

Montaż elementów SMD, część 4

Każda technika lutowania miękkiego, a z takim mamy do czynienia w naszym przypadku, polega w istocie na wykonaniu kilku podstawowych czynności: podgrzaniu złącza do wymaganej temperatury, dostarczeniu topnika usuwającego zanieczyszczenia i podaniu stopu lutowniczego tworzącego właściwą spoinę. W montażu elektronicznym „od zawsze” królowało kontaktowe lutowanie metodą „punkt po punkcie” tzn. gorącym grotem lutownicy i spoiwem w postaci drutu rdzeniowego wypełnionego topnikiem. Upowszechnienie (na początku lat 60-tych ubiegłego stulecia) obwodów drukowanych umożliwiło wprowadzenie lutowania „na fali” (*wave soldering*), polegającego na obsadzeniu górnej strony płytki drukowanej wszystkimi elementami a następnie przeciągnięciu jej dolnej powierzchni przez grzbiet fali utworzonej ze strumienia ciekłego stopu lutowniczego. Stopiony metal spełnia tu jednocześnie dwie funkcje – nagrzewa złącza i osadza się na nich wypełniając spoiny. Lutowanie na fali zdecydowanie przyspiesza proces montażu dzięki czemu doskonale sprawdza się w produkcji wielkoseryjnej. Jednak w odróżnieniu od tradycyjnego lutowania punktowego naraża laminat i podzespoły na znacznie większe obciążenia termiczne.

Wraz z wprowadzeniem montażu powierzchniowego, oprócz adaptacji pozwalających na wykorzystanie dobrze opanowanej „fali” a polegających na wstępnym przyklejaniu podzespołów SMD do laminatu, rozwinięto przede wszystkim technikę lutowania rozpliwowego (*reflow soldering*). W tej technice odwrócono kolejność operacji.



Fot. 47. Podręczny zestaw pincet

Uporawszy się z prezentacją obudów możemy wreszcie zająć się właściwym tematem naszego cyklu, czyli lutowaniem podzespołów SMD. W tym odcinku przedstawimy narzędzia i środki niezbędne podczas ręcznego montażu elementów – jak się okaże – także montowanych w dość wyrafinowanych obudowach.



Fot. 48. Chwytnak podciśnieniowy służący do przenoszenia m.in. układów QFP

Montaż rozpoczyna się od naniesienia na pola lutownicze (np. metodą druku szablonowego) cienkiej warstwy lutowia wraz z topnikiem, spreparowanego w postaci lepkiej pasty. Wykorzystując własności adhezyjne pasty układa się na niej wszystkie elementy SMD, po czym cała płytka wędruje do pieca tunelowego. W kolejnych strefach pieca, na skutek działania wysokiej temperatury, zachodzi szereg procesów kończący się stopieniem zawartego w paście lutowia i utworzeniem trwałych spoin. Do nagrzewania obwodu drukowanego w piecu tunelowym stosuje się promienniki podczerwieni lub – coraz częściej – wymuszoną konwekcję gorącego powietrza lub gazu obojętnego (azotu).

W praktyce warsztatowej możemy spotkać echa każdej z powyższych technik – oczywiście sprowadzone do skali montażu jednostkowego. Począwszy od tradycyjnej lutownicy grzałkowej wyposażonej w szereg grotów o różnych kształtach – w tym grot typu „minifala” symulujący w mikroskali falę stopionego lutowia, przez nagrzewnice z promiennikami IR służące do wstępnego podgrzewania naprawianych modułów, aż do stacji lutowniczych z nadmuchałem gorącego powietrza (*HotAir soldering station*) wykorzystywanych do demontażu i rozpliwowego lutowania pastą.

Na pytanie „co stanowi największą trudność w montażu podzespołów SMD?”, wielu Czytelników odpowiedziałoby zapewne „rozmiary”. Miniaturowe gabaryty i zwarta konstrukcja podzespołów SMD w oczywisty

sposób utrudniają operowanie nimi, zmuszając do zachowania stoickiego spokoju i korzystania z odpowiednio precyzyjnych narzędzi. Jednak nie tylko trudności z manipulacją decydują o specyfice SMT. Wymieńmy najważniejsze z nich:

