

IPC-A-610D für AOI:

Integrierte Verifikation ermöglicht IPC-konforme Prüfung

Bei der Fertigung elektronischer Baugruppen sind Produktionsfehler unvermeidlich. Zur Sicherstellung der Produktqualität haben sich Anlagen zur automatischen optischen Inspektion (AOI) bewährt. Zur Beurteilung und Klassifikation eventueller Baugruppenfehler wird häufig das Regelwerk der IPC-A-610D herangezogen. Bei der Anwendung dieses Regelwerkes auf AOI-Systeme sind verschiedene Aspekte zu beachten, um eine IPC-konforme Prüfung sicherzustellen.

Beim automatischen Bestücken und Lötten von elektronischen Baugruppen sind Produktionsfehler unvermeidlich. Um die Detektion dieser Fehler sicherzustellen und den Prozess weiter zu optimieren werden zunehmend AOI-Systeme eingesetzt. Häufig werden diese hinter dem Lötöfen zur Post-Reflow-Inspektion aufgestellt, da an diesem Prüftor das größte Potential zur Qualitätsverbesserung besteht.

Bei der Festlegung der Abnahmekriterien derartiger Anlagen kommen neben den Fehlerraten des AOIs (Pseudofehler und Schlupf) regelmäßig Themen wie Prüftiefe und Prüfmerkmale sowie deren Definition zur Sprache. Wird ein Lastenheft erstellt, so ist die genaue Definition, welche Fehler zu detektieren sind und was ein „Fehler“ ist, sehr wichtig zur Vermeidung späterer Diskussionen.

Als Grundlage und Referenz hat sich an dieser Stelle die IPC-A-610D (IPC) etabliert, welche eine „Zusammenstellung von Abnahmekriterien für die visuelle Inspektion elektronischer Baugruppen“ (IPC, 1.1 Übersicht) darstellt. Dies geht soweit, dass vielfach für die Prüftiefe und die Prüfmerkmale vollständig auf die IPC verwiesen wird: „Prüfumfang, Prüftiefe und Prüfmerkmale sind gemäß IPC-A-610D (Klasse 3) abzudecken“.

Die Eignung der IPC für das Prüfen Post-Reflow kommt auch dadurch zum Ausdruck, dass sie sich ausschließlich auf den Zustand von gelöteten Baugruppen bezieht. Im Folgenden soll die Anwendung der IPC-A-610D bei der automatischen optischen Inspektion Post-Reflow diskutiert werden.

Überblick IPC-A-610D

Die IPC-A-610D ist – wie oben erwähnt – eine Zusammenstellung von Abnahmekriterien für die visuelle Inspektion elektronischer Baugruppen. Die Baugruppen werden dabei in die folgenden drei Klassen unterteilt, für die die Kriterien unterschieden werden (IPC, 1.4.1 Klassifikation):

- Klasse 1 – Gewöhnliche Elektronikprodukte
- Klasse 2 – Zweckbestimmte Elektronikprodukte
- Klasse 3 – Hochleistungselektronik

In jeder Klasse werden die Kriterien wiederum vierstufig dargestellt (IPC, 1.4.2 Abnahmekriterien):

- Idealzustand, Zielwert (Anzustreben)
- Abnahmezustand (Zulässig)
- Fehlerzustand (Unzulässig)
- Prozessindikator

Der jeweils beschriebene Idealzustand ist nicht immer realisierbar und der Abnahmezustand daher ausreichend. Der Prozessindikator stellt einen speziellen Zustand dar. Er ist kein Fehler, erfüllt aber nicht vollständig die Abnahmekriterien. Ist eine Zunahme von Prozessindikatoren zu beobachten, so sollte eine Prozessanalyse erfolgen, um den Fertigungsprozess weiter zu verbessern.

In Fachkreisen wird über die Einführung einer Klasse 4 diskutiert, jedoch weist der Entwurf für die IPC-A-610E (Stand Juni 2009) weiterhin drei Klassen aus.

