- (2) 現像液の劣化: 始業時に、**~**m²にて交換。
- (3) 液温
- (4) 現像再現性: 初回と最終に、断線、ショート、太り、細りをチェック。
- (5) スプレー圧・首振り状態: 始業時にチェック。

2.1.12 エッチング

組織は、仮に「エッチング係」として、下記管理項目で実施、チェックを行います。

- 2.1.12.1 塩化銅比重: 始業時及び初回に、比重**~*** (比重計)を設定。
- 2.1.12.2 液温: 第1槽と第2槽の液温を、始業時及び初回に、**~** (調整計)に設定。
- 2.1.12.3 循環ポンプ: 槽内に液流があるかを、始業時及び初回に、確認。
- 2.1.12.4 コンベア速度: 初回にマシンゲージで確認。
- 2.1.12.5 塩酸及び過酸化水素の添加状態: 常時***~***mV (ORPメータ)に設定。
- 2.1.12.6 スプレー首振り状態: 初回にチェック。
- 2.1.12.7 パターン再現性: 初回に、太り、細りをチェック。
- 2.1.12.8 残銅、オーバーエッチング: 初回にチェック。

2.1.13 剥膜

パターン部のドライフィルム又は印刷インクを取り除きます。

- 2.1.13.1 液温: 始業時及び初回に、**±** (調整計)に設定。
- 2.1.13.2 液の劣化:
- 2.1.13.3 剥膜槽: **回 / **日に**m³交換。
- 2.1.13.4 CAUの劣化: 1回 / 1ヶ月交換。
- 2.1.13.5 コンベア速度: 初回に、マシンゲージで**~**に設定。
- 2.1.13.6 乾燥状態: 常時チェック。
- 2.1.13.7 剥膜状態、脱錆状態: 初回に確認。
- 2.1.13.8 受取機からの引き上げ作業: **~**分毎に、受取機から落ちないように引き上げ。

2.1.14 中間検査

検査係が、電気チェッカーにて、下記管理項目で検査を行います。

- 2.1.14.1 断線、ショート: 全数検査。皆無のこと。
- 2.1.14.2 欠損、突起: 全数検査。パターン幅の**以内。
- 2.1.14.3 ピンホール: 全数検査。幅は、パターン幅の**以内。長さは、パターン幅以内。
- 2.1.14.4 残銅: 全数検査。皆無のこと。
- 2.1.14.5 太り、細り: 全数検査。フィルム幅の±**mm以内。
- 2.1.14.6 剥膜状態: 全数検査。穴埋めインク、ドライフィルムの残りをチェック。
- 2.1.14.7 脱錆状態: 全数検査。錆、変色をチェック。
- 2.1.14.8 打コン、キズ: 全数検査。

2.1.15 レジスト印刷

組織は、次工程のシンボル印刷と同様に、「印刷係」として行います。工程は、次の2工程です。

2.1.15.1 印刷

下記の管理項目にて、チェックを行います。

- (1) インキ粘度:溶剤との混合毎 $^{***}\pm^{***}$ ポイズ(粘度計)。
- (2) セッティング位置:初回に、試し刷りして確認。
- (3) スキージ研磨度:始業時にチェック。
- (4) レジストズレ:初回及び ** ショット毎にスケールルペでチェック。 $\pm^{**}$ mm以内。
- (5) レジストニジミ、カスレ、一般外観:初回及び ** ショット毎にチェック。

2.1.15.2 乾燥

下記の管理項目にて、チェックを行います。

- (1) コンベア速度:ロットの初回に確認(速度計)。
- (2) 温度:ロットの初回と最終に確認(温度計)。 *** 以内。
- (3) 硬化状態:始業時ロット抜き取りでセロテープを用いてチェック。

2.1.16 半田レベラー

レジストのかかっていない銅素地の部分(通常は、半田付けのランド部)に、半田付けしやすいように予備半田的に薄い半田膜を設ける処理です。

エア吹き付けの段差により後圧面の方が薄く仕上がります。また、抜けきる側に半田溜まりの傾向があるためレベラー表面にムラがでやすくなります。

レベラー厚は約 $^{**}\sim^{**}\mu$ 程度になります。最近では基板を垂直方向に移動させるのではなく、水平にしてオイルの中を通すことにより、表面を均一に薄く仕上げる工法が考えられてきています。

組織は、仮に「半田レベラー係」として1名程度で行い、下記の管理項目によりチェックします。

2.1.16.1 半田温度:始業時と初回にマシンゲージでチェック。 $^{***}\pm^{**}$ 以内。

2.1.16.2 フラックス温度:始業時と初回にマシンゲージでチェック。 $^{**}\pm^{**}$ 以内。

2.1.16.3 フラックス液面:始業時とロット初回にインジケータでチェック。

2.1.16.4 半田の劣化:分析器でチェック。

2.1.16.5 半田槽及びエアナイフ周辺:

