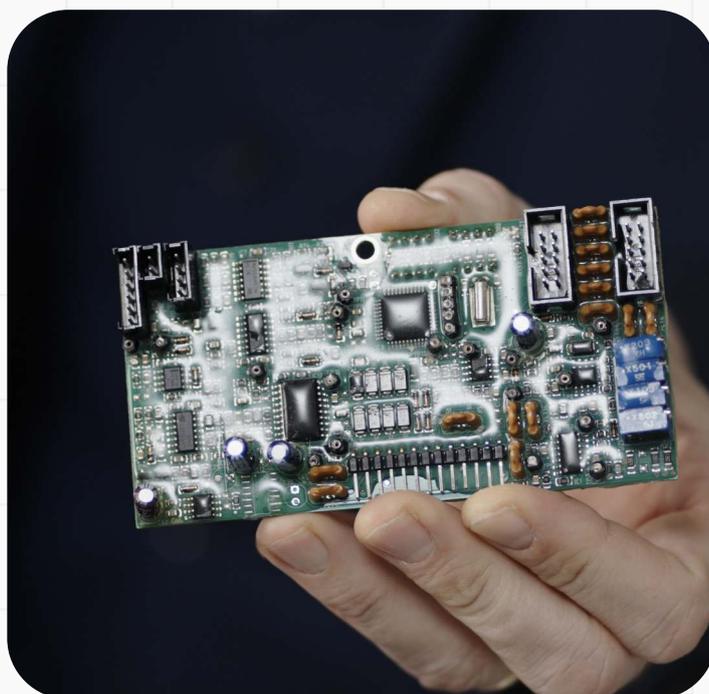


**MASCHERPA**

da 120 anni forniamo soluzioni

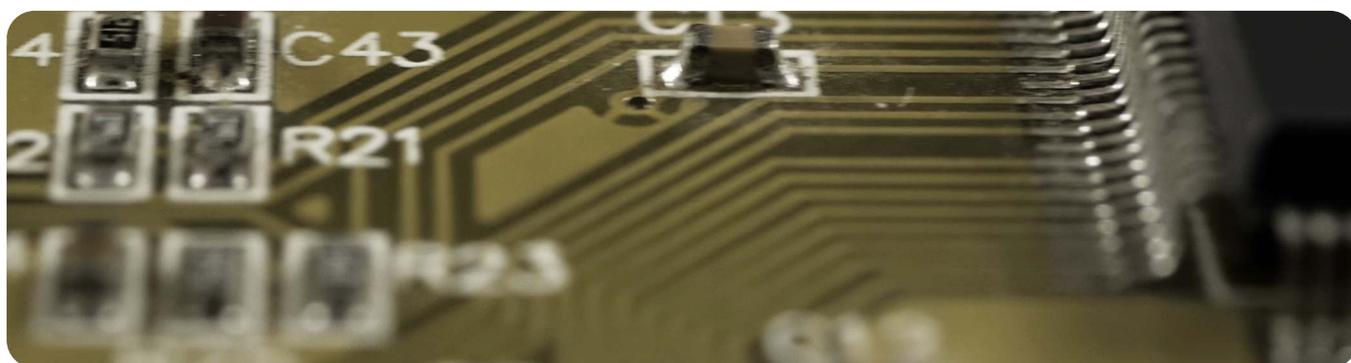
# Come evitare di incorrere in errori nell'applicazione dei conformal coating



## Introduzione

L'applicazione della verniciatura conformale è un processo critico per garantire la protezione dei circuiti stampati (PCB), soprattutto in ambienti difficili dove l'umidità, le vibrazioni e gli agenti contaminanti possono compromettere il funzionamento dei dispositivi elettronici. Tuttavia, una scorretta applicazione del conformal coating può ridurre drasticamente i benefici di questa protezione, portando a guasti prematuri e difetti che possono risultare costosi da correggere.

Questo eBook approfondisce gli errori più comuni e fornisce strategie dettagliate per evitarli, garantendo che il rivestimento venga applicato correttamente e con la massima efficacia. Esamineremo non solo le diverse tipologie di conformal coating e i loro utilizzi, ma anche le metodologie di applicazione, i problemi più frequenti e le soluzioni per ottimizzare il processo produttivo.



## L'importanza della verniciatura conformale

Il conformal coating è progettato per fornire una protezione aggiuntiva ai PCB, migliorando la loro resistenza a condizioni ambientali difficili. Non tutti i dispositivi necessitano di un rivestimento protettivo ma per quelli esposti a umidità, temperature estreme, sostanze chimiche o sollecitazioni meccaniche, diventa una necessità imprescindibile.

Inoltre, l'isolamento elettrico garantito dal conformal coating, ha consentito di progettare PCB più fittamente popolate, miniaturizzate e più affidabili.

Uno degli errori più comuni commessi nel settore è credere che la verniciatura conforme possa risolvere problemi preesistenti di progettazione o produzione. In realtà, se il PCB presenta già difetti, il conformal coating può addirittura amplificarli. È quindi essenziale che il processo di applicazione venga eseguito con precisione, partendo da un'analisi accurata del contesto operativo e della compatibilità tra i materiali impiegati.

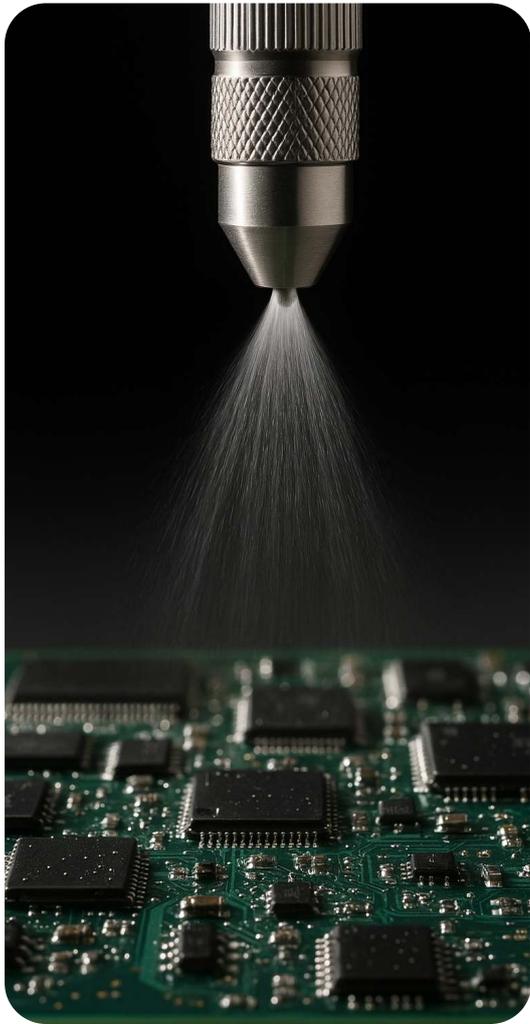
## Le tipologie di conformal coating e la loro applicazione

I conformal coating sono rivestimenti protettivi applicati sui circuiti stampati (PCB) per proteggerli da umidità, agenti chimici e sollecitazioni meccaniche. Si suddividono in diverse categorie, ognuna con specifiche proprietà e vantaggi.