Die generellen Kriterien für Lötverbindungen werden in Kapitel 5 des IPC-Handbuchs behandelt. Kapitel 8 bezieht sich auf oberflächenmontierte Baugruppen, wobei 8.2 schließlich ausführlich auf SMT-Lötverbindungen eingeht.

Die Abnahmekriterien sind sehr anschaulich illustriert, wie das folgende Beispiel eines Chip-Bauteils zeigt. Aus Platzgründen sind die Kriterien von 8.2.2.3 nur auszugsweise dargestellt:

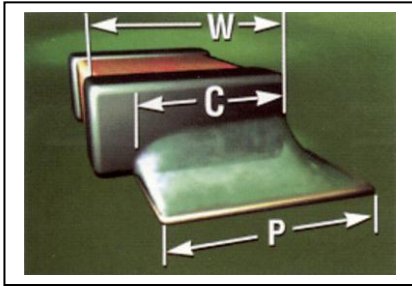


Abb. 1: IPC-A-610D, 8-20: Endbreite/Versatz am Bsp. Chip-Bauelement

Abbildung 1 beschreibt den zulässigen Fall der Endbreite für Klasse 3: „Die Endbreite der Lötstelle (C) beträgt mindestens 75% der Bauteilanschlussbreite (W) oder Anschlussflächenbreite (P), je nach dem, welches kleiner ist.“

Zu beachten ist, dass die IPC-A-610D Kriterien für die visuelle Inspektion beschreibt und „visuelle Vorgaben der Sichtprüfung“ (IPC, 1.2 Ziele/Anwendungsbereich) darstellt. „Automatische Inspektionstechnologie (Automatische Optische Inspektion (AOI)) stellt eine brauchbare Alternative zur Sichtprüfung dar ...“ (IPC, 1.6 Methodik der Inspektion). Dies bedeutet, dass die IPC eindeutig für die manuelle Sichtprüfung durch den Menschen konzipiert wurde.

Übertragbarkeit der Kriterien auf AOIs

Es stellt sich daher die Frage, inwieweit die Abnahmekriterien der IPC für elektronische Baugruppen direkt auf AOIs übertragbar sind. Die Idealvorstellung ist vielfach, die in den Abbildungen dargestellten Abmessungen zulässiger Abnahmезustände als Schwellwerte in das AOI zu übernehmen. Soweit das AOI die Verhältnisse auf der Baugruppe geometrisch erfasst, liefert der Vergleich mit den übernommenen Schwellwerten das Prüfergebnis.

Dabei sind allerdings einige Aspekte zu berücksichtigen. Wie oben dargelegt, ist die IPC als Werkzeug zur manuellen Sichtprüfung konzipiert („AOI brauchbare Alternative“) und daher sind die Schwellwerte grob quantisiert, z.B. in Schritten von 25% bei der Beurteilung von Chip-Bauteilen (Tabelle 8-2). Dies ermöglicht einen subjektiven Vergleich der schematischen Darstellung mit der realen Baugruppe und die qualitative Bewertung der sichtbaren Merkmale, feinere Abstufungen wären kaum umsetzbar.

Zum anderen sind nicht alle Abmessungen mit Schwellwerten vorgegeben, wie beispielsweise bei der Definition der Seitenlänge der Lötstelle D an zylindrischen Endkappenanschlüssen (Melfs). Hier existiert die Anmerkung: „Sichtbar gute Benetzung“ (8.2.3.4., Klasse 1). Einige Bauformen wie QFN/MLF (Tabelle 8-13) sind nur rudimentär beschrieben.

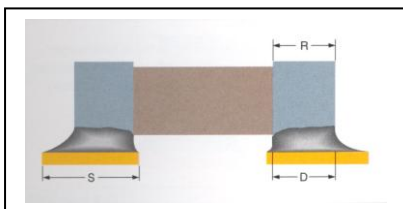


Abb. 2: IPC-A-610D, 8-50: Seitenlänge der Lötstelle am Melf

Abb.3: IPC-A-610D, 8-51, Lötung am Melf

Ein weiterer Aspekt ist die Behandlung sogenannter „kombinierter Zustände“. Darunter wird das gleichzeitige Auftreten von Abweichungen bei mindestens zwei Merkmalen verstanden. Die Abnahmезustände der IPC sind individuell für jedes einzelne Merkmal definiert, die große Anzahl von Kombinationsmöglichkeiten erlaubt keine vollständige Definition (IPC, 1.4.2.5).

