

APLICAȚII INDUSTRIALE-PRACTICIANUL SUDOR INDUSTRIAL APPLICATION-WELDING PRACTITIONER

Proces automatizat de îmbinare prin lipire a unui circuit PCB cu un circuit din poliamidă flexibilă

An automated process for bonding a PCB circuit to a flexible polyamide circuit

Demetrius Petrescu (Dubic)^{1*}, Oana Roxana Chivu¹, Anamaria Feier², Marilena Gheorge¹

¹Universitatea Națională de Științe și Tehnologie Politehnica București, Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, doctorand/PhD student

²Universitatea Politehnica Timișoara, Facultatea de Mecanică, Departamentul de Ingineria Materialelor și Fabricației

Rezumat

Lucrarea prezintă un studiu de caz din industria auto, studiu care pune în evidență toate etapele obținerii unei îmbinări sudate prin lipire prin retopire cu element cald. Studiul va prezenta etapele realizării îmbinării prin lipire a celor 2 componente.

Îmbinarea obținută este realizată prin lipirea unui circuit flexibil de un circuit PBC printr-un proces total automatizat, un proces care se desfășoară pe o linie de lipire cu cinci posturi. Linia prezentată este o linie smart, în care aportul operatorului este foarte mic; inclusiv etapa de validare se realizează automatizat iar datele sunt salvate în cloud pentru a avea o trasabilitate continuă și de durată.

Cuvinte cheie

Lipire la cald/ Hot Bar Reflow Soldering, calibrare proces, lipire circuite flexibile, parametrii de lipire, verificare.

Abstract

The paper presents a case study from the automotive field, highlighting all the steps involved in obtaining a welded joint by Hot Bar Reflow Soldering. The study will present the steps of the joining by soldering of 2 components.

The obtained joint represents the soldering of a flexible circuit to a PBC through a fully automated process, a process that takes place on a soldering line with 5 stations. The presented line is a smart line where the operator input is very low, including the validation step is performed automatically and the data is saved in the cloud to have a continuous and durable traceability.

Keywords

Hot Bar Reflow Soldering, process calibration, soldering flexible circuits, soldering parameters, testing

1. Introducere

Lipirea la cald, cunoscută și sub denumirea de lipire prin reflux cu încălzire pulsată sau lipire la cald, este un proces de îmbinare selectivă în care două piese placate cu aliaj de lipire sunt puse în contact sub presiune și încălzite la o temperatură suficientă topirii aliajului de lipire, după care piesele sunt răcite pentru a forma o îmbinare permanentă.

Avantajele lipirii prin retopire sunt:

- Creștere și răcire rapidă a temperaturii
- Controlul temperaturii în buclă închisă
- Poziționarea precisă a pieselor
- Se pot realiza simultan conexiuni multiple.

1. Introduction

Hot soldering, also known as hot-bar reflow soldering, is a selective joining process in which two parts plated with solder alloy are brought together under pressure and heated to a temperature sufficient to melt the solder alloy, after which the parts are cooled to form a permanent joint.

The advantages of hot-bar reflow soldering are:

- Fast increase and cooling of temperature
- Closed loop temperature control
- Precise positioning of parts
- Multiple connections can be made simultaneously.

2. Descrierea procesului

2.1 Pregătire în vederea lipirii

Pentru a pregăti procesul de retopire, este necesar să se parcurgă următorii pași de pregătire:

- Substratul de bază este amplasat într-un dispozitiv de fixare, iar agentul de lipire se aplică pe plăcuțe
- Se poziționează suportul flexibil în dispozitivul de fixare a pieselor, asigurând alinierea ambelor seturi de plăcuțe
- Se inițiază procesului efectiv de lipire activând unitatea de control al lipirii.

Procesul propriu-zis de lipire la cald prin reflux constă în următoarele etape de proces: încălzire, retopire și răcire. Aceste etape ale procesului sunt descrise în figura 2.