- Miniaturowe rozmiary utrudniają dokładne pozycjonowanie podzespołów. Precyzyjne zgranie wyprowadzeń np. QFP100 w rastrze 0,5 mm z polami lutowniczymi na płycie wymaga nie tylko spokojnej ręki, ale także odpowiedniego sprzętu optycznego. Również końcowa ocena jakości wykonanego montażu, wyszukiwanie ew. zwarć i niedolutowań nie może się obyć bez wspomaganie wzroku.
- Małe rozmiary i zagęszczenie pól wymagają zachowania szczególnej dbałości o czystość lutowia i jakość stosowanych topników. W precyzyjnych połączeniach nie ma miejsca na ewentualne niejednorodności spoin.
- Elementy SMD pozbawione długich wyprowadzeń są narażone na wysoką temperaturę lub wręcz bezpośredni kontakt ze stopionym lutowiem. Dlatego montaż musi odbywać się szybko i sprawnie, przy zachowaniu pewnych ustalonych rygorów.
- Brak elastycznych wyprowadzeń i sztywne powiązanie mechaniczne elementów z płytką sprzyjają powstawaniu naprężeń termicznych



Fot. 49. Stereoskopowy mikroskop montażowy (DeltaOptical XLT-IV)



Fot. 50. Stanowisko warsztatowe zestawione na potrzeby niniejszego artykułu

w czasie montażu i mechanicznych wywołanych zginaniem płytki. Do elementów szczególnie wrażliwych na pęknięcie (o czym zresztą łatwo się zapomina) należą kondensatory ceramiczne MLCC. Uszkodzenie na skutek nieudolnego montażu np. kilku kondensatorów odsprężających zasilanie może łatwo przejść niezauważone. Za wyjątkiem trudnej do wyjaśnienia skłonności gotowego urządzenia do częstych zawiesznień.

Narzędzia do manipulacji podzespołami

Wygodą pracy z SMD zaczyna się od posiadania odpowiedniej pincety. A najlepiej nie jednej, a całego kompletu dostosowanego do elementów o różnej wielkości. Na fot. 47 przedstawiono podręczny zestaw zebrany z własnego stołu montażowego. Dwie pierwsze (licząc od dołu) pincety o ostrych, ale delikatnych zakończeniach służą do operowania „drobnicą” i precyzyjnego pozycjonowania układów scalonych. Pinceta o krótkim, sztywnym, kątowym zakończeniu również dobrze zdaje egzamin przy manipulowaniu elementami RCDT, jednak przydaje się też w sytuacjach gdy trzeba użyć większej siły – np. przy



Fot. 51. Stacja lutownicza Xytronic 988D z końcówką lutowniczą ES-D107

formowaniu pogiętych wyprowadzeń. Kolejny egzemplarz umożliwia uchwycenie w poprzek całej obudowy SOIC. Ostatni model to pinceta „płytkowa” przeznaczona do operowania wszystkim co płaskie – układami w obudowach SOP i QFP ale także np. laminatem układanym na żelazku.

Obudowy QFP, najeżone ze wszystkich stron wyprowadzeniami są dosyć niewdzięczne do chwytania pincetą. Do tego typu układów (choć nie tylko) bardziej nadaje się chwytak podciśnieniowy wyposażony w wymienne przyssawki o różnych rozmiarach (fot. 48).

Sprzęt optyczny

Według mojej subiektywnej oceny, przy lutowaniu układów SOIC z rastrzem $e=1,27$ mm i drobnych elementów nie mniejszych niż 0805, można się obyć bez wspomaganie optycznego. Niemniej użycie ok. 2-krotnego powiększenia znacznie poprawia komfort pracy. Pozycjonowanie układów w rastrze $e=0,65$ mm wymaga już powiększeń rzędu 5...10x natomiast po sięgnięciu do rastra $e=0,5$ mm dobrą widoczność zapewniają dopiero powiększenia w zakresie 10...15x. Na szczęście do wykonania większości operacji związanych z lutowaniem i demontażem w zupełności wystarcza podświetlana lupa warsztatowa zamontowana na wysięgniku lampy kreślarskiej lub lupa nagłowna. Powiększenia przekraczające 5x są potrzebne przede wszystkim przy wstępnym pozycjonowaniu układów scalonych o gęstym rastrze oraz do kontroli jakości wykonanych połączeń, tzn. przy czynnościach nie wymagających dużej powierzchni pola widzenia. Ten zakres można znaleźć np. w lupach zegarmistrzowskich („monoklach”), przenośnych mikrosko-



Fot. 52. Grot „miniflala” do montażu układów scalonych o gęstym rastrze wyprowadzeń

ASTAT

PRZEKAŹNIKI



NOWOŚĆ!