### Tipologie principali di conformal coating:

- **Acrilico (AC):** Facile da applicare e rimuovere, offre una buona protezione contro umidità e nebbia salina. È trasparente, stabile nel tempo e adatto alla rilavorazione, ma ha una resistenza chimica limitata.
- **Poliuretano (UR):** Garantisce eccellente resistenza chimica e meccanica, proteggendo i PCB in ambienti difficili. Mantiene flessibilità anche a basse temperature ed è resistente all'abrasione.
- **Siliconico (SR):** Ideale per applicazioni con elevate escursioni termiche e vibrazioni, grazie alla sua flessibilità e ampia gamma di temperature operative. Tuttavia, è meno resistente ai gas corrosivi.
- **Ibrido:** Combinazione di resine acriliche o poliuretaniche con silicone per migliorare la resistenza termica e chimica. Facile da applicare e adatto a un'ampia gamma di ambienti.
- **A base d'acqua:** Alternativa ecologica con ridotte emissioni di solventi, garantisce una protezione adeguata e maggiore sicurezza per gli operatori.
- **A polimerizzazione UV:** Offre tempi di indurimento superficiale rapidi ed elevata resistenza chimica, con un sistema di doppia polimerizzazione per garantire una totale polimerizzazione dopo una prima asciugatura mediante sorgente UV.
- **Bicomponente (2K):** Combina i vantaggi delle resine incapsulanti con la versatilità di un conformal coating, garantendo uno strato più spesso e un'eccellente protezione da umidità e agenti chimici.

La scelta del tipo di conformal coating dipende dalle condizioni operative e dalle esigenze di protezione del dispositivo. Ad esempio, per ambienti ad alta esposizione chimica è preferibile un rivestimento poliuretano, mentre per PCB soggetti a forti variazioni e ampi range termici operativi è più indicato un coating siliconico.



## Processi di applicazione: vantaggi e criticità

L'efficacia della verniciatura conforme dipende in gran parte dal metodo di applicazione utilizzato. Ogni processo ha i suoi vantaggi e le sue criticità, ed è fondamentale adottare quello più adatto al contesto di utilizzo del PCB.

### Applicazione per immersione

Il dip coating è una delle tecniche più utilizzate per l'applicazione del conformal coating in ambienti industriali con non elevati volumi di produzione. Il PCB viene immerso in un bagno di vernice e poi estratto con una velocità controllata per garantire una copertura uniforme. Tuttavia, questa metodologia richiede una mascheratura accurata per evitare che il rivestimento ricopra connettori, componenti critici o aree della PCB che non vogliamo o che non necessitano di protezione.

### Spruzzatura automatizzata e manuale

Lo spray coating è un processo che consente un'applicazione più mirata rispetto all'immersione. Esistono sistemi automatizzati e manuali, entrambi validi in base alle esigenze produttive. L'uso di un sistema robotizzato garantisce una precisione elevata, riducendo la necessità di mascherature estensive e consentendo l'applicazione del rivestimento solo in aree ben definite e garantendo spessori costanti e calibrati. Tuttavia, anche nei sistemi automatici, la calibrazione dei parametri di spruzzatura è essenziale per evitare problemi di eccessivo spessore o zone non coperte correttamente.

### Applicazione con pennello

Questa tecnica è spesso utilizzata per riparazioni o per piccoli volumi di produzione. Sebbene sia un metodo semplice, presenta il rischio di applicare uno strato non uniforme, con spessori variabili che potrebbero influenzare negativamente la protezione del PCB.

L'accuratezza dell'applicazione, è legata alla precisione dell'operatore.



## Problemi comuni nell'applicazione del conformal coating e come risolverli

Il conformal coating è un processo essenziale per proteggere i circuiti stampati dall'umidità, dalla polvere, dagli agenti chimici e dalle sollecitazioni ambientali. Tuttavia, durante l'applicazione, possono verificarsi diversi problemi che compromettono l'efficacia del rivestimento e, di conseguenza, la durabilità e l'affidabilità del prodotto finale. In questo capitolo esploreremo le problematiche più comuni, le loro cause e i metodi per risolverle in modo efficace.

### Corrosione

La corrosione è un fenomeno che si verifica a causa di una reazione chimica o elettrochimica tra un materiale e l'ambiente circostante, portando al deterioramento del materiale stesso. Uno degli effetti più comuni della corrosione nei circuiti stampati è la formazione di dendriti, che rappresentano una delle cause principali di guasto nei dispositivi elettronici.

Le principali cause della corrosione derivano da contaminanti presenti sulla superficie del circuito, provenienti dalla fabbricazione delle board, dai componenti, dalle attrezzature di assemblaggio e

dai residui di saldatura. Anche una pulizia non corretta del PCB può favorire il fenomeno corrosivo, aumentando il rischio di malfunzionamenti.

Per prevenire la corrosione, è essenziale adottare diverse strategie. Innanzitutto, è fondamentale eseguire un'ispezione accurata del circuito stampato e indossare guanti durante la manipolazione per evitare il trasferimento di contaminanti. Inoltre, il processo di saldatura deve essere attentamente controllato e ottimizzato, utilizzando filo e fluxanti a basso residuo, cosiddetti "NO CLEAN". Infine, un rigoroso processo di controllo e manutenzione degli impianti aiuta a ridurre significativamente il rischio di corrosione nei circuiti elettronici.