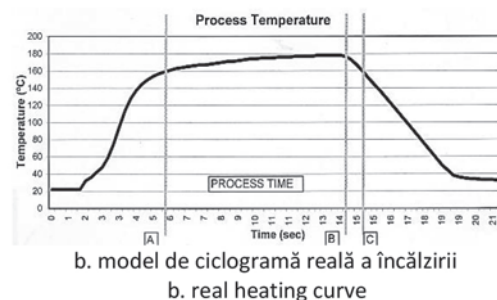
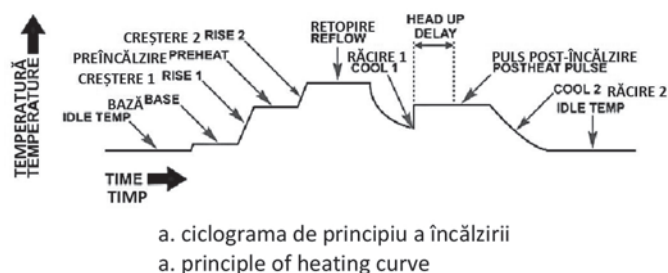


Figura 1. Ciclograma procesului de lipire
Figure 1. Soldering heating process

În figura 1 s-au utilizat următoarele simbolizări:

- A: Debut proces
B: Începere răcire
C: Sfârșit proces
A→B: Timpul de proces necesar
B→C: Timp suplimentar pentru toleranțe

2.2 Zona de contact

Mișcarea dispozitivului de încălzire se face cu ajutorul unui cilindru pneumatic sau al unui motor electric. Un sistem de resort intern generează o forță precisă astfel încât să rezulte o presiune mai mică de 100 N. Forța trebuie calibrată și reglată corect pentru a obține un transfer corect de energie termică către îmbinarea dorită. Capul de lipire trebuie să aibă o reglare precisă a coplanarității pentru a fi reglată cu exactitate planeitatea termosondei față de produs. Aceste capete au o construcție modulară și, prin urmare, sunt versatile pentru integrare. După ce se dă semnalul de pornire, capul de lipire este coborât ușor până când se așază pe produs, capul detectează poziția produsului. Forța se acumulează până când este atinsă forța prestabilită. Atunci când este atinsă forța prestabilită, un semnal este transmis către sursa de alimentare, care începe să încălzească dispozitivul de încălzire al termosondei.

2. Process description

2.1 Preparation for hot-bar reflow soldering

To prepare for the re-melting process, the following preparatory steps are necessary:

- The base substrate is placed in a fixture and the agent is applied to the pads
- Position the flexible backing in the fixture ensuring alignment of both sets of pads.
- The initiation of the soldering process by activating the soldering control unit.

The actual hot-bar reflow soldering process consists of the following process steps: heating, re-melting and cooling. These process steps are described in figure 2.

In figure 1 the following symbols were used:

- A: Debut of the process
B: Start cooling
C: End of process
A→B: Effective soldering time
B→C: Supplementary time (tolerances)

2.2 Contact area

The movement of the heating device is made by means of a pneumatic cylinder or an electric motor. An internal pressure spring system generates a precise force so that a pressure of less than 100 N results. The force must be calibrated and set correctly to achieve the correct heat transfer to the desired joint. The soldering head must have a precise coplanarity adjustment to accurately set the flatness of the heat probe to the product.

These heads have a modular construction and are therefore versatile for integration. After the start signal is given, the soldering head is gently lowered until it rests on the product, the head detects the position of the product. The force builds up until the preset force is reached. When the preset force is reached, a signal is transmitted to the power supply, which starts to heat the heater of the thermo-wave heater.