Przełącznik kontrolno-pomiarowy seria 71

Typ 71.41.8.230.1021

15 - 480 V AC

15 - 700 V AC

50/60 Hz

Typ 71.51.8.230.1021

0,1 - 10 A AC

0,1 - 10 A DC

do 600 A z przekładnikiem prądowym

CYFROWA KONTROLA I POMIAR

Inne przełączniki kontrolno-pomiarowe do kontroli:

- ↳ napięcia sieciowego 230V AC
- ↳ napięcia sieciowego 400V AC
- ↳ asymetrii 400V AC
- ↳ napięcia AC / DC
- ↳ prądu AC / DC
- ↳ temperatury silnika (PTC)
- ↳ poziomu cieczy przewodzącej

www.astat.com.pl

ASTAT Sp. z o.o.
ul. Dąbrowskiego 441
60-451 Poznań
Tel. 061 848 88 71
Fax 061 848 82 76
info@astat.com.pl



Fot. 53. Stacja lutownicza z nadmuchem gorącego powietrza (Xytronic 850D)

pach przeznaczonych dla poligrafów itp. Niestety jednosoczewkowe lupy o krótkich ogniskowych wprowadzają duże zniekształcenia co poważnie uprzykrza posługiwanie się nimi w montażu. Swobodę pracy wynikającą z dobrej jakości obrazu w całym polu roboczym zapewnia dopiero mikroskop stereoskopowy na statywie o długim ramieniu i powiększeniu regulowanym w zakresie od kilku do kilkudziesięciu razy. Jest to jednak swoboda dosyć kosztowna. Zakup technicznego stereomikroskopu o akceptowalnej jakości wiąże się obecnie z wydatkiem od ok. 900 (fot. 49) do kilku tysięcy złotych.

Sprzęt lutowniczy

Stacje lutownicze budzą największe emocje wśród osób zainteresowanych techniką SMT, choć jak wykazuje praktyka wcale nie są jedynym i najważniejszym czynnikiem decydującym o powodzeniu montażu. Wykonując próby i całą dokumentację foto-

graficzną do niniejszego artykułu korzystałem zarówno z akcesoriów typu „pomysłowy Dobromir” jak i urządzeń fabrycznych, aczkolwiek reprezentujących dalekowschodnią (czyt. dolną) półkę cenową, czyli potencjalnie leżących w zasięgu adresatów niniejszego cyklu. Na stanowisku montażowym (fot. 50) znalazły się m.in.:

- stacja lutownicza Xytronics 988D (fot. 51) wyposażona w :
 - § lutownicę ESD107 (60 W) z dodatkowym grottem typu „minifala”
 - § rozlutownicę pincetową (tweezer) typu TWZ-60 (fot. 54) o mocy 2x30 W
 - § końcówkę HotAir HAP-60 o mocy 60 W
- stacja z nadmuchem gorącego powietrza Xytronics 850D (fot. 53) o maksymalnej wydajności przepływu 28 l/min. i max. mocy grzałki 310 W wraz z wymiennymi dyszami
- termopinceta złożona na poczekaniu z dwóch tanich lutownic 40 W (fot. 54)
- zwykła lutownica oporowa 40 W z zestawem grotów kształtowych do demontażu (fot. 55), wykonywanych *ad hoc* według bieżących potrzeb.

Zebrane uwagi na temat jakości i przydatności używanego sprzętu postaram się przekazać przy okazji omawiania poszczególnych sposobów ich wykorzystania.

Topniki i akcesoria

Zarówno metalizacja płytki drukowanej jak i końcówki podzespołów używanych do montażu mają



Fot. 55. Wykute na poczekaniu groty kształtowe do lutownicy mogą bardzo ułatwić demontaż SMD

powierzchnie z natury rzeczy dobrze poddające się lutowaniu (Cu, Ag, Sn, SnPb) i względnie czyste, tzn. pozbawione grubej warstwy tlenków, siarczków i innych zanieczyszczeń. Zatem w montażu powierzchniowym topniki mają za zadanie usunięcie jedynie cienkiej naturalnej warstwy tlenków i zwiększenie napięcia powierzchniowego lutowia a tym samym nie wymaga się od nich dużej aktywności chemicznej. Natomiast zwraca się uwagę, żeby pozostawione resztki topnika nie działały korozyjnie a najlepiej, żeby w ogóle nie wymagały mycia po montażu (tzw. topniki *no-clean*). Z popularnych topników, łatwo dostępnych w sprzedaży detalicznej warto wymienić dwa rodzaje:

- **RF800** (Alphametals), często etykietowany jako „Topnik do SMD – NO CLEAN”. Ma postać rzadkiego roztworu o małej zawartości substancji stałych (<5%) i średniej aktywności. Po odparowaniu niemal nie zostawia osadu. Dobrze nadaje się do ręcznego lutowania drobnych elementów SMD. Ze względu na dużą zawartość izopropanolu (~90% IPA) pary RF800 działają drażniąco, przede wszystkim na oczy i drogi oddechowe, zatem topnik ten wymaga dobrej wentylacji stanowiska.
- **RMA-7** (Alphametals). Jest to średnioaktywny topnik kalafioniowy typu RMA (*mildly activated rosin*) w postaci gęstego żelu, konfekcjonowany w strzykawkach i przeznaczony do ręcznego montażu i napraw. Nałożony grubą warstwą na nóżki układu scalonego prawie się nie rozpląwa i znakomicie ułatwia montaż oraz demontaż elementów o dużej gęstości wyprowadzeń. Pozostałości RMA-7 są niekorozyjne i nieprzewodzące, więc nie wymagają natychmiastowego usuwania. Jednak resztki topnika zachowują pewną lepkość dlatego chcąc