Treten Fehlermerkmale kombiniert auf – magere Lötstelle mit Versatz – so kann ohne weiteres ein Fehlerzustand vorliegen, obwohl jedes einzelne Merkmal innerhalb der Toleranzen liegt. Bei einer

Sichtprüfung durch den Menschen ist dies ohne weiteres abdeckbar. Daraus folgt, dass der „Faktor Mensch“ beim Umsetzen der IPC wichtig ist.

Dies alles zeigt, dass eine reine Übertragung vorhandener IPC-Schwellwerte in das AOI für das Prüfen elektronischer Baugruppen unvollständig ist. Die IPC ist ein Werkzeug, aber sie entlässt den Hersteller elektronischer Baugruppen (und den von AOIs!) nicht aus der Verantwortung für die Qualität der Erzeugnisse.

Konzept zur Anwendung der IPC-A-610D mit AOIs

Das Viscom-Konzept zur Anwendung der IPC-A-610D im Zusammenhang mit AOIs bindet die IPC derart ein, dass sie ihrem originären Einsatzzweck folgend optimal Berücksichtigung finden kann.

Der Grundgedanke ist, dass die IPC am Klassifikationsplatz (Nachsicht der vom AOI gelieferten Prüfergebnisse) zur endgültigen Beurteilung der Prüfergebnisse herangezogen wird und dabei gleichzeitig eine Verifikationsstichprobe von guten und schlechten Exemplaren für die Bibliothek des AOIs entsteht. Das folgende Bild erläutert die Zusammenhänge.

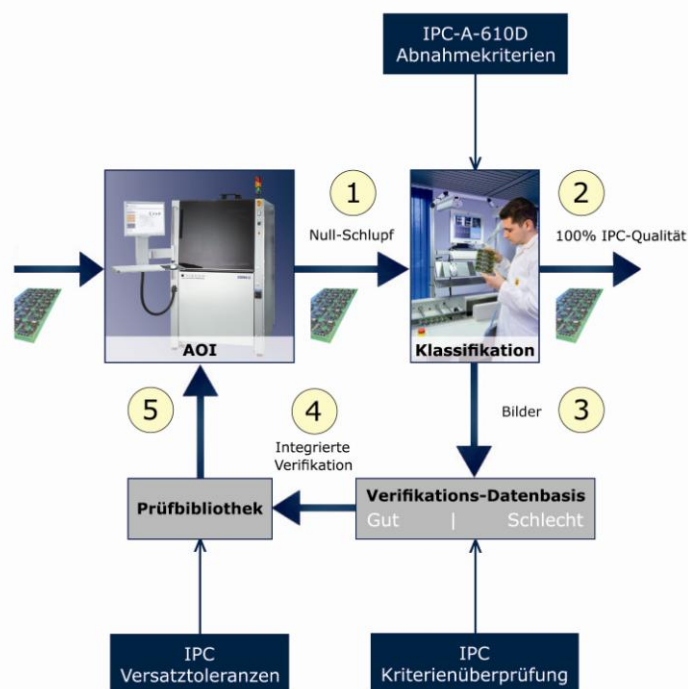


Abb. 4: Konzept zur Anwendung der IPC mit Viscom-AOIs

Das AOI liefert die Prüfergebnisse in Form von Bilddaten zur Nachsicht an den Klassifikationsplatz. In der Regel besteht bereits ein „Null-Schlupf“-Anspruch, das heißt, kein Fehler darf übersehen werden (1). In der Praxis wird dies trotzdem gelegentlich vorkommen, beispielsweise durch das Auftreten bis dahin nicht berücksichtigter Fehlerzustände. Der Anspruch eines guten AOI muss sein, in diesem Fall Technologie und Methoden bereitzustellen, um eine Wiederholung dieses Fehlerschlupfs nachweisbar auszuschließen.

Bei der Klassifikation der Prüfergebnisse und der endgültigen Beurteilung werden die IPC-Abnahmekriterien durch das IPC-geschulte Personal berücksichtigt (2). Um den Wissensstand sicherzustellen, sollten Mitarbeiter regelmäßig anhand vorklassifizierten Bildmaterials trainiert und so die Qualität der Beurteilung sichergestellt und dokumentiert werden.

Die Software sortiert anhand der Klassifikation der AOI-Ergebnisse automatisch die Fehlerbilder. So entsteht parallel eine wertvolle Verifikations-Datenbasis mit Bildern von guten und schlechten Mustern (3). Basierend auf 25 Jahren AOI-Erfahrung liefert Viscom mit den Systemen eine entsprechende Verifikations-Datenbasis, die beim Kunden dann automatisch ergänzt wird.

Der Rückfluss in das AOI geschieht dadurch, dass diese nun IPC-konforme Verifikations-Datenbasis zur Überprüfung der Prüfbibliothek des AOIs herangezogen wird (4, 5). Durch entsprechende Offline-Software wird automatisch verifiziert, ob die aktuellen Parametereinstellungen und Schwellwerte alle in der Datenbasis vorhandenen Musterexemplare richtig bewerten (Klassentrennung).

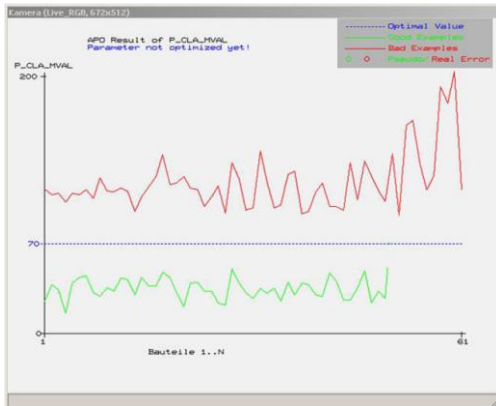


Abb. 5: Klassentrennung bei der Integrierten Verifikation

Über die Verifikation entstehen außerdem aussagekräftige Dokumente, so dass auch bei einem Audit die IPC-konforme Prüfung und die Schlupffreiheit nachgewiesen werden.

Zusammenfassung

Die IPC-A-610D hat sich als Werkzeug bei der manuellen Sichtprüfung von elektronischen Baugruppen etabliert und bewährt. Um das Leistungsvermögen moderner AOIs voll auszuschöpfen, wird für ihre Anwendung mit AOIs ein flexibles Konzept wie die Integrierte Verifikation von Viscom benötigt.

Der Ansatz, nur die vorhandenen Schwellwerte der IPC in das AOI zu „laden“ und mit dem geometrischen Ist-Zustand numerisch zu vergleichen, ist nicht ausreichend für einen Null-Schlupf-Anspruch.

Mit der Integrierten Verifikation entsteht bei der manuellen Nachsicht der Prüfergebnisse eine bildbasierte, klassifizierte Verifikations-Datenbasis, die alle Einflüsse und Kriterien der Gut-Schlecht-Entscheidung berücksichtigen kann und damit die optimale Flexibilität liefert: Neben der IPC können zusätzlich individuelle Herstellervorgaben berücksichtigt werden.

Für die Nutzung dieser äußerst wertvollen Datenbasis im Sinne einer IPC-konformen Prüfung sind gute Software-Tools entscheidend, die offline und automatisiert arbeiten. So wird ohne zusätzlichen Zeitaufwand erreicht, dass die Prüfbibliothek des AOI (und damit am Ende das AOI als solches!) die IPC-Vorgaben erfüllt und eine schlupffreie Prüfung sichergestellt ist.

Selbstverständlich ist dieses Konzept auch bei der Röntgeninspektion von Baugruppen – die IPC beschreibt auch viele optisch nicht sichtbare Kriterien – voll nutzbar.

Autor: Peter Krippner, Bereichsleiter Baugruppeninspektion, Viscom AG