2.1.16.6 ロボットチャックの動作・清掃

2.1.16.7 フラックス時間

2.1.16.8 半田時間

2.1.16.9 半田槽液面

2.1.16.10 エアナイフ温度

2.1.16.11 エアナイフ圧

2.1.16.12 攪拌器

2.1.16.13 整面機:(1)温水温度、(2)乾燥温度、(3)コンベア速度

2.1.16.14 整面状態

2.1.17 検査

下記の管理項目でチェックします。

2.1.17.1半田ショート

2.1.17.2変色(基材、半田面)

2.1.17.3半田面ザラツキ、光沢

2.1.17.4半田詰まり

2.1.17.5半田付かず

2.1.18 ブツ切り

下記の管理項目でチェックします。

(1) 切断箇所

(2) クラック

2.1.19 プレス加工

設備は、一般的には能力が**～**トン程度のものを使用しますが、ガラス材や低温パンチの必要性から***トン級まで出現してきています。

加熱してプレスするのが一般的ですが、この場合熱収縮を考慮して金型寸法を少し大きく設定する必要があるため、仕上がり精度に影響しやすくなります。

型として、丸穴は既製品を使用できるのに対して、角穴はその形状に合わせて型を作る必要があるためコスト高となります。(金型ピン)

合わせマーク(ガイド穴)

このガイド穴は、一般的に手動で明けるため、少しのズレが製品の精度となって現れます。

ガイド穴を製品内に入れる場合と製品外に入れる場合があります。それは、加工メーカーの工程によって変わるものです。

金型変更(設計変更)時の配慮

- ・ 変更穴のすぐ近くで移動させると、前の穴を埋める加工が伴いコスト高となる。
- 移動するなら穴1個分以上動かすこと。
- ・ 材質変更する場合は金型の全面変更となる。
- ・ ガラス布基材の場合は金型自体に焼きを入れるため少しの金型変更でも全面変更となる場合がある。

下記の管理項目でチェックします。

- (1) 金型ピン折れ
- (2) 金型磨耗度
- (3) 金型の清掃
- (4) 打ち抜き方向
- (5) 抜き状態(穴、外形)
- (6) 打コン、キズ、汚れ

2.1.20 NCルーターテープ作成

下記の管理項目でチェックします。

- (1) 加工寸法
- (2) 穴位置
- (3) 穴数
- (4) 回転数指示
- (5) 送り速度指示

2.1.21 NCルーター加工

下記の管理項目でチェックします。

- (1) 加工寸法
- (2) ドリル径
- (3) ルーターバー径
- (4) 回転数
- (5) 送り速度
- (6) 補正径値
- (7) 穴径
- (8) 一般外観

2.1.22 銅箔仕上処理

下記の管理項目でチェックします。

- (1) ソフトエッチング液の劣化
- (2) エッチング度
- (3) グリコート液の劣化
- (4) グリコート塗布状態
- (5) フラックス比重

- (6) ローラ間隔
- (7) 塗布状態
- (8) 防錆状態
- (9) 乾燥状態

2.1.23 Vカット加工

Vカット角度は、通常**'と**'があり、**'は溝幅を狭くでき、設計自由度があがります。
基板上下の溝ズレを最小限に抑えるため、上下一対のマシンが一般的です。
下記の管理項目でチェックします。

- (1) 刃の磨耗
- (2) ガイドクリアランス
- (3) Vカット位置
- (4) Vカット幅
- (5) Vカット深さ
- (6) Vカット割寸法
- (7) 外観
- (8) ガイド平行度
- (9) ガイド上部抑え調整

2.1.24 出荷検査

下記の管理項目でチェックします。

- (1) プレス抜き状態(穴、外形)
- (2) プレスズレ
- (3) プレス逆抜き
- (4) 打コン、キズ
- (5) 油汚れ、異物付着
- (6) クラック、カケ、ワレ
- (7) 穴忘れ
- (8) 穴形状
- (9) 外形形状
- (10) Vカットスレ
- (11) Vカット深さ
- (12) Vカットヒゲ
- (13) 半田仕上がり
- (14) 断線、ショート
- (15) 残銅
- (16) ピンホール
- (17) 欠損、突起
- (18) 銅箔仕上がり
- (19) 変色
- (20) レジストズレ、ニジミ、カスレ

2.1.25 品管検査

下記の管理項目でチェックします。

- (1) 材質、板厚
- (2) 穴径、外形寸法
- (3) 外観

2.2 プリント配線板製造用副資材

(1) フラックス

ブリフラックス : 基板製造最終工程で銅箔表面の酸化防止・保護のために塗布するフラックスであり、一般に塗布後吸湿するとポストフラックス後の半田付け性が低下する。

ポストフラックス:部品組立後の半田付け工程で使用するフラックスであり、プリフラックスとの相溶性が半田付け性に影響を与えるので種類の選択には注意が必要である。

2.3 加工メーカー