## Bolle d'aria

Uno dei problemi più frequenti nell'applicazione dei conformal coating è la formazione di bolle d'aria all'interno del rivestimento. Questo fenomeno si verifica quando l'aria rimane intrappolata nel coating, creando difetti visibili che possono compromettere la protezione del circuito stampato (PCB). Se il numero di bolle è elevato, si può formare una schiuma che rende il rivestimento irregolare e poco efficace.

Le cause principali di questo problema sono molteplici e dipendono da fattori come la viscosità del materiale, la tecnica di applicazione e il processo di asciugatura. Spesso, il coating viene applicato su superfici umide, oppure il rivestimento utilizzato è troppo spesso e viscoso, impedendo alle bolle di fuoriuscire. Anche la presenza di aria nei condotti di spruzzatura o un'errata regolazione del sistema spray possono accentuare il fenomeno. Se il coating viene asciugato troppo rapidamente, il solvente può rimanere intrappolato sotto una "pelle" superficiale già secca, bloccando le bolle all'interno del film.

Perché le bolle sono un problema?

Le bolle nel conformal coating rappresentano un rischio significativo per l'affidabilità del circuito, poiché possono compromettere l'isolamento e creare punti deboli nel rivestimento. Alcuni degli effetti più critici includono:

- **Protezione non uniforme:** un rivestimento con bolle può lasciare parti del PCB esposte a contaminanti e umidità.
- **Cortocircuiti e guasti elettrici:** se una bolla crea un ponte d'aria tra due conduttori, il rischio di scariche elettriche o corrosione aumenta.
- **Gas intrappolati:** alcune bolle possono contenere gas corrosivi o incompatibili con il rivestimento, accelerando il degrado del materiale.

Con l'aumento della densità dei componenti sui PCB moderni, anche la tolleranza per le dimensioni delle bolle si è ridotta, rendendo il controllo della loro formazione ancora più critico.

## Cause principali delle bolle nei rivestimenti conformi

La formazione di bolle può dipendere da diversi fattori. Le principali cause includono:

### 1. Intrappolamento di aria nel serbatoio a pressione

Durante il trasferimento del materiale al serbatoio dell'impianto, l'aria può mescolarsi con il rivestimento se la pressione è troppo elevata. Un metodo per individuare il problema è mescolare delicatamente il coating con una spatola: se compaiono piccole bolle, significa che il materiale ha inglobato aria.

### 2. Errata regolazione del sistema di spruzzatura

Se la pressione dell'aria nella valvola di spruzzatura è troppo alta, si possono formare turbolenze che introducono bolle nel rivestimento. In questi casi, abbassare la pressione e ottimizzare il pattern di spruzzatura può ridurre il problema.

### 3. Asciugatura troppo rapida o polimerizzazione accelerata

Quando la superficie del rivestimento si asciuga prima degli strati sottostanti, il solvente o i gas di polimerizzazione rimangono intrappolati, causando la formazione di bolle. L'uso di temperature e flussi d'aria moderati nelle prime fasi di asciugatura aiuta a evitare questo problema.

### 4. Viscosità eccessiva del rivestimento

Se il coating è troppo denso, le bolle non riescono a fuoriuscire facilmente. In questi casi, può essere utile diluire il materiale con solventi a lenta evaporazione per facilitare una stesura uniforme.

### Come prevenire e risolvere il problema delle bolle

Per ottenere un conformal coating omogeneo e privo di difetti, è fondamentale ottimizzare il processo di applicazione e asciugatura. Ecco alcune strategie efficaci:

- **Ottimizzare la formulazione del coating:** scegliere materiali con una viscosità adeguata e solventi con tempi di evaporazione controllati aiuta a prevenire l'intrappolamento di bolle.
- **Applicare il coating in strati sottili:** invece di un'unica passata spessa, è preferibile applicare più strati leggeri, lasciando tempo sufficiente per la dispersione delle bolle.
- **Regolare correttamente la pressione e il flusso d'aria:** sia nella spruzzatura che nel serbatoio di pressione, mantenere valori ottimali riduce la formazione di turbolenze.
- **Gestire attentamente il processo di asciugatura:** evitare temperature eccessive nelle prime fasi consente ai solventi di evaporare in modo graduale, senza intrappolare gas nel rivestimento.

Un approccio combinato tra scelta del corretto prodotto, tecnica di applicazione e controllo delle condizioni ambientali consente di minimizzare il rischio di bolle e garantire un conformal coating di alta qualità.



### Buccia d'arancia

Un altro problema comune è l'effetto buccia d'arancia, che si manifesta quando il rivestimento si presenta irregolare e opaco, con un aspetto che ricorda la superficie di un'arancia. Questo difetto estetico può compromettere la funzionalità del coating, riducendo la protezione del circuito.

Le principali cause di questo fenomeno sono legate a una scorretta applicazione del materiale, a uno spessore del film protettivo non adeguato e a una mancanza di omogeneità nel deposito. Anche una profilatura errata può contribuire alla comparsa di questo problema.

Per ridurre il rischio di effetto buccia d'arancia, è fondamentale diminuire la viscosità del materiale coprente e regolare correttamente la pressione d'aria della valvola spray. Inoltre, è necessario ottimizzare la distanza dello spruzzo per garantire un'applicazione uniforme. Un altro aspetto da considerare è il profilo termico, che deve essere adeguato alle specifiche tecniche del materiale utilizzato.



### Cobwebbing

Uno dei problemi più comuni nell'applicazione del conformal coating è il fenomeno noto come "ragnatela" (cobwebbing). Questo si manifesta quando, durante la spruzzatura del rivestimento, si formano filamenti sottili e traslucidi che ricordano le ragnatele, spesso attorno ai componenti più alti della scheda. Questo difetto è causato dalla rapida essiccazione del rivestimento nell'aria prima di raggiungere la superficie desiderata.

### Cause principali del fenomeno "ragnatela"

**1. Viscosità elevata del rivestimento:** Una viscosità troppo alta può impedire al rivestimento di fluire correttamente, favorendo la formazione di filamenti durante la spruzzatura.

**2. Pressione dell'aria eccessiva:** Una pressione dell'aria troppo alta durante la spruzzatura può atomizzare eccessivamente il rivestimento, causando l'essiccazione prematura delle particelle nell'aria.

