小特集：めっき現場のトラブルとその対策

めっき装置におけるトラブルとその対策

松下 哲 夫^a^a松下技術士事務所 機械部門技術士(〒 354-0035 埼玉県富士見市ふじみ野西 2-1-1 アイムふじみ野 西 2-1201)

Trouble and Solution of Plating Equipment

Testuo MATSUSHITA^a^aProfessional Engineer of Mechanical Engineering, Matsuhita Consulting Engineering Office(Aimufujimino-W2-1201, 2-1-1, Fujiminonishi, Fujimi-shi, Saitama 345-0035)**Keywords** : Carrier Type, IC Lead Frame, LED, PCB Through Hole Plating, Air Bubbling

1. はじめに

私は機械の技術者です。

機械の技術者がこの業界(めっき業界)で三十五年以上も仕事できたのは、めっき業界に機械技術者が異常に少なかったからです。仕事ならめっき工場のトラブルに立ち会う機会が多く、その都度、「めっき現場の人たちももう少し機械のことを知っていれば、ここまでトラブルを複雑にしなくてもすんだのでは」と思います。

「めっき現場のトラブル」の70%~80%は、機械・装置・人が原因でめっきトラブルになっていることがわかりました。

化学は、消耗した薬品、分析でバランスが崩れている薬品を補充することで元に戻すことができると思います。電気制御は、プログラムを変更しない限りプログラム通り動作することは不変です(センサなどの経時的に変化する部品もありますが)。機械は、最初がベストで、使えば必ず摩耗するので、摩耗部品を交換しない限り元には戻りません。人は、心、技術、体調が日々変化していますから、いつも同じことができるとは限りません。

このような条件から「めっき現場のトラブル」を見ると、どうもトラブルの原因は機械・装置・人が原因ではないかと思うようになりました。不思議なことに機械・装置・人が原因という見方をするようになってから、(思えばずいぶん昔からそのように思っていたようです)「めっき現場のトラブル」を見る目が変わりました。

ここから、実際にめっき現場で発生したトラブルの現象・原因・対策を述べていきます。

2. 機械・装置・人が原因のトラブル

2.1 引っ掛けジグからの製品落下

【現象】キャリア式めっき装置で、製品をスプリングではさむ形式の引っ掛けジグを使い板状の部品の銅めっきをしていましたが、めっき槽に製品が落下し、溶けてめっき液の組成のうち鉄分が異常に増えて、めっき不良を出しました。

現場では製品がジグから落下するという現象を解消するため、ジグのスプリングを曲げグリップ力を強くする対策をしました。

当然スプリングを強くすればしばらくの間は製品の落下はなくなりましたが、また落下するようになりました。スプリングを曲げてグリップ力は強くなりますが、限界があります。また現象は解決できても原因がなくなったわけではありませんから、また同じ製品落下トラブルが起こります。

【原因】現場の確認をすると、キャリアの動作がぎこちなく、スタート/ストップ時にショックが大きくその都度吊り下げたジグにショックが伝わり、製品落下の現象が出ていました。機械的に見たらドライブチェーンの伸びが原因でキャリアの動作がぎこちなくなっているということ、機械技術者なら最初に疑います。この装置は天井走行式キャリア装置だったので、脚立で上りキャリアの駆動部を確認すると、案の定、走行チェーンが弛んでいることがわかりました。駆動部には必ずと言っていいほど、チェーンの伸びを管理するため緊張プーリーと言う部品があります(図1)。図では、これを下方に調整すればチェーンのたるみは解消されます。

キャリア式めっき装置ではキャリアの走行、昇降駆動は正転/逆転の繰り返しですから、駆動チェーンは伸びやすいので監視、管理は必要です。

【対策】原因がわかれば後は簡単です。工具が使える人ならば、誰でもメンテナンスできます。しかし、この現場の場合は工具が問題でした。チェーンをピンと張るため、スパナとモンキーと言う工具を持ってきたのですが、工具は錆びて使うことができませんでした。私見ですが工具が錆びて使えない状態では機械・装置のメンテナンスはできないので、このような現場では自動機を使う資格がないと考えています。めっき現場では薬品を多く使用していますから、工具は錆びる傾向にあるのですが、一般的に工具はニッケルクロムめっきやハードクロムめっきが施されていますから、薬品がついても良く水洗いして乾かせば錆びはかなり防ぐことができます。また、他の対策として、駆動チェーンを使わない構