2.3 Zona de încălzire

În zona de încălzire, prin intermediul dispozitivului de lipire se menține produsul cu forța prestabilită. Unitatea de control a dispozitivului de lipire, denumită și „SCU” sau „sursă de alimentare”, primește semnalul de pornire pentru procesul de lipire. SCU trimite energie electrică prin intermediul dispozitivului de lipire. Dispozitivul de lipire este proiectat astfel încât rezistența electrică să fie mai mare în partea de jos (unde atinge produsul). Căldura este generată prin efect Joule-Lenz. Un mic termocuplu este lipit pe partea din față a acestuia. Acest termocuplu transmite înapoi temperatura reală a barei încălzite către SCU. Astfel se realizează o reglare completă în circuit închis pentru ciclul temperatură-timp. Timpul uzual de creștere pentru majoritatea termocuplelor este de 1,5 până la 2 secunde, ceea ce echivalează cu o rată de încălzire de aproximativ 200 de grade Celsius pe secundă. Cea mai nouă generație de unități de control al procesului de lipire controlează temperatura pe tot parcursul fazei de încălzire. Atunci când „temperatura de refulare” este aproape atinsă, unitatea de control al procesului de lipire trebuie să reducă viteza de încălzire pentru a preveni o depășire a temperaturii. O bună unitate de control al lipirii și o bună combinație între unitatea de control al lipiturii și dispozitivul Hot Bar vor compensa diferențele de sarcină termică care pot apărea în condiții normale de producție.

2.4 Zona de răcire

Atunci când dispozitivul de lipire finalizează îmbinarea tuturor pieselor, alimentarea lui cu energie se va opri, el urmând să se răcească. Procesul de răcire poate fi scurtat prin utilizarea răcirii forțate cu aer. SCU poate comuta un releu care controlează fluxul de aer la sfârșitul perioadei de refulare și poate răci rapid îmbinarea și dispozitivul de lipire. Pentru un control optim al procesului, răcirea se face la o anumită temperatură. Această temperatură este reglată la o valoare mai mică decât temperatura de solidificare a lipiturii. Prin urmare, de îndată ce lipitura devine solidă, procesul se încheie și se formează o îmbinare. Deoarece majoritatea îmbinărilor au un dispozitiv de lipire destul de mare, temperatura din îmbinare este mai mică decât temperatura măsurată în dispozitivul de lipire, chiar și atunci când se utilizează răcirea forțată cu aer. Prin urmare, temperatura de pornire poate fi setată la 180°C în majoritatea cazurilor, fără a exista riscul de a deforma piesele înainte ca solidificarea să fi avut loc [2].

2.3 Heating zone

In the heating zone, the product is held with the preset force by means of the soldering device. The soldering device control unit, also called "SCU" or "power supply", receives the start signal for the soldering process.

The SCU sends electrical power through the soldering device. The soldering device is designed so that the electrical resistance is higher at the bottom (where it touches the product). Heat is generated by the Joule-Lenz effect.

A small thermocouple is soldered to the front of the device. This thermocouple transmits back the actual temperature of the heated bar to the SCU. This provides a complete closed-loop control for the temperature-time cycle.

The usual rise time for most thermocouples is 1.5 to 2 seconds, which equates to a heating rate of about 200 degrees Celsius per second. The latest generation of solder process control units controls the temperature throughout the heating phase.

When the 'reflow temperature' is almost reached, the solder process control unit must reduce the heating rate to prevent the temperature from being exceeded.

A good solder control unit and a good combination of solder control unit and hot bar device will compensate for any differences in thermal load that may occur under normal production conditions.

2.4 Cooling zone

When the soldering device has succeeded in achieving the joining of all the parts, its power supply may stop, and it will cool down. The cooling process can be shortened by using forced air cooling. The SCU can switch a relay that controls the air flow at the end of the reflow period and can rapidly cool the joint and the soldering device. For optimum process control, cooling is done at a certain temperature. This temperature is set to a value lower than the solder solidification temperature. Therefore, as soon as the solder becomes solid, the process is completed, and a joint is formed. Since most solder joints have a large soldering device, the temperature in the joint is lower than the temperature measured in the soldering device, even when forced air cooling is used. Therefore, the start temperature can be set to 180°C in most cases, without the risk of depressing the parts before solidification has taken place [2].