**3. Solventi a rapida evaporazione:** L'uso di solventi che evaporano troppo rapidamente può portare all'essiccazione del rivestimento prima che raggiunga la superficie della scheda.

### Metodi per prevenire il fenomeno "ragnatela"

**1. Regolare la viscosità del rivestimento:** Assicurarsi che la viscosità del rivestimento sia ottimale per l'applicazione. Se è troppo alta, considerare l'aggiunta di solventi appropriati per diluirla, seguendo le raccomandazioni del produttore.

**2. Ottimizzare la pressione dell'aria:** Impostare la pressione dell'aria dello spruzzatore secondo le specifiche del produttore del rivestimento. Una pressione eccessiva può causare atomizzazione fine e rapida evaporazione, mentre una pressione troppo bassa può portare a una copertura non uniforme.

**3. Selezionare solventi adeguati:** Utilizzare solventi con una velocità di evaporazione appropriata per l'ambiente di lavoro. In ambienti caldi o secchi, potrebbe essere necessario utilizzare solventi a evaporazione più lenta per prevenire l'essiccazione prematura.

**4. Controllare le condizioni ambientali:** Mantenere condizioni ambientali controllate nell'area di applicazione, come temperatura e umidità, può aiutare a prevenire l'essiccazione troppo rapida del rivestimento.

Affrontando attentamente questi aspetti, è possibile prevenire efficacemente la formazione del fenomeno "ragnatela" durante l'applicazione del conformal coating, garantendo una protezione uniforme e affidabile per le schede elettroniche.



### Dewetting

Il dewetting è un fenomeno che si verifica quando il conformal coating non si dispensa correttamente sulla superficie del circuito stampato (PCB), creando zone scoperte che compromettono la protezione del circuito. Questo problema è spesso causato da una bassa tensione superficiale del solder resist o dei componenti, dalla presenza di contaminanti come residui di fluxante, adesivi, silicani, oli o polveri, oppure da una pulizia inadeguata del substrato. Anche un'eccessiva diluizione del coating può contribuire alla scarsa adesione.

Quando il rivestimento non riesce a diffondersi uniformemente sulla superficie, può accumularsi in alcune aree, lasciandone altre scoperte. I residui comuni, come grasso, olio o fluidi da taglio, impediscono il corretto flusso e livellamento del coating, riducendone l'efficacia nel tempo.

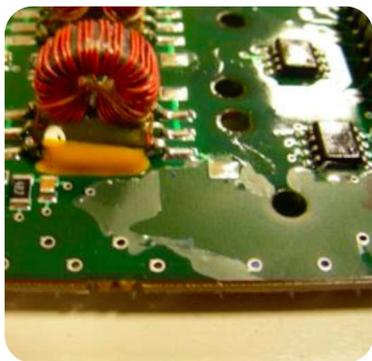
### Come risolvere il problema del dewetting

Per garantire una corretta bagnabilità del conformal coating, è essenziale:

**1. Pulizia accurata del PCB** – Utilizzare solventi specifici o tecniche di lavaggio adeguate per rimuovere completamente ogni tipo di contaminante prima dell'applicazione del rivestimento.

**2. Utilizzo di primer o trattamento al plasma** – In caso di problemi persistenti, l'uso di primer specifici o di trattamenti al plasma, può migliorare la bagnabilità della superficie..

Una pulizia accurata e l'adozione di tecniche di applicazione corrette sono fondamentali per prevenire il dewetting e garantire la massima efficacia del conformal coating.



## Delaminazione

I conformal coating offrono una protezione essenziale per i circuiti stampati (PCB), ma la loro efficacia dipende dalla corretta adesione al substrato. Errori nell'applicazione possono causare problemi di delaminazione e scarsa adesione, compromettendo la qualità del prodotto finale. Per questo motivo, prima della produzione su larga scala, è fondamentale eseguire test di adesione per verificare l'integrità del processo produttivo.

### Il problema della delaminazione nei conformal coating

La delaminazione si verifica quando il film protettivo si stacca dal circuito stampato, lasciando esposta l'area sottostante e compromettendo la protezione del PCB. Questo problema può essere causato da una bassa tensione superficiale del solder resist, da una pulizia inadeguata del circuito o da una mancata compatibilità tra il rivestimento e il PCB. Anche la permeabilità all'umidità, un profilo termico di essiccazione scorretto, temperature di lavoro troppo elevate o urti e vibrazioni, possono influire negativamente.

Per prevenire la delaminazione, è utile aumentare la tensione superficiale della superficie del PCB. La rimozione delle contaminazioni dal circuito stampato prima dell'applicazione del film protettivo può migliorare l'adesione del coating. Se la delaminazione è causata da una temperatura eccessiva o da urti e vibrazioni presenti nel ciclo di vita del PCB, potrebbe essere necessario scegliere un materiale di rivestimento più adatto a sopportare tali condizioni.

### Test di adesione ASTM D3359

Il test di adesione valuta la capacità del rivestimento conformale di aderire ai substrati. Il livello di adesione influisce direttamente sulla qualità del PCB e sulla durata del rivestimento applicato.

Lo standard ASTM D3359 è il riferimento principale per i test di adesione

### Metodi di test e strumenti necessari

L'ASTM D3359 definisce il metodo per testare la forza adesiva dei rivestimenti su un substrato. Il test prevede l'applicazione e la completa polimerizzazione del rivestimento, seguita dall'incisione con uno specifico attrezzo dotato di lame per l'incisione del rivestimento polimerizzato con tagli paralleli di spessore uniforme e dall'applicazione di un nastro adesivo certificato, che viene poi rimosso rapidamente. Il grado di adesione viene valutato osservando la quantità di materiale rimasto sul PCB dopo la rimozione del nastro.

