



GŁÓWNY mechanik

nr 4
2015

WWW.GMECH.PL

CZASOPISMO DLA PROFESJONALISTÓW W PRZEMYŚLE

ISSN: 2392-2176



W NUMERZE

- Raport: Smarownice
- Uzdatnianie sprężonego powietrza
- Lutowanie
- Pompy
- Wózki paletowe
- Diagnostyka przekładni zębatych
- Termowizja – kupić czy wynająć?



Lutowanie

W wielu branżach przemysłu połączenia lutowane są powszechnie stosowaną metodą łączenia części metalowych. Choć podstawowe zasady uzyskiwania połączeń lutowanych wydają się proste, to w wielu zastosowaniach profesjonalnych wymaga to dużej wiedzy i doświadczenia praktycznego.

Marek Grabarecki

Metoda łączenia metalowych elementów przy wykorzystaniu spoiwa o znacznie niższej temperaturze topnienia znana jest już od 5 tys. lat i była wykorzystywana w starożytnym Egipcie (również przy produkcji sumeryjskich mieczy 3 tys. lat p.n.e.), a od 4 tys. lat rozpowszechniła się w krajach basenu Morza Śródziemnego i Imperium Rzymskim. Do dziś jest to najlepszy sposób montażu elementów elektronicznych. Jedyną zmianą w minionych latach była rezygnacja za stosowania stopów cynowo-ołowiowych. Taki wymóg wprowadzono w Unii Europejskiej od 1 lipca 2006 roku w związku z ograniczeniem używania substancji niebezpiecznych przy produkcji sprzętu elektronicznego, zgodnie z dyrektywą RoHS, która zakazała również używania ołowiu w stopach lutowniczych. Dla branży elektronicznej było to duże wyzwanie, bo wymagało zmian w technologii produkcji

i wymiany urządzeń na dostosowane do nowych technologii. Wśród trudności, z którymi przemysł musiał się zmierzyć, wymieniano: wyższą temperaturę rozplwy, kulkowanie się, tworzenie się tzw. wąsów cynowych (możliwość powstawania zwarć pomiędzy montowanymi elementami) oraz ryzyko wystąpienia zarazy cynowej w niskich temperaturach. Dziś większość tych problemów udało się skutecznie pokonać.

Warto wspomnieć, że w trakcie prawidłowo przebiegającego procesu lutowania, obszar, na którym tworzy się spoina, powinien osiągnąć temperaturę, przy której struktura krystaliczna spajanych metali wchłania też niewielką liczbę cząstek spoiwa i wypełnia ono możliwie dokładnie przestrzeń pomiędzy spajanymi elementami. Rozróżniamy dwa podstawowe rodzaje lutowania. Przy lutowaniu miękkim stosuje się (stosowało się) stopy

Drukarka pasty lutowniczej i piece lutownicze
Źródło: EAE Elektronik



cynowo-olowiowe lub bezołowiowe o temperaturach topienia 170–325°C. W przypadku lutowania twardego, w zależności od spajanych metali, stosuje się: miedź, mosiądz, stopy aluminium-krzemowe przy temperaturach powyżej 600°C. Obecnie luty bezołowiowe są produkowane na bazie cyny z dodatkami srebra, miedzi, bizmutu i antymonu o temperaturach topnienia 210–220°C.

Rozwiązania

Można mówić o wielu aspektach lutowania, o których wspomniemy w kolejnych artykułach na temat lutowania indukcyjnego, laserowego, w atmosferach ochronnych czy też z użyciem robotów i automatów. W niniejszym artykule przedstawimy zatem tylko kilka wybranych nowości i trochę praktycznych rad z wielu dziedzin związanych lutowaniem.

Jak mówi Grzegorz Korzuszek, Application Engineer w firmie EFD Induction, nagrzewanie indukcyjne daje znacznie większą koncentrację energii w porównaniu do otwartego płomienia, co przyczynia się do przyspieszenia cyklu nagrzewania i pozwala uzyskać większą wydajność produkcji. Ciepło takie daje się także łatwo kontrolować i regulować, co przyczynia się do znacznego zwiększenia jakości połączenia oraz powtarzalności procesu. Co ważne, nagrzewanie indukcyjne poprawia warunki środowiskowe i bezpieczeństwo w miejscu pracy. Firma EFD Induction oferuje rozwiązania lutowania indukcyjnego dla takich gałęzi przemysłu jak: motoryzacyjny, lotniczy, elektrotechniczny oraz AGD. Obejmuje ono lutowanie aluminium, mosiądzu, miedzi, srebra, stopów miedzi, żelaza i żeliwa, stali oraz stali nierdzewnej, jak również połączeń typu miedź – stal nierdzewna, miedź – mosiądz, miedź – srebro itp. Ma w ofercie produkty polskie, w całości zaprojektowane i wykonane w Gliwicach, jak i urządzenia produkcji norweskiej.

Jednym z podstawowych produktów firmy SECO/WARWICK są piece CAB (Controlled Atmosphere Brazing). Służą do lutowania wymienników ciepła (choć nie tylko) w atmosferze ochronnej (azot) z wykorzystaniem niekorozyjnego topnika (fluxu). Technologia znana jest również pod nazwą Nocolok, zastrzeżoną przez firmę Solvay, największego producenta fluxu do lutowania w technologii CAB. W zakres urządzeń CAB wchodzi nie tylko piec do lutowania, ale również urządzenia peryferyjne: odtłuszcacz, fluxer (urządzenia do nakładania fluxu na bazie wody), suszarka. Jak mówi, Maciej Stępniewicz – zastępca dyrektora w Zespole Pieców CAB w firmie SECO/WARWICK Europe – głównymi użytkownikami pieców CAB są producenci wymienników dla przemysłu samochodowego. Firma oferuje urządzenia również dla firm dostarczających wymienniki na rynek „after market” i dla producentów wymienników dla przemysłu HVAC oraz specjalnych aplikacji wykorzystywanych w przemyśle energetycznym, sprzętu ciężkiego, maszyn rolni-



Nagrzewnica indukcyjna SINAC SM GRC 10 o mocy do 10 kW i częstotliwości pracy do 100 kHz
Źródło: EFD Induction



Próbki polutowanego aluminium
Źródło: EFD Induction

czych w tym sprzętu gospodarstwa rolnego. Adam Adamek, menadżer sprzedaży w SECO/WARWICK Europe, dodaje kilka informacji na temat wysokotemperaturowego lutowania w piecach próżniowych. Proces łączenia materiałów za pomocą wysokotemperaturowego lutowania będący uzupełnieniem dla technik spawalniczych procesów obróbki rozwinął się jako ważna i samodzielna technologia. Lutowanie wysokotemperaturowe jest procesem dla materiałów lutowniczych wolnych od topników z usunięciem powietrza np.: w atmosferze ochronnej (gaz obojętny) albo w próżni, z wykorzystaniem materiałów lutowniczych, dla których temperatura likwidusu leży w zakresie powyżej 900°C. Zalety w stosunku do spawania to: brak zanieczyszczeń materiałów bazowych i niejednorodności struktury wywołanych przechłodzeniem strefy spa-



Piec próżniowy do lutowania. Źródło: SecoWarwick



wania, brak lokalnych przegrzań obrabianych elementów (unika się powstawania naprężeń i wtrąceń takich jak kruche fazy z niższą wytrzymałością w strefach spawalniczych). Jak mówi Adam Adamek, dodatkowe zalety lutowania wysokotemperaturowego w próżni to: niższe naprężenia i wtrącenia w wyniku jednorodnego nagrzania i schłodzenia w piecu próżniowym, możliwość łączenia ze sobą różnych materiałów i tworzyw, duża wytrzymałość połączenia lutowniczego, brak miejscowych przegrzań w komponentach, brak problemów z korozją przez oddziaływanie roztopionych materiałów, czy też wtrąceń gazowych w szczelnie lutowniczej oraz wolne od tlenków i metalicznie świecące komponenty.

Z kolei firma EAE Elektronik oferuje technologie lutowania takie jak lutowanie rozplływowe w tunelowym piecu lutowniczym z wymuszoną konwekcją przystosowany do pracy w atmosferze azotu. Lutowanie rozplływowe to proces wykorzystywany przy montażu komponentów SMD, jak i THT (technologia PIP – Pin In Paste). Może być wykonywane w technologii ołowiowej lub bezołowiowej, w zależności od użytego stopu lutowniczego. Jak informuje Joanna Wajcovicz z firmy EAE Elektronik, wybór stopu podyktowany jest wymaganiami klienta. Nowoczesne piece lutownicze zapewniają wysoką jakość procesu lutowania i odpowiedni profil lutowania, zgodny ze specyfikacją użytkownika, a także wymogami komponentów. Ma to kluczowy wpływ na jakość i wytrzymałość utworzonych połączeń metalicznych. Kiedy elementy do montażu przewlekane THT ustąpiły miejsca popularniejszym komponentom SMD, lutowanie na fali zastąpiło lepszym do tego celu lutowaniem rozplływowym (ang. *Reflow soldering*). Używane piece działają na zasadzie podczerwieni lub gorącego powietrza. Urządzenia są pozbawione cyny, a elementy SMD przed lutowaniem przytwierdzone są do płytki PCB