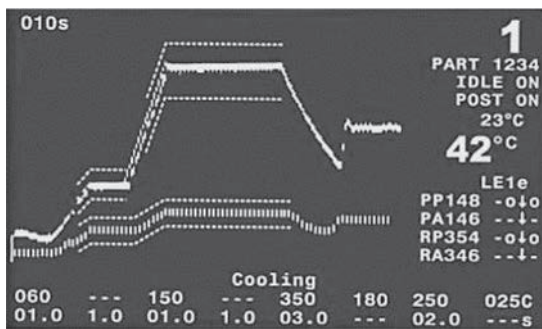


Figura 2. Ciclograma procesului de lipire
Figure 2. Soldering heating process

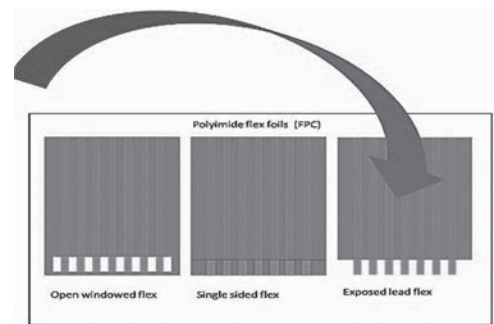


Figura 3. Folie din poliamidă flexibilă
Figure 3. Polyimide flex foils

În ceea ce privește utilizarea foliilor din poliamidă flexibilă, furnizorii infrastructurii AMADA recomandă:

- distanța dintre două PCB-uri ar trebui să fie 50% din suprafața totală alocată circuitului, conform figurii 4.
- urma circuitului flexibil ar trebui să reprezinte 80% în circuitului PCB- acest lucru permite o dispersie mai mare a lipiturii
- circuitele poliamidei flexibile ar trebuie să fie cu aprox. 0,2 mm mai scurte decât cele ale PCB
- realizarea unei inspecții vizuale în toate etapele procesului
- verificarea alinierii dispozitivului de lipire [2].

Regarding the use of Polyimide flex foils, the AMADA infrastructure providers recommend:

- the distance between two PCBs should be 50% of total surface of the circuit, as shown in figure 4.
- the trace of the flexible circuit should represent 80% of the PCB circuit- this allows a greater dispersion of the solder
- The flexible polyamide circuits should be about 0.2 mm shorter than the PCB circuits.
- Perform a visual inspection at all process stages
- Careful verification of solder alignment [2].

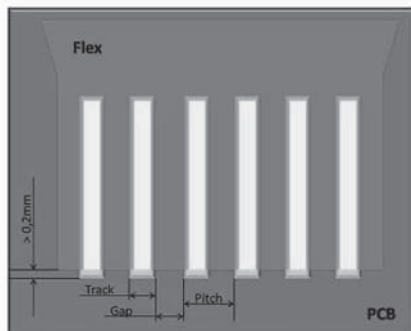
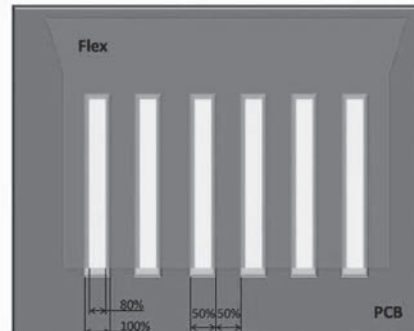


Figura 4. Poziționarea foliei din poliamidă flexibilă în timpul procesului de lipire
Figure 4. Positioning of the polyimide flex foils during soldering process



3. Îmbinarea unui circuit PCB cu un circuit din poliamidă flexibilă – aplicație din domeniul auto

3.1 Descrierea procesului și a instalației

Această parte a lucrării conține un studiu de caz din domeniul auto în care vor fi explicați toți pașii de realizare a unei îmbinări dintre un circuit PCB și un circuit dintr-o poliamidă flexibilă, îmbinarea realizându-se prin lipire la cald cu ajutorul unei stații de la compania AMADA.