### Esecuzione e analisi del test di adesione

Ricapitolando le fasi principali:

1. Applicare e polimerizzare il rivestimento sul PCB
2. Effettuare i tagli con una pressione e un angolo costanti:
  - Realizzare la prima serie di incisioni
  - Ruotare il PCB di 90°
  - Effettuare la seconda serie di incisioni perpendicolari
3. Applicare il nastro adesivo certificato
4. Attendere 60-90 secondi prima di rimuovere il nastro con un angolo di 180°
5. Analizzare i risultati

## Interpretazione dei risultati del test di adesione

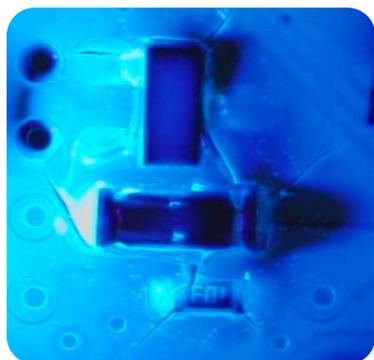
I risultati vengono valutati secondo la scala ASTM D3359:

- **0B** – La maggior parte del rivestimento si stacca dall'area tagliata
- **2B** – Gravi graffi e distacco del rivestimento in alcune sezioni
- **4B** – Graffi profondi con minima delaminazione lungo i tagli, ma nessuna perdita di rivestimento
- **5B** – Tagli netti senza segni di delaminazione

I risultati **4B** e **5B** indicano un'elevata qualità del rivestimento se vengono mantenute le stesse condizioni di:

- Energia superficiale del substrato
- Livello di contaminazione sulla superficie del PCB
- Metodo di applicazione, spessore e polimerizzazione del rivestimento

Seguendo queste linee guida, i test di adesione ASTM D3359 garantiscono un controllo di qualità affidabile per i rivestimenti conformi, migliorando la durabilità e la performance dei PCB.



### Cracking

Le crepe nel conformal coating rappresentano un problema critico, poiché lasciano il circuito stampato (PCB) esposto a umidità, polveri e altri contaminanti, compromettendone la protezione. Questo fenomeno può essere causato da diversi fattori, tra cui:

- **Temperatura di polimerizzazione inadeguata** – Se troppo alta, accelera l'evaporazione dei solventi, causando tensioni interne e crepe; se troppo bassa, impedisce una corretta reticolazione del rivestimento.
- **Spessore eccessivo del film protettivo** – Strati troppo spessi possono contrarsi in modo irregolare durante la polimerizzazione, provocando crepe e distacchi.
- **Tempo di polimerizzazione insufficiente** – Se tra una mano e l'altra non viene lasciato il tempo necessario affinché il solvente evapori, si possono generare stress interni che portano alla formazione di screpolature (crazing).
- **Applicazione non uniforme** – Uno spessore irregolare del coating può creare zone vulnerabili, con aree troppo sottili che non garantiscono protezione e altre troppo spesse soggette a cracking.

### Come prevenire il cracking

Per evitare la formazione di crepe nel conformal coating, è importante adottare le seguenti strategie:

#### 1. Ottimizzare il profilo di polimerizzazione

Prediligere un'essiccazione graduale, lasciando inizialmente il PCB a temperatura ambiente prima di passare alla fase di polimerizzazione termica con un riscaldamento progressivo e graduale.

#### 2. Regolare lo spessore del rivestimento

Evitare applicazioni troppo spesse, preferendo più strati sottili invece di uno spesso.

Controllare lo spessore con strumenti di misurazione come calibri digitali o misuratori a ultrasuoni.

### 3. Assicurare una corretta applicazione

Verificare la tecnica di spruzzatura, regolando la velocità di applicazione e la pressione dell'ugello per ottenere una copertura uniforme.

Lasciare un tempo sufficiente tra una mano e l'altra affinché il solvente evapori completamente.

### 4. Scegliere materiali adatti

Utilizzare un conformal coating con un'ampia gamma di temperature di esercizio, più flessibile e con un adeguato coefficiente di espansione per resistere alle variazioni termiche senza creparsi.

Implementando queste precauzioni, è possibile ridurre significativamente il rischio di cracking, garantendo una protezione affidabile e duratura per il PCB.



## Fisheyes

I fisheyes sono difetti del conformal coating che si manifestano come piccole aree circolari con un "cratere" o una fossetta al centro. Questo problema è particolarmente evidente durante l'applicazione a spruzzo o poco dopo, compromettendo la qualità del rivestimento.

### Cause principali dei fisheyes

- **Contaminazione da olio o acqua** – L'olio o l'umidità intrappolati nel sistema dell'aria compressa possono interferire con l'applicazione uniforme del rivestimento.
- **Residui nelle linee di spruzzatura** – Contaminanti presenti nelle apparecchiature di applicazione possono alterare la distribuzione del coating, generando difetti superficiali.
- **Sistema di filtraggio inadeguato** – Se l'aria compressa utilizzata nel processo non è filtrata correttamente, possono essere introdotti contaminanti che impediscono una stesura omogenea del film.

## Come prevenire i fisheyes

Per evitare la formazione di fisheyes nel conformal coating, è fondamentale adottare le seguenti misure:

- 1. Installare un sistema di filtraggio adeguato** – Assicurarsi che l'aria compressa utilizzata per la spruzzatura sia completamente priva di olio, acqua e contaminanti mediante l'uso di filtri appropriati.
- 2. Manutenzione regolare delle apparecchiature** – Pulire periodicamente le linee di spruzzatura e sostituire eventuali componenti contaminati.
- 3. Controllare le condizioni ambientali** – Evitare l'uso di attrezzature in ambienti con elevata umidità o inquinamento da particelle oleose.

Seguendo queste pratiche, è possibile eliminare i fisheyes e garantire un'applicazione uniforme e di alta qualità del conformal coating.

## Effetto capillare

L'effetto capillare si verifica quando il conformal coating si insinua sotto i componenti elettronici, riducendo lo spessore del rivestimento nelle aree critiche. Questo problema è particolarmente evidente nei circuiti stampati a montaggio superficiale (SMD), dove lo spazio tra il componente e il PCB è molto ridotto. Inoltre, la mobilità naturale dei fluidi a bassa viscosità può far sì che il rivestimento si diffonda in zone indesiderate (wicking), compromettendo la protezione del circuito.

### Cause principali dell'effetto capillare

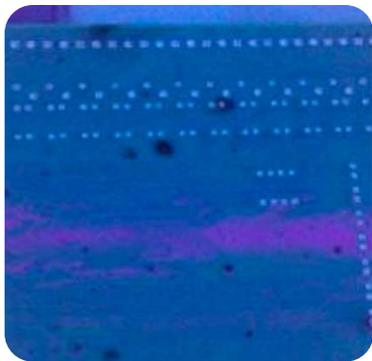
- **Eccessiva fluidità del rivestimento** – I coating a bassa viscosità tendono a diffondersi in modo incontrollato sotto i componenti.
- **Compatibilità non adeguata tra rivestimento e componenti** – Alcuni componenti favoriscono l'assorbimento del coating anziché respingerlo.
- **Overspray accidentale** – L'applicazione imprecisa può causare la diffusione del rivestimento in aree non previste, compromettendo la funzionalità di alcuni componenti.