図1 天井走行キャリアの模型図

造、ギア駆動や軸上減速機等によりチェーンの伸びは気にすることはなくなります。

2.2 キャリア停止位置異常

【現象】最近では、キャリア式めっき装置でキャリアの位置検出にエンコーダを採用することが多いですが、キャリアの位置をエンコーダに認識させるためラックギアを使います。ラックギアとは、ギアと同じ歯型を直線にしたラック(レール上に配置します)とギアの組み合わせでキャリアが移動(走行)する時、ラックの歯で平ギアを介してエンコーダが回転し、回転パルスでカウントしてキャリアが現在のポジションを認識するシステムですが、装置の停止位置がずれるという現象が出ました。停止位置がずれると、ジグの昇降時、装置に干渉します。現場では位置がずれると言う現象を解消するため、キャリア運行プログラムの停止位置を設定する数値を変更したのです。位置ずれの現象は数値の変更で解消したのですが、その後も頻繁に起こるようになりました。

【原因】キャリアレールの上面に異物が付着しキャリアが上下に弾み、タイミングが悪いとラックとギアのかみ合いがはずれ、エンコーダの回転パルスが変わります。原因はもちろんレール上の異物です。天井走行キャリアの場合、キャリア走行用レールはかなり高い位置にあるので、装置の点検・管理の目が届きにくい場所です。さらに埃やごみ(工場建屋金属梁の錆び落下)がたまりやすく、キャリアの車輪でレール上の圧接された状態でした。

【対策】対策は5Sの徹底しかありません。工場建屋梁の錆びも、定期的に塗装補修すれば防ぐことができます。天井梁の塗装はがれなどは目視でわかりますが、レール上の異物は点検をしなければなりません。点検・管理の徹底をしてください。このトラブルは人が原因のトラブルといえるでしょう。

2.3 めっき面のシミ その1

【現象】ICリードフレームのめっき装置で、めっき後に最終水洗-乾燥工程がありますが、乾燥後にめっき面にシミ(ウォーターマーク)が出ました。現場では乾燥前の水洗の水質が悪いと考え水洗の段数を増やしましたが、一向にシミがなくなることはありませんでした。最終的には5段もの水洗

をしていました。

【原因】5段の水洗であれば十分な水洗で、乾燥直前の最終水洗工程の水質は相当きれいなものでした。乾燥前の水洗工程出口(乾燥入り口)には、水切りエアブローや絞りローラなどで水洗工程の水滴を極力少なくしていますが、完全に取り除くことはできません。めっき面には細かい水滴が残ります。

この水滴を乾燥工程で完全に蒸発すればよいのですが、乾燥工程のエアに問題がありました。乾燥工程では熱量節約のため1/3程度の新気を取り入れ、2/3は熱風循環をする構造になっていました(熱量節約のためエア全量を循環すると、循環エアの蒸気が飽和状態になり、乾燥できなくなることがあります)。

【対策】この1/3の新気の入力口は工場の空気を取り入れており、工場空気の埃等を製品に吹きかけていることが原因であると考え、乾燥エアの循環系にフィルタを配置したところ、シミは著しく軽減できました。現在では乾燥工程のエア循環系にHEPAフィルタを配置することが多くなりました。

2.4 めっき面のシミ その2

【現象】ICリードフレームの銀めっき工場の一部のエリアにめっき後の製品置き場があり、製品置き場のめっき表面にシミが発生しました。

【原因】製品置き場の最上部の製品めっき面にシミが発生したが、原因がつかめず相談にきました。シミを分析するとナトリウムが検出されたのですが、製品置き場の周辺には、ナトリウムはありません。なんでナトリウムのシミができるのかわからなかったのですが、めっき工場ではナトリウムと聞いたら、脱脂工程にはナトリウム系薬品を使用しています。現場を観察すると、工場の空調の風がめっき装置の脱脂側から製品置き場側に流れていることがわかりました。ICのリードフレームのめっき装置は常時薬品を循環する構造ですから、薬品が滝のように流れています。滝の周辺では薬品のミストが発生し、空調の流れにそって工場内を飛散、浮遊し製品置き場まで流れていることがわかりました。このミストの飛散が原因と判断しました。