za pomocą pasty i kleju. EAE Elektronik oferuje też technologię lutowania selektywnego agregatem lutowniczym z pojedynczą dyszą wytwarzającą mini falę lutowniczą w atmosferze azotu. Proces lutowania selektywnego wykorzystywany jest przy montażu elementów THT. Jest ono stosowane tam, gdzie wymagana jest gwarancja najwyższej jakości wyrobów gotowych. Topnik dozowany jest tylko na wybrane pola montażowe, a ciepło, konieczne do uzyskania połączenia, generowane jest lokalnie. Niższa temperatura redukuje stopień wypłukiwania miedzi i zachowana jest czystość płyty, a moduły nie wymagają mycia. Jak podaje firma, ze stosowaniem lutowania na fali selektywnej wiążą się wyższe koszty oraz dłuższy czas produkcji. Technologia lutowania selektywnego rozwijała się w minionych latach bardzo dynamicznie między innymi w związku z wprowadzeniem procesu lutowania bezołowiowego. Przy produkcji kontraktowej częściej wybiera się lutowanie selektywne niż ręczne lub na fali ze względu na osiąganą jakość, mniejsze koszty oraz redukcję błędów. Obecnie wyróżnia się dwie metody lutowania selektywnego przez przeciąganie i zanurzenie.

Rady praktyków

Jak zwraca uwagę Adam Adamek, w trakcie wstępnych rozmów z klientami podstawowymi poruszanymi zagadnieniami są: typ i konstrukcja wymiennika – różne typy finalnego produktu wymagają odmiennych metod lutowania (np. pozycja pionowa lub pozioma), a tym samym różnych konstrukcji pieców CAB, metoda nakładania topnika – tak jak wyżej, a w zależności od wykorzystywanej metody firma oferuje różne rozwiązania. Kolejnym pytaniem jest to o zakładaną w skali roku lub dzienną produkcję. Na tej podstawie można zaoferować odpowiednie urządzenie: piec o małej wydajności (komorowe), piec o średniej wydajności (do pracy pół ciągłej) lub piec o wysokiej wydajności (linie technologiczne do pracy ciągłej). Jak dodaje Adamek, praktycznie nie ma żadnych urządzeń standardowych, czyli z tzw. półki. Każda branża w tym branża lutowania aluminiowych wymienników ciepła zmienia się wraz z wymogami rynku. Nowości w ofercie firmy to m.in. uniwersalny piec komorowy CAB do lutowania wszystkich typów wymienników zarówno w pozycji pionowej, jak i poziomej, linie do produkcji ciągłej (wysokowydajne) gwarantujące czystość atmosfery z lutowaniem na poziomie poniżej 20 ppm tlenu, piece komorowe i do pracy półciągłej w wersji z płukaniem próżniowym. Rozwiązanie to umożliwia znaczące obniżenie konsumpcji azotu przy zagwarantowaniu czystości atmosfery – 10 ppm tlenu oraz nowy wysokowydajny system odzysku energii w układzie odłuszczac – dopalacz. Z kolei w przypadku technologii lutowania próżniowego wykorzystywanej w wielu gałęziach przemysłu, przede wszystkim w lotnic-



Piec lutowniczy. Źródło: EAE Elektronik.

twie, energetyce, przemyśle medycznym, samochodowym itp. można stwierdzić, że sam proces lutowania próżniowego jest dość prosty i łatwy do opanowania. Jednak, jak radzi Adamek, warto zwrócić uwagę na wszystkie operacje wykonane przed załadunkiem detali do pieca próżniowego. Na jakość połączenia lutowanego największy wpływ ma perfekcyjne przygotowanie detali do lutowania, zaczynając od poprawnie zaprojektowanej szczeliny lutowniczej, doboru odpowiedniego lutowia, złożeniu części składowych detalu (niejednokrotnie lutowane elementy składają się z kilkudziesięciu drobnych elementów, które muszą ze sobą idealnie pasować), wyczyszczeniu ich i odłuszczeniu oraz ułożeniu detali w piecu. To tylko kilka podstawowych czynników gwarantujących wykonanie poprawnego połączenia. Dlatego trzeba mieć świadomość, że przy doborze odpowiedniego urządzenia należy brać pod uwagę wiele czynników dodatkowych niezwiązanych bezpośrednio z samym etapem nagrzewania części podczas lutowania w piecu próżniowym.

Specjaliści z EAE Elektronik przypominają, że przy montażu SMD i lutowaniu rozpliwowym, tylko ciekły lut może zwilżyć i reagować z powierzchniami metalowymi. Później następuje utrzymanie czasu potrzebnego do wejścia ciekłego lutu w reakcję z powierzchniami przeznaczonymi do lutowania. Wskaźnikiem przeprowadzenia tej reakcji jest powstanie ciągłej warstwy międzymetalicznej. Czas ten zależy od rodzaju powierzchni lutowanej i będzie różny dla powierzchni miedzianej czy powierzchni niklowej. Kolejnym etapem jest zestalenie stopionego lutu. Oczywiście charakterystyka temperaturowo-czasowa będzie dobrze dobrana, jeśli nie powoduje uszkodzenia elementów przeznaczonych do lutowania i powinna też zapewniać formowanie połączenia lutowanego o dobrej integralności. Należy pamiętać, że parametry spoiw bezołowiowych są odmienne w stosunku do tych zawierających ołów (mniejszy margines bezpieczeństwa w zakresie temperatury). Duże znaczenie dla jakości połączeń przy lutowaniu bezołowiowym ma schładzanie płytek. Gdy mówimy o procesie selektywnego lutowania firma EAE Elektronik przypomina, że procesy i ich parametry muszą być precyzyjnie określone, a powtarzalność to podstawa sukcesu. Dostępne obecnie są również topniki niewymagające zmywania po lutowaniu i pozostawiające minimalne ślady na płytce PCB. System lutowania selektywnego zapewnia dokładne lokalne dozowanie małych ilości topnika i w obszarach o bardzo małej powierzchni, dzięki stosowanym miniaturowym głowicom dozującym.

W trakcie standardowego procesu lutowania dawniej i dziś wyróżnia się kilka podstawowych etapów operacyjnych. Jednak sposób, w jaki się je przeprowadza, może być zróżnicowany. Wykorzystanie nowych technologii pozwala uzyskiwać



Lutowanie na fali laminarnej. Źródło: EAE Elektronik

efekty, które w innych warunkach byłyby trudne do osiągnięcia, a nawet nie możliwe. Przykładem jest lutowanie laserowe. Zasada procesu jest taka sama jak przy każdym lutowaniu. Dodatek, czyli lut, łączy elementy, a jego temperatura topnienia jest niższa niż topnienia łączonych elementów. Dlatego podczas obróbki topi się tylko lut. Łączone elementy ulegają rozgrzaniu, a płynny lut spływa do szczeliny (działa jak kapilara) i łączy trwale elementy. Wśród aplikacji, w których inne metody lutowania mogą zawodzić, wymieniane są takie: w których za mało jest miejsca, by operować grottem, materiały są wrażliwe na temperaturę oraz przy lutowaniu materiałów łatwo rozpuszczalnych w cynie na przykład cienkich folii z metali szlachetnych (srebro, złoto). W tej metodzie „dozowanie” ciepła jest bardzo precyzyjne i bezkontaktowe, co pozwala na ograniczenie nagrzewania produktów i szybsze przekazywanie ich do dalszych etapów produkcji. Również obszar lutowania jest niewielki (szybko się nagrzewa i chłodzi) co pozwala na wykorzystanie do lutowania stopów o innych parametrach niż standardowe (wyższych temperaturach topnienia). Obecnie dostępne na rynku rozwiązania mierzą temperaturę i sterują mocą wiązki laserowej, ale nie wszystkie są równie dokładne, o czym warto pamiętać. Lutowanie laserowe to bardzo czysty proces. Nie ma tu na przykład problemów z utlenionymi pozostałościami z grotów itp. Nie trzeba też wymieniać grotów, czyszczyć urządzeń co obniża koszty eksploatacji. Na pewno warto zainteresować się tą technologią i sprawdzić, czy można ją zastosować w naszej aplikacji. To stosunkowo nowe technologie, dlatego producenci urządzeń do lutowania laserowego stale wprowadzają udoskonalenia. Przykładem kompensacja utraty mocy diod laserowych w trakcie eksploatacji. Specjaliści radzą, by sprawdzić, czy producent przewidział kompensację utraty mocy, jaka jest żywotność diod i koszty ich wymiany. ■

Technologia lutowania selektywnego rozwijała się w minionych latach bardzo dynamicznie między innymi w związku z wprowadzeniem procesu lutowania bezołowiowego.