### Come prevenire l'effetto capillare

Per evitare che il conformal coating venga assorbito nelle zone non desiderate e garantire una copertura efficace, è consigliabile:

- 1. Selezionare coatings con bassa tendenza alla capillarità** – Optare per un conformal coating con una viscosità adeguata che riduca la possibilità di diffusione incontrollata.
- 2. Verificare la compatibilità tra il rivestimento e i componenti elettronici** – Alcuni componenti possono facilitare l'assorbimento della vernice, quindi è essenziale testarli prima dell'applicazione.
- 3. Applicare una barriera protettiva** – L'uso di mascherature, come nastro o lattice pelabile, oppure la creazione di dighe di protezione e contenimento del coating con prodotti in GEL, può prevenire la diffusione del coating nelle aree critiche. La mascheratura va rimossa rapidamente prima che il rivestimento si asciughi.
- 4. Modificare il metodo di applicazione** – Tecniche di spruzzatura controllata e l'uso di illuminazione UV per il controllo visivo possono aiutare a individuare eventuali zone problematiche e correggere l'applicazione prima che il rivestimento si asciughi.

Seguendo queste precauzioni, è possibile minimizzare l'effetto capillare e garantire una protezione uniforme ed efficace del PCB.



### Dendriti e whiskers

I dendriti e i whiskers sono filamenti conduttivi che possono svilupparsi tra le tracce del PCB, causando cortocircuiti e riduzione delle prestazioni del dispositivo. La loro formazione è spesso legata a condizioni di elevata umidità, alla presenza di contaminanti ionici o a residui di flussante rimasti sotto il conformal coating.

#### Cause principali della formazione di dendriti e whiskers

- **Contaminazione ionica** – Sostanze residue, come flussanti non completamente rimossi, possono facilitare la crescita di filamenti conduttivi.
- **Umidità elevata** – Un ambiente con alta umidità accelera la formazione di dendriti, aumentando il rischio di cortocircuiti.
- **Strati di rivestimento non uniformi** – Bolle d'aria o vuoti nel conformal coating possono esporre il PCB agli agenti contaminanti e favorire la crescita di whiskers.

### Come prevenire la crescita di dendriti e whiskers

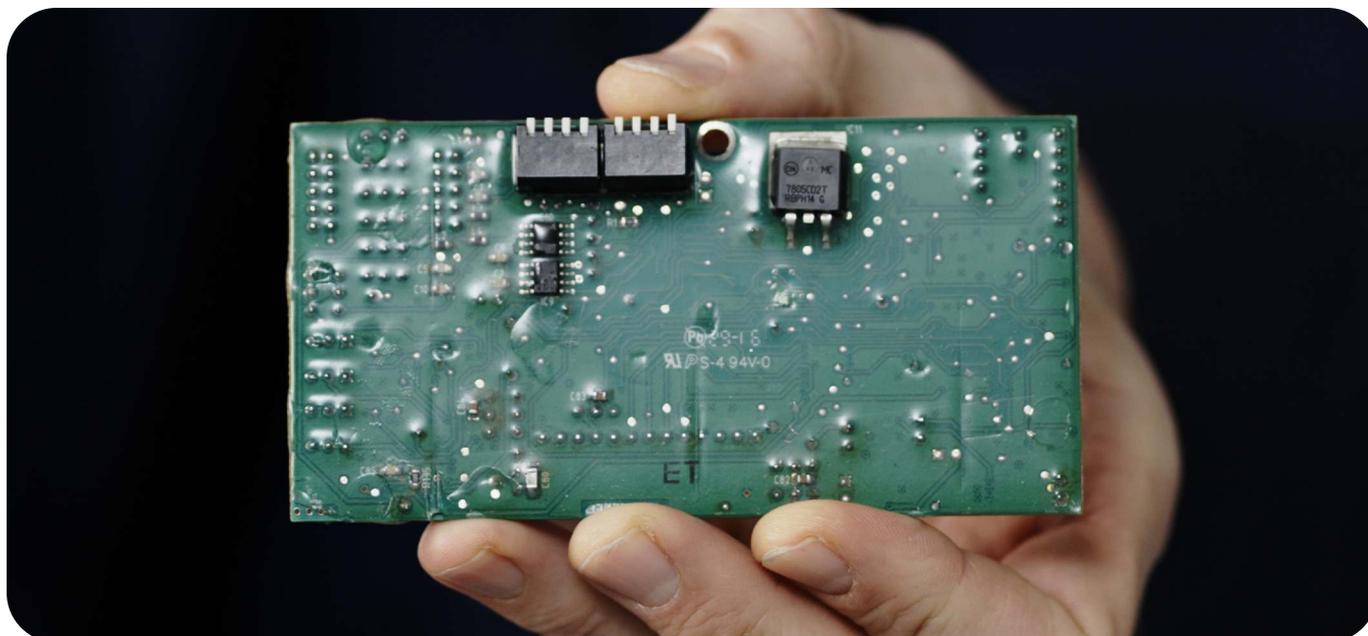
Per ridurre il rischio di formazione di questi filamenti conduttivi, è consigliabile:

- 1. Pulire accuratamente il PCB prima del rivestimento** – Rimuovere tutti i residui di flussante e le contaminazioni ioniche per eliminare i fattori che favoriscono la crescita di dendriti.
- 2. Utilizzare conformal coating con elevate proprietà di isolamento** – Scegliere materiali con alta resistenza elettrica per ridurre la possibilità di conduttività tra le tracce del PCB.

**3. Applicare un rivestimento uniforme e privo di vuoti** – Garantire che il conformal coating copra completamente il PCB senza bolle o spazi non protetti.

**4. Eseguire test di invecchiamento accelerato** – Per dispositivi critici, è utile testare la resistenza del rivestimento nel tempo, simulando condizioni di umidità e temperatura elevate per verificare l'efficacia della protezione.

Implementando queste strategie, è possibile prevenire la crescita di dendriti e whiskers, migliorando l'affidabilità e la durata del PCB.