【対策】空調の流れを変えるため、天井からビニールシートを吊り、空気の流れを変えたことでナトリウムのシミはなくなりました。また、めっき装置からの薬品ミスト飛散を少なくするため装置の排気系を確認したところ、排気ダクトの中にミストが入りミストが結晶化してダクト内に蓄積しており、排気風量が不足していました。

2.5 めっき面への異物付着 その1

【現象】LEDの全面銀めっき装置で、めっき完成後の製品をチェック(出荷検査)するとめっき面に異物が付着していました。もちろん、めっき不良のうちの異物付着ですから検査ではNGです。

【原因】プレス工程で製品に極めて小さなバリが多くあり、めっき工程でバリの極小先端に極小めっきが析出し、液流によってバリ先端から落ちてめっき処理槽内に浮遊します。浮遊物はフィルタで除去しますが、図2のような管理循環式フィルタ系になっていました。このフィルタ系はめっき装置

図2 管理槽循環式フィルタ

図3 噴き上げ循環式フィルタ

の停止中でも常時フィルタを稼働しろ過できるメリットはありますが、管理槽の中で液が滞留する部分ができ、浮遊物を完全には除去できません。すなわち、浮遊物のあるめっき液を噴き上げることになります。これでは製品に異物を吹き付けることになります。

【対策】図3、噴き上げフィルタ式循環式のように、噴き上げポンプの処理槽側に(吐出側)にフィルタを配置し、ろ過後の液を噴き上げる機構に変更しました。処理槽の中はろ過後のめっき液になるので、異物(銀微細粒)付着というめっきトラブルが激減しました。

2.6 めっき面への異物付着 その2

【現象】PCB銅スルーホールめっき装置で、平面部に異物付着(めっき面にザラとした感触があり、光沢が損なわれていた)があり、分析するとFeが検出された。

【原因】キャリア式めっき装置で、キャリアの走行用駆動モーターの位置、カウンターシャフトの錆び(図4)が原因でした。

写真でわかるように走行駆動モーターがキャリアの中央に配置されており、モーターにはカーボンブラシがあり摩耗します。摩耗で割れた微粉は空气中に浮遊し、めっき槽に落ちることがあります。また駆動モーターから両輪を回転させるためのシャフト(カウンターシャフト)に指で擦ると、指に茶色く着くような錆びがありました。キャリアは装置の上を走

行するので、モーターからの微粉、シャフトからの微粉が薬品槽に落ち、異物付着が発生します。設計時の材料選定不良と検討不足が原因と考えられます。

【対策】モーターには全面を覆うカバーを付け、シャフトはステンレスに交換しました。モーターカバーはモーターの過熱を防ぐため空気口を設けました。

2.7 膜厚のバラツキ

【現象】PCB全面金めっき装置でキャリアバーに吊るしたPCB(幅50cm×4枚×高60cm)の幅方向に膜厚のバラツキが200%まで大きくなり、現場の確認とdataの確認をすると、特定のキャリアバーで発生していることがわかりました。

【原因】キャリアバーを装置内で詳細に確認したところ、図5のようにキャリアバーのレスト部分に変形していて、キャリアバー受け(V受け)との平行が出ていませんでした。通常キャリアバーレストとV受けとは並行に勘合し、通電はレストの凸面とV受けの凹面が全面で接触するのですが、変形のため点接触になり正常な通電はできません。このためキャリアバーレストからの左右電流値バランスが悪く膜厚のバラツキが発生しました。

【対策】対策は、もちろんキャリアバーの矯正です。V受けとキャリアバーレストとの接触が、面接触になるよう平行にしました。ここでは接点(接触面)の洗浄も同時に行い、通電が左右均一になるようにしました。直流配線の接続部の腐食も通電の抵抗になるので同時にメンテナンスをしました。

