

Zjawisko kondensacji jest szeroko wykorzystywane w naszym codziennym życiu do ogrzewania i chłodzenia. Odgrywa ono ważną rolę w ogrzewaniu obiektów za pomocą pomp ciepła, chłodzeniu lodówek czy schłodzeniu urządzeń elektronicznych. **Ze względu na wysoką efektywność kondensacji, jest ona również przydatna do przekazywania ciepła podczas lutowania rozpliwowego w technologii montażu powierzchniowego (SMT).** Obecnie technologia SMT jest najczęściej stosowaną i ciągle najważniejszą technologią montażu w przemyśle elektronicznym. Składa się ona z trzech głównych etapów: (i) nałożenia pasty lutowniczej, (ii) umieszczenia komponentów na polach lutowniczych i (iii) lutowania rozpliwowego, czyli podgrzewania całego lutowanego zespołu powyżej temperatury topnienia stopu lutowniczego, który tworzy mechaniczne i elektryczne połączenie pomiędzy końcówkami komponentów a podkładkami PCB. Technologia SMT stoi obecnie przed poważnymi wyzwaniami: miniaturyzacją (coraz mniejszymi elementami); wzrostem gęstości upakowania (coraz więcej elementów); wzrostem wymagań dotyczących niezawodności oraz wzrostem wymagań dotyczących jakości ("zero defects manufacturing"). Powoduje to duże zapotrzebowanie na nowe technologie lutowania.

Technologia lutowania w parach nasyconych (ang. Vapour Phase Soldering (VPS)) wykorzystuje ciepło kondensacyjne do ogrzewania podczas procesu lutowania rozpliwowego. Podczas procesu kondensacji, organiczny płyn do przenoszenia ciepła jest podgrzewany na dnie zbiornika. Kiedy osiąga on temperaturę wrzenia, nad jego powierzchnią zaczyna się rozwijać para. Lutowany obwód PCB jest zanurzany w parze, a w konsekwencji na jego zimniejszej powierzchni tworzy się warstwa kondensatu, która przekazuje ciepło do układu. Po określonym czasie, lutowany obwód PCB jest usuwany ze zbiornika w celu ostygnięcia, co umożliwia skrzepnięcie stopionego lutu. Z punktu widzenia zużycia energii, **VPS jest przyjazną dla środowiska technologią lutowania rozpliwowego**, ponieważ ma najlepszą efektywność energetyczną. Dlatego też jest ona nadal uważana za obiecującą alternatywę dla metod rozpliwowych konwekcyjnych i w podczerwieni. **Jednakże, transfer ciepła w technologii VPS różni się znacznie od transferu ciepła w przypadku technologii konwekcyjnych i w podczerwieni, a tylko nieliczne badania w organicznym stopniu dotyczą aspektów termicznych tego procesu.**

Obok zastosowanej technologii lutowania, drugim ważnym aspektem wytwarzania prawidłowych połączeń lutowanych jest zastosowany stop lutowniczy. Pasty lutownicze stosowane w technologii SMT są koloidalnymi zawiesinami, które zawierają kulki metalu zawieszane w topniku w ilości 50-50 vol. Topnik oczyszcza powierzchnie lutowane i poprawia właściwości zwilżające lutu. Jednym z obecnych trendów poprawy **właściwości stopów lutowniczych jest zastosowanie dodatków do pasty lutowniczej w postaci nanoproszków ceramicznych (ang. nanoparticles, NPs)**, takich jak TiO_2 , Si_3Ni_4 , SiC, ZnO itp. NPs zmieniają parametry termiczne i mechaniczne lutów poprzez zmniejszenie rozmiarów ziaren i modyfikację granic ziaren.

Celem naukowym projektu jest zbadanie wpływu wymiany ciepła na kształtowanie mikrostruktury połączeń lutowanych podczas procesu lutowania w parach nasyconych (VPS) poprzez symulacje numeryczne skolorowane z badaniami metalurgicznymi. Głównym przedmiotem badań będą nowe kompozytowe stopy lutownicze, w których dodatek nanoproszków ceramicznych zmienia równowagę termodynamiczną układu. Hipoteza naukowa zakłada, że różne ustawienia procesu lutowania VPS mogą powodować znaczne różnice w przenoszeniu ciepła, co powoduje istotne różnice mikrostrukturalne w kompozytowych połączeniach lutowanych. Uzyskanie danych pozwoli na zoptymalizowanie technologii VPS w celu jej dostosowanie do nanokompozytowych stopów lutowniczych.

W pierwszym etapie projektu zostanie opracowany model numeryczny na poziomie połączenia lutowanego w celu zbadania mechanizmów wymiany ciepła podczas procesu lutowania w parach nasyconych, jako czynnika najbardziej wpływającego na kształtowanie mikrostruktury połączenia lutowanego. W drugim etapie planowane jest przeprowadzenie badań metalurgicznych kompozytowych połączeń lutowanych (tworzenie się warstw międzymetalicznych i określenie rozmiaru ziaren) wykonanych przy różnych współczynnikach wymiany ciepła, weryfikujących hipotezę o wpływie wymiany ciepła na mikrostrukturę połączenia. Cel ten zostanie osiągnięty poprzez przygotowanie złączy metalograficznych połączeń lutowanych; scharakteryzowanie ich mikrostruktury za pomocą mikroskopii optycznej i skaningowej mikroskopii elektronowej; zidentyfikowanie poszczególnych faz za pomocą rentgenowskiej spektroskopii rozpraszania energii oraz zbadanie struktury za pomocą transmisyjnej mikroskopii Elektronowej.

Postępująca miniaturyzacja oraz coraz trudniejsze warunki pracy urządzeń elektronicznych wymagają coraz bardziej precyzyjnych technologii lutowania. Ponadto istotną kwestią jest również zrównoważony rozwój technologii ze względu na dążenie do neutralności węglowej UE. Prawie wszystkie urządzenia elektroniczne przechodzą w trakcie produkcji przez etap lutowania, dlatego jest on kluczowy, bo jego nieprawidłowość może powodować problemy niezawodnościowe w trakcie eksploatacji urządzeń. **Oczekiwany rezultatem projektu będzie przyjazna dla środowiska, odpowiednio ustawiona technologia lutowania z użyciem kompozytowych stopów lutowniczych. Realizacja projektu pozwoli na uzyskanie wiedzy na temat wpływu NPs na mikrostrukturę połączeń lutowanych oraz na ich właściwości mechaniczne, elektryczne i termiczne.** Wiedza ta w znacznym stopniu przyczyni się do rozwoju technologii lutowania miękkiego.