## Cosa deve garantire un buon conformal coating

Per garantire prestazioni ottimali, un buon conformal coating deve soddisfare diversi requisiti fondamentali:

### Isolamento elettrico superficiale

Un conformal coating deve fornire un'elevata resistenza elettrica tra i contatti. Prima dei test ambientali, la resistività elettrica superficiale deve essere almeno di  $10^{10}$  ohm e non deve scendere sotto  $10^8$  ohm dopo i test.

### Resistenza di isolamento superficiale (SIR)

La capacità del coating di mantenere le proprietà elettriche è essenziale per la protezione a lungo termine. I test più comuni comprendono:

- **Rigidità dielettrica**
- **Costante dielettrica**
- **Resistenza di isolamento superficiale**
- **Indice di monitoraggio comparativo (CTI)**
- **Fattore di dissipazione**

### Flessibilità

Il rivestimento deve rimanere flessibile per adattarsi alle dilatazioni termiche del PCB. Per testare questa proprietà, una striscia di rame rivestita viene piegata attorno a un mandrino da 3 mm, senza che il coating si screpoli o si distacchi.

## Adesione

Un buon coating deve aderire saldamente al substrato. Per verificare l'adesione si utilizza il test delle incisioni incrociate: un nastro adesivo viene applicato sulla superficie incisa e rimosso per valutare eventuali distacchi.

## Invecchiamento termico

Il rivestimento deve resistere all'invecchiamento accelerato secondo i test UL746, che prevedono:

- 24 ore di immersione in acqua
- 24 ore a 105°C
- 96 ore con 90% di umidità relativa a 35°C
- 8 ore a -70°C Il ciclo viene ripetuto tre volte per simulare anni di esposizione ambientale.

## Ciclo termico / Shock termico

I PCB rivestiti devono sopportare rapide variazioni di temperatura, come quelle che avvengono nell'avvio di un motore in climi freddi. I test seguono la norma IEC 60068-2-14, simulando condizioni che variano da -40°C a +100°C in brevi intervalli.

## Barriera all'umidità

L'umidità atmosferica è una delle principali cause di corrosione nei PCB. Un buon conformal coating deve impedire la penetrazione di umidità e prevenire la formazione di condensa sulle superfici elettroniche.

## Resistenza alla nebbia salina

In ambienti marini, la combinazione di acqua e sale accelera la corrosione. Il conformal coating deve proteggere i circuiti stampati dagli effetti nocivi della nebbia salina.

## Resistenza ai raggi UV

L'esposizione ai raggi ultravioletti può deteriorare il coating nel tempo. I test secondo la norma ISO 4892, parte 3, ciclo 1, simulano un'esposizione equivalente a 4 anni di invecchiamento in un clima nord-europeo.

## Resistenza ai gas corrosivi

I PCB devono essere protetti da atmosfere aggressive contenenti gas come idrogeno solforato e anidride solforosa. Il test BS EN 60068-2-60, metodo 1, verifica la resistenza del coating a tali condizioni.

## Resistenza ai solventi

I conformal coating devono mantenere la loro integrità anche in presenza di solventi chimici. La norma IEC 61086-2 definisce test specifici per valutare la resistenza a varie sostanze chimiche impiegate nell'industria.

## Le nostre soluzioni di conformal coating

Per garantire la massima protezione dei PCB in diversi ambienti applicativi, offriamo una gamma completa di Conformal Coating di marchi leader nel settore: DOWSIL, Electrolube e MG Chemicals. Questi prodotti sono stati selezionati per la loro capacità di offrire protezione avanzata contro umidità, contaminanti chimici, stress termici e meccanici. La scelta del giusto conformal coating dipende dalle esigenze specifiche dell'applicazione, dalla compatibilità con i componenti elettronici e dal metodo di applicazione utilizzato.

## DOWSIL – Protezione avanzata con siliconici elastoplastici ed elastomerici

DOWSIL offre soluzioni a base siliconica ad alte prestazioni, ideali per applicazioni che richiedono flessibilità, resistenza termica, elevato isolamento elettrico e ottima adesione su PCB.

### Siliconici elastoplastici

I siliconici elastoplastici DOWSIL offrono una protezione superiore per componenti elettronici in condizioni ambientali impegnative. Questi rivestimenti combinano la resistenza meccanica (elevata resistenza al graffio) con una flessibilità ottimale, riducendo il rischio di crepe dovute a variazioni termiche. Tutte le soluzioni DOWSIL elastoplastiche sono omologate UL94 V-0.

- **DOWSIL 1-2577:** Conformal coating in dispersione di solvente con eccellente resistenza all'umidità e all'invecchiamento termico, particolarmente indicato per circuiti con esigenze di isolamento avanzato. Consente di essere applicato in spessori elevati con un'unica applicazione.
- **DOWSIL 1-2577LV:** è la versione a bassa emissione di VOC di 1-2577, riduce l'impatto ambientale mantenendo le stesse prestazioni.
- **DOWSIL 1-2620:** Rivestimento RTV elastoplastico in dispersione di solvente, a bassa viscosità, ideale per ambienti con elevata sollecitazione termica e per applicazioni dove vengono richiesti spessori tra 50 e 100 micron.
- **DOWSIL 1-2620LV:** Variante di 1-2620 con ridotte emissioni VOC per applicazioni industriali in cui è richiesto un controllo rigoroso degli agenti inquinanti.
- **DOWSIL CC-2588:** Soluzione premium in dispersione di solvente con eccellenti proprietà dielettriche, ottimizzata per la protezione di dispositivi elettronici in ambienti estremi. È la versione elastoplastica priva di impatto tossicologico.

### Siliconici elastomerici

I conformal coating siliconici elastomerici DOWSIL sono progettati per resistere a forti variazioni di temperatura e stress meccanici, garantendo un'elevata stabilità chimica e flessibilità.