Linia de lipire este alcătuită din cinci posturi dedicate celor 5 etape ale procesului și anume:

Postul 1: Zona de încărcare și descărcare automată a plăcilor de circuit imprimate (PCB), în această zonă sunt descărcate două PCB-uri cu circuite flexibile și

3. Joining PCB circuit with a flexible polyamide circuit - Automotive industry application

3.1 Description of process and equipment

This part of the paper presents a case study from the automotive field which will explain all the steps to produce the bond between a PCB circuit and a flexible polyamide circuit, the bonding is done by hot - bar reflow soldering with the help of an AMADA station.

The soldering line consists of 5 stations for 5 stages of the whole process, namely:

Station 1: Printed circuit board (PCB) automated loading and unloading area, in this area two PCBs with flexible circuits are unloaded and new unpro-

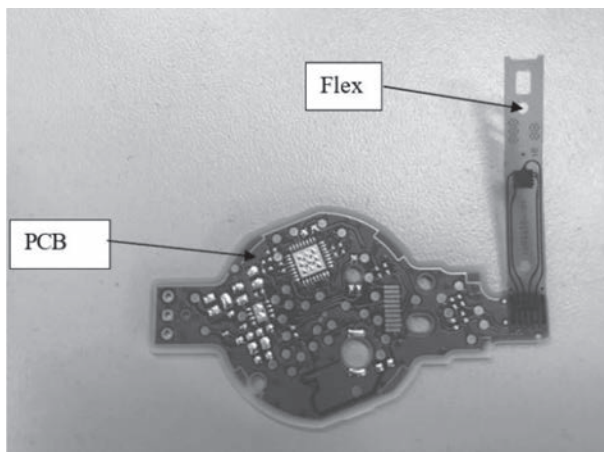


Figura 5. Îmbinare dintre PCB și un circuit flexibil
Figure 5. Joint of PCB to flex circuit

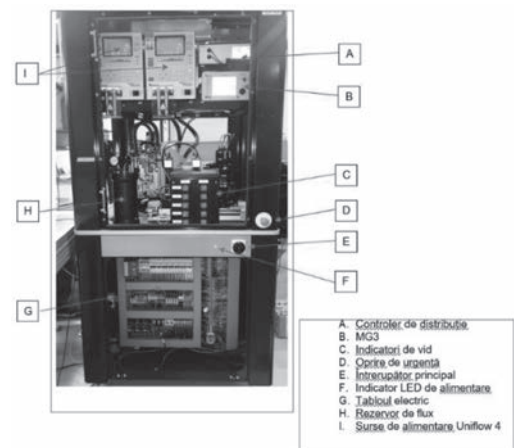


Figura 6. Stația de lipire
Figure 6. Soldering equipment

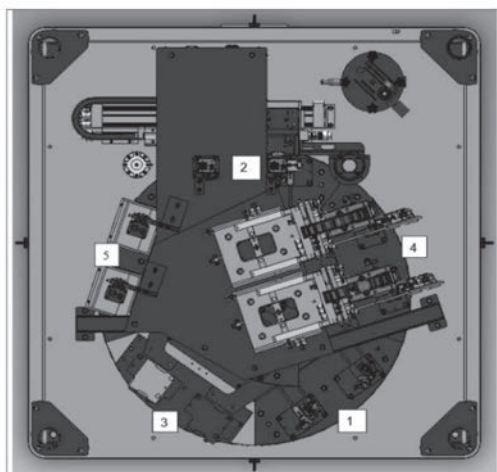


Figura 7. Posturile de lucru în cadrul stației de lipire
Figure 7. Working sites within the soldering equipment

sunt încărcate noi PCB-uri neprocesate. Sensorii de sub masa de lucru înregistrează modalitatea de plasare a PCB-urilor (dacă este o poziționare corectă sau nu). Postul 2: În cadrul acestui post se aplică fluxul pe PCB-uri; în această zonă sunt efectuate două operațiuni:

- o suprafață este impregnată cu „flux” lichid rece, prin pulverizare. Fluxul poate fi observat la lumina UV.
- un sistem de vizualizare/monitorizare măsoară acoperirea cu flux în procente de suprafață. Valorile măsurate pot fi salvate, dacă este necesar

Postul 3: Zona în care circuitele flexibile sunt ținute în partea inferioară a stației prin absorbție (depreziune). Nivelul de absorbție este monitorizat de un controler logic programabil (PLC) care este afișat în fața liniei. Sensorul indică atingerea nivelului minim când își schimbă culoarea de la roșu la albastru. Dacă nivelul nu este atins, se verifică plasarea de către robot sau calitatea vidului în dispozitiv. Întreaga etapă este prezentată în figura 8.

Postul 4: Circuitele flexibile sunt lipite pe PCB. În timpul procesului de lipire, suporturile de fixare mențin

processed PCBs are loaded.

Sensors under the worktable record how the PCBs are placed, whether they are positioned correctly or not. Station 2: In this post, flux is applied to PCBs; two operations are performed in this area:

- a surface is impregnated with cold liquid "flux" by spraying. The flux can be observed under UV light.
- a visualization/monitoring system measures flow coverage as a percentage of area. Measured values can be saved if necessary.

Station 3: The area where flexible circuits are held at the bottom of the station by vacuum. The vacuum level is monitored by a programmable logic controller (PLC) which is displayed in front of the line. The sensor indicates that the minimum level has been reached when it changes colour from red to blue. If the level is not reached, the robot checks the placement or quality of the vacuum in the device, the whole step is shown in figure 8.

Station 4: Flexible circuits are soldered to the PCB. During the soldering process, the fixing brackets

PCB-urile în jos. Dispozitivul de fixare este poziționat astfel încât să nu fie în contact cu placa de circuit imprimat. De asemenea, dispozitivul de susținere nu va intra în contact cu niciuna dintre componentele de pe PCB.

Postul 5: Verificarea finală a produsului (figura 9); se vor verifica următoarele puncte:

- Poziția foliei flexibile pe PCB.
- Unghiul circuitului flexibil față de PCB
- Poziția găurii rectangulare din circuitul flexibil în raport cu PCB-ul [3].

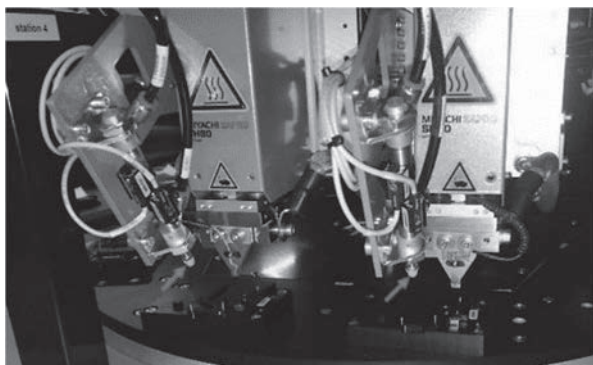


Figura 8. Postul 4 - zona de lipire
Figure 8. Station 4 - the soldering site

3.2 Parametrii procesului de lipire

În cazul acestui proces toți parametri se reglează conform instrucțiunilor producătorului infrastructurii AMADA, care a optimizat tehnologia de lipire.

Parametri procesului de lipire sunt:

- temperatura și viteza de încălzire
- forța de apăsare dintre componente
- planeitatea
- acoperirea cu flux a componentelor.

Viteza de încălzire:

- Viteza de încălzire: creștere lentă
- Viteza de încălzire: se reglează la 85%

Pentru configurarea temperaturii de retopire se parcurg următoarele etape:

- Pasul 1: Temperatura de repaus este OFF
- Pasul 2: Reglare cronometru de siguranță la 10 s
- Pasul 3: Reglare cronometru de eliberare la 00 s
- Pasul 4: Limita maximă de temperatură 420°C
- Pasul 5: Afișarea liniei AUX temp. OFF
- Pasul 6: Afișarea numărului AUX temp OFF

Curba de evoluție a temperaturii (tabel 1):

- Bază: 200°C 0,0 s
- Creștere: 1 0.0 s
- Preîncălzire: 200 °C 0,0 s
- Creștere: 2 2.0 s
- Retopire: 400°C 10,0 s
- Răcire: 1200°C

hold the PCBs down. The fixture is positioned so that it is not in contact with the PCB. Also, the fixture will not come into contact with any of the components on the PCB.