キャリアバーの取り扱いに注意し、期間を設定し、定期的

図4 天井走行式キャリア

図5 キャリアバーレストとV受け

にキャリアバーの変形、通電部面の状態をチェックすることを徹底しました。

2. 8 水洗槽内で FPCB はずれ

【現象】FPCB 硫酸銅めっき装置の水洗槽で FPCB がクリップ式ジグからはずれ、そのまま処理が進んだため、めっき不良、変形になりました。

【原因】装置を詳細に確認して行くと、酸活性後の水洗槽のエアバブリングの左右のエア量が著しく異なっていることがわかりました(図 6)。エアバブリングはリジット基板のスルーホールめっきの場合は、わざわざ左右のエア量に差をつけて界面液流速に差をつけホールの内の液流通を図ったのですが、その装置の設定のまま FPCB の全面めっきをしたので、左右の界面液流速の差で FPCB が流速の早い方向にふくらみ、煽られてクリップが一箇所はずれ変形し、めっき不良になりました。はずれることがなくても、めっき工程でもエアバブリングをしているので、左右の極間距離に差ができてめっき厚のバラツキになります。

【対策】当然のことですが左右のエア量を調整し、液流速をほぼ同一にすることで解決しました。この場合左右のエア量調整用に別々にバルブがついていたので調整でできたので助かりました。

2. 9 めっき密着不良

【現象】コネクタめっき装置でキャリア部(くし状のつながっている部分)の密着不良が発生しました。

【原因】めっき後の加熱テストでは密着不良はなかったのですが、曲げ試験で曲げた部分がががれ、密着不良が見つかりました。密着不良の下地部分に点状の酸化膜がありました。酸化膜は面に発生することは多いですが、この例では点状でさらに分析すると、一定距離に発生していました。密着不良

図 6 エアバブリング

の原因はいろいろありますが、これは機械的なことが原因でした。

一定距離を測定すると、約 180 mm のピッチでした。ということは回転体のφ60 mm のものですから、すぐ給電ローラまたはガイドローラであることがわかります。コネクタのめっき装置には、工程の中に 20 個程度の給電およびガイドローラがあります。ローラ類を観察すると、Ni2 層目の給電ローラにスパークの痕がありました。すなわち、密着不良は Ni2 層目の給電ローラでスパークが発生し、微細な酸化膜が生成、その上に Ni3 層目をめっきしたことにより、Ni2 層目と 3 層目の間で剥離が起こったのです。

【対策】スパークはどのようなときに発生するのか考えます。スパークは、電流が流れている状態で強制的に接点を離す時にスパークが出ます。常時電流が流れていれば、スパークは発生しません。そこで対策としては、給電ローラをめっき工程の前後に配置し、常時通電ができるようにしました。また給電ローラの給電面を研磨し、鏡面仕上げをしました。その後スパークは発生しなくなり、スパークが原因の密着不良もなくなりました。

3. おわりに

今回は紙面の都合上、九つの事例しかあげられませんが、これは「めっき現場のトラブル」のほんの一部です。事例のように機械・装置・人が原因の「めっき現場のトラブル」の現象だけをみて対応を間違えると原因を見つけることもできなくなります。“もう少し 5S を徹底していれば”、“もう少し機械・装置のことを知っていれば”、と思うことが多いのではないかと思います。「めっき現場のトラブル」はめっき不良を生み、めっき不良は再加工費、残業費など製造コストアップになり会社の利益を損なうことになります。「めっき現場のトラブル」の 70～80% は機械・装置・人のトラブルです。めっき現場には、化学技術者、品質管理技術者は多いのですが、機械技術者、制御技術者は極端に少なく、また育成する環境にないのが現状です。今後は機械技術者、制御技術者を育成し、機械・装置の「保守・点検・整備」を行えば「めっき現場のトラブル」は減少し、会社の利益向上になることは目に見えています。

機会があればめっき工場における「保守・点検・整備」についてお話したいと思います。

謝 辞

本稿の写真掲載にご協力いただいためっき工場に御礼申し上げます。

(Received May 20, 2014)