- **DOWSIL 3-1953:** Rivestimento privo di solvente (100% silicone), trasparente con ottima adesione, indicato per applicazioni ad alta affidabilità in ambito automotive e industriale. Possiede l'omologazione UL94 V-0.
- **DOWSIL 3-1965:** Rivestimento privo di solvente (100% silicone), progettato per ambienti con elevate vibrazioni, offre una protezione duratura con minima variazione delle proprietà fisiche nel tempo. È la soluzione a più bassa viscosità per essere facilmente impiegato su impianti di dosaggio selettivi. Possiede l'omologazione UL94 V-0.
- **DOWSIL SE9187L:** Adesivo e coating in un unico prodotto, privo di solvente (100% silicone), particolarmente adatto per PCB soggetti a sollecitazioni dinamiche.
- **DOWSIL SE9189L:** Rivestimento privo di solvente (100% silicone), con eccellenti proprietà di isolamento elettrico e termico, ideale per componenti sensibili alle variazioni di temperatura. Consente l'applicazione di elevati spessori in una sola passata. Possiede l'omologazione UL94 V-0.

## Electrolube – Versatilità con soluzioni ibride, acriliche e poliuretaniche

Electrolube propone una gamma di conformal coating innovativi che offrono un'eccellente combinazione di protezione chimica e termica, con formulazioni studiate per garantire la massima adesione e durabilità.

### Ibrido alchidico/siliconico

Le soluzioni ibride di Electrolube combinano la resistenza chimica dei rivestimenti siliconici con la durezza e la stabilità dei materiali acrilici e poliuretanic.

- **DCA:** rivestimento conforme con eccellente protezione contro l'umidità e rapida asciugatura, elevato range termico operativo, adatto a PCB che operano in condizioni estreme.
- **DCR:** Variante di colore rosso della DCA, mantenendo le stesse eccellenti caratteristiche.
- **DCB:** Variante di colore nero della DCA, mantenendo le stesse eccellenti caratteristiche.

### Acrilico

I conformal coating acrilici Electrolube garantiscono un'ottimo isolamento elettrico, elevata trasparenza, facilità di rilavorazione e resistenza all'umidità.

- **AFA:** Formulazione senza aromatici per una protezione efficace contro umidità e contaminanti.
- **AFA-F:** Versione pre-diluita per applicazione con macchina selettiva e valvola film-coater.
- **AFA-S:** Versione pre-diluita per applicazione con macchina selettiva e valvola spray.
- **APL:** Lacca protettiva acrilica con eccellente adesione e resistenza all'abrasione.

### Poliuretanic

I conformal coating poliuretanic di Electrolube offrono una protezione superiore contro agenti chimici aggressivi e umidità.

- **PUC:** Rivestimento poliuretanic altamente resistente con eccellente stabilità meccanica, indicato per ambienti con esposizione a sostanze chimiche e temperature estreme.
- **UVCL:** rivestimento poliuretanic con doppio meccanismo di cura (mediante sorgente UV e per umidità relativa) e che polimerizza anche nelle zone d'ombra. Privo di solventi e con viscosità adeguata ad essere applicato con impianti selettivi. L'elevata adesione al substrato, l'eccellente resistenza agli aggressivi chimici e la rapidità di polimerizzazione, ne fanno un prodotto adatto ad essere impiegato in svariate condizioni.



## MG Chemicals – Protezione avanzata con soluzioni ibride, acriliche e uretaniche

MG Chemicals propone conformal coating ad alte prestazioni, ideali per applicazioni che richiedono un'elevata resistenza meccanica e chimica.

### Ibrido acrilico/siliconico

I conformal coating ibridi offrono il meglio di entrambi i mondi: flessibilità termica e resistenza all'umidità.

- **422B:** Rivestimento ibrido con eccellente protezione contro l'umidità e rapida asciugatura, ideale per PCB con alta densità di componenti e dove vengono richieste temperature di

esercizio elevate.

### **Acrilico**

Le soluzioni acriliche MG Chemicals garantiscono un'applicazione semplice e una protezione affidabile.

- **419D:** Formulazione ad alta trasparenza con eccellente adesione su una vasta gamma di substrati.
- **419E:** Protezione avanzata per circuiti stampati con elevata resistenza agli agenti atmosferici.

### **Uretanico**

I rivestimenti uretanici di MG Chemicals sono progettati per resistere alle condizioni ambientali più severe.

- **4223F:** Conformal coating uretanico con eccellenti proprietà di isolamento elettrico, resistenza ad aggressivi chimici e protezione contro l'umidità.

La scelta del giusto conformal coating è essenziale per garantire la protezione a lungo termine dei PCB. La nostra gamma di prodotti offre soluzioni per ogni esigenza, con materiali ad alte prestazioni in grado di resistere a condizioni ambientali estreme. Scegliere il rivestimento più adatto significa migliorare la durata dei dispositivi elettronici e ridurre i rischi di guasti, assicurando prestazioni ottimali nel tempo.



### **Ispezione e verifica della qualità**

L'ultima fase del processo consiste nella verifica della qualità del rivestimento applicato. Questo passaggio è fondamentale per assicurarsi che il conformal coating fornisca la protezione prevista.

Tra i test più utilizzati troviamo:

- **Ispezione UV**, che permette di identificare zone scoperte o difetti grazie a un tracciante fluorescente.
- **Test di immersione**, per verificare la protezione contro l'umidità e l'infiltrazione d'acqua.

- **Analisi microscopica**, utile per individuare bolle, difetti di adesione o accumuli di materiale.

## Conclusione

L'applicazione del conformal coating è un processo che richiede precisione e attenzione ai dettagli per garantire la massima affidabilità dei dispositivi elettronici. Evitare errori durante la fase di applicazione significa ridurre i costi di manutenzione e migliorare la durata dei prodotti.

Seguendo le migliori pratiche e adottando un controllo qualità rigoroso, è possibile ottenere una protezione efficace e duratura, riducendo il rischio di guasti e malfunzionamenti.

# MASCHERPA

da 120 anni forniamo soluzioni

mascherpa.it



La nostra pluriennale esperienza nel risolvere problemi di lubrificazione, adesione, sigillatura e protezione delle superfici, unita alla fondamentale attività di ricerca e sviluppo delle aziende che noi rappresentiamo, sono al vostro servizio. Contattateci, vi aiuteremo a dar vita alle vostre idee. Per conoscere tutte le gamme di prodotti e tecnologie trattate dalla nostra società e per avere maggiori informazioni, vi invitiamo a visitare il nostro sito

BroChim 03/2012.1



EMANUELE MASCHERPA S.p.A.  
via N. Battaglia 39 - 20127 Milano tel. 02 280031 fax 02 2829945