Station 5: Final product verification (figura 9); the following points are to be checked:

- Flex position on PCB.
- Angle of the flex circuit to the PCB
- Position of the rectangular hole in the flex circuit relative to the PCB [3].



Figura 9. Postul 5 - zona de verificare
Figure 9. Station 5 - the testing site

3.2 Soldering process parameters

In the case of this process, all parameters are adjusted according to the instructions of the infrastructure manufacturer AMADA, which has optimized the bonding technology.

The parameters of the soldering process are:

- temperature and the heating rate
- pressing force between components
- flatness
- flux coverage of the components.

Heating rate:

- Heating rate: slow increase
- Heating speed adjusts: 85%

To set the re-melting temperature, the following steps should be performed:

- Step 1: The rest temperature is OFF
- Step 2: Set the safety timer 10 s
- Step 3: Set release timer 00 s
- Step 4: Maximum temperature limit 420°C
- Step 5: AUX temp. line displays OFF
- Step 6: Display AUX temp OFF number

Temperature curve profile (table 1):

- Base: 200°C 0,0 s
- Increase: 1 0.0 s
- Preheat: 200°C 0.0 s
- Increase: 2 2.0 s
- Reflow: 400°C 10.0 s

- Post-încălzire: 200°C / 0.0 s
- Răcire: 2200°C

Pentru a determina limitele, parametrii multor piese trebuie să fie înregistrați și analizați, inclusiv în cazul parametrului temperatură [4].

În cazul parametrului forță măsurarea și calibrarea sunt foarte importante pentru a obține valorile corecte.

Poziția termocuplei și planeitatea suprafeței capului de lipire sunt parametri principali. Fiecare cap de lipire are o posibilitate de ajustare pentru X (săgeată verde), Y (săgeată roșie) și phi (săgeată albastră) (figura 10). Fiecare termocuplă poate fi reglată după direcțiile X (săgeata roșie) și Y (săgeata verde).

- Cooling: 1200°C
- Post-heating: 200°C / 0.0 s
- Cooling: 2200°C

To determine the limits, parameters of many parts need to be recorded and analysed, including the temperature parameter [4].

In the case of the force parameter measurement and calibration is very important to get the correct values. Position of the thermocouple and flatness of the solder head are the main parameters. Each solder head has an adjustment possibility for X (green arrow), Y (red arrow) and phi (blue arrow) (figure10). Each thermocouple can be set flat in X (red arrow) and Y (green arrow).

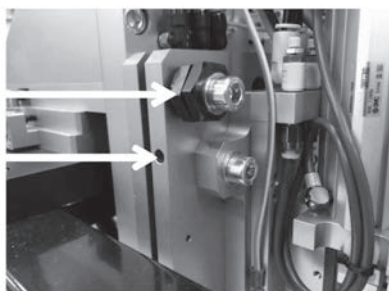


Figura 10. Postul 5 - zona de verificare
Figure 10. Station 5 - the testing site

Tabelul 1. Parametrii procesului de lipire
Table 1. Parameters of soldering process

Temperatură Temperature [°C]	Momentul începerii răcirii Start cooling	Durata procesului Process time [s]	Timp suplimentar pentru toleranțe Additional time for tolerances [s]	Forța de apăsare Force [N]	Timpul de purjare a fluxului Flux purging time [s]
160-180	6 secunde după începerea procesului de lipire 6 s after start- up soldering process	8	1.5	68.78 70.68	10 2 aplicări 2 times purged

Schimbarea poziției X, Y, phi nu are efect asupra planarității termocuplei, dar schimbarea planarității va avea un efect direct asupra poziției termocuplei [6].

4. Concluzii

Lucrarea prezintă un studiu de caz pe procesul de lipire prin retopire (lipire selectivă).

Studiul de caz prezintă o componentă de la un senzor, componentă realizată pe un echipament descris în lucrare. Procesul este optimizat, fiecare parametru care intervine în proces a fost calibrat la montarea întregii linii. Factorul uman intervine foarte puțin în tot procesul, linia fiind integral automatizată, inclusiv zona de verificare/validare. Această verifi-

Changing the X, Y, phi position has no effect on the planarity of the thermocouple, but changing the planarity will have a direct effect on the position of the thermocouple [6].

4. Conclusions

The paper presents a case study on the Hot Bar Re-flow Soldering process.

The case study shows a component from a sensor, component realized on a station presented in the paper. The process is optimised, each parameter involved in the process has been calibrated during the assembly of the whole line. The human factor intervenes very little in the whole process, the line being fully automated, including the validation/testing

care este realizată automatizat în postul nr. 5, unde produsul este supus la 5 verificări (unghiul și poziția circuitului flexibil față de PCB, poziția găurii dreptunghiulare de la circuitul flexibil în raport cu PCB)

Datele obținute din validare sunt stocate în baze de date; linia fiind complet automatizată se poate considera încadrarea produsului obținut în categoria smart-product deoarece tot fluxul este controlat și validat pas cu pas, datele fiind stocate, astfel că, în cazul unui incident, se poate determina într-un timp foarte scurt cauza.

area is automated in station no.5, where the product undergoes 5 checks (angle and position of the flexible circuit to the PCB, position of the rectangular hole of the flexible circuit relative to the PCB).

The data obtained from the validations are stored in databases; the line being fully automated it can be considered that the product obtained falls into the smart-product category because the whole flow is controlled and validated step by step and the data are kept in case of an incident the cause can be determined in a very short time.

Bibliografie/References

- [1] <https://www.amadaweldtech.eu/knowledge-base/hot-bar-reflow-soldering>
- [2] <https://www.amadaweldtech.eu/sites/default/files/documents/whitepapers/AMYE%20Hot%20Bar%20Reflow%20Soldering%20Technology%2003-2016.pdf>
- [3] Amada – User Manual – Jupiter Turntable Solder System
- [4] Amada – User Manual- 61P0072 & 73- Settings, adjustments & calibrations
- [5] D. Wagner, K. Pitschmann, F. Sebastian, B. Schmidt, M. Detert, and U. Schumann, “Hot bar joining method for medical applications,” in Proc. 21st Eur. Microelectron. Packag. Conf. (EMPC) Exhibit., Warsaw, Poland, Sep. 2017, pp. 1–4
- [6] J. Zhou, L. Zhuang, Z. He, and D. Herscovici, “Practical design, simulation, and prototype of a hot bar blade for printed circuit board soldering,” J. Manuf. Syst., vol. 20, no. 3, pp. 177–187, Jan. 2001

Pentru citare:

Petrescu (Dubic), D, Chivu, O.R., Feier, A., Gheorge, M., *An automated process for bonding a PCB circuit to a flexible polyamide circuit, Sudura, nr. 2 (2024), year XXXIV, 17-24*



Open Day - Demonstrații de sudare și tăiere la CM METAL Trading SRL

Societatea CM METAL Trading SRL, membru ASR, care în anul 2024 sărbătorește 30 ani de la înființare, a organizat în data de 04.06.2024 evenimentul Open Day dedicat profesioniștilor în domeniul sudării, în cadrul căruia s-au efectuat demonstrații de sudare robotizată, tăiere CNC și manuală cu plasmă și s-a desfășurat un concurs de sudare virtuală pe un simulator de sudare.



La eveniment au participat reprezentanți ai unor firme din zona de vest a României, participanți la cursul de Inginer Sudor Internațional, cadre didactice și membri ai ASR.

www.asr.ro