Fot. 54. Dwie termopincety do demontażu elementów SMD: (D) TWZ-60 z wyposażenia stacji XY-988D oraz (G) prosta konstrukcja amatorska



Fot. 56. Plecionki miedziane do odsysania nadmiaru lutowia

uchronić płytkę przed późniejszym chwytniem zanieczyszczeń a także ze względu na estetykę, możemy je łatwo zmyć np. w alkoholu izopropylowym (IPA).

Obowiązkowa niegdyś czysta kalafonia powoli traci swoje znaczenie jako zasadniczy topnik montażowy, jednak na swoim stanowisku wciąż nie rezygnujemy z okazałej bryłki leżącej na podstawce lutowniczy. W precyzyjnym montażu podzespołów SMD, bardzo duże znaczenie ma czystość lutowia. Mówiąc obrazowo, w miniaturowej spoinie nie ma miejsca na obce wtrącenia takie jak nierozpuszczone tlenki, resztki zużytego topnika, itp. niejednorodności. Współczesne, nierozpuszczalne grotty przyjmują wprawdzie jedynie niewielką ilość stopu, jednak po odłożeniu lutownicy na podstawkę ulega on szybkiemu utlenianiu. Ilość topnika podawanego bezpośrednio na płytkę lub aplikowanego wraz z drutem rdzeniowym jest wystarczająca do oczyszczenia powierzchni płytki i świeżego lutowia, jednak zazwyczaj zbyt mała



Fot. 57. Ręczny dozownik do past i topników konfekcjonowanych w strzykawkach

do zredukowania sporej (w porównaniu z wielkością spoiny) ilości tlenków zgromadzonych na grotcie. Dlatego praktycznie przed każdym użyciem trzeba grot dokładnie oczyścić, przytapiając nim bryłkę kalafonii i wycierając o wilgotną gąbkę celulozową lub specjalnie do tego przeznaczony metalowy czyścik.

Z niezbędnych akcesoriów należy jeszcze wymienić plecionki do odsysania lutowia (fot. 55), czyli płaskie tasiemki splecione z miedzianych drutów i nasycone topnikiem.

Dzięki silnie rozwiniętej powierzchni plecionki te wykazują dużą skłonność do wchłaniania lutowia, co niezmiernie przydaje się do odsysania nadmiaru cyny z używanych pól lutowniczych a także do usuwania mostków cyny pozostawionych między nóżkami układów scalonych. Spośród trzech szerokości plecionki uwzględnionych na zdjęciu, w pracy z SMD najczęściej przydaje się rozmiar największy.

Pasta lutownicza

Producenci past lutowniczych (np. AIM, Koki, Alphametals, Multicore, Electrolube) oferują szeroką gamę produktów różniących się m.in. składem, zawartością i wielkością ziaren stopu lutowniczego, aktywnością topnika i korozyjnością jego pozostałości, temperaturą odparowania rozpuszczalnika a także lepkością i własnościami tiksotropowymi. Dobór właściwego rodzaju pasty do konkretnego zastosowania wymaga zatem sporej wiedzy technologicznej. Na szczęście większość z tych parametrów, ma istotne znaczenie jedynie w procesach przemysłowych. W praktyce warsztatowej, gdzie zamiast druku szablonowego musi wystarczyć opanowana ręka uzbrojona w strzykawkę, a wygrzewanie w piecu tunelowym o precyzyjnie ustalonym profilu temperatury zastępuje ręczna dmuchawka z gorącym powietrzem, powinniśmy zwrócić uwagę przede wszystkim na skład stopu i właściwości korozyjne topnika. Wprawdzie termin zobowiązujący do przejścia na

spoiwa bezołowiowe jest coraz bliższy, jednak w serwisie i jednostkowej produkcji wciąż dominuje tradycyjny stop cynowo – ołowiowy. Nabywając w detalu, konfekcjonowaną w strzykawkach pastę przeznaczoną do montażu ręcznego i napraw, otrzymamy mieszaninę zawierającą rozdrobniony, okotekticzny stop SnPb (najczęściej Sn62Pb36Ag2) zawieszony w żelowym, niskoaktywnym topniku typu *no-clean* tzn. niekorozyjnym i nie wymagającym mycia po lutowaniu. Ze względu na skłonność do sedymentacji cząstek lutowia, pasty te mają dość ograniczoną trwałość. Dlatego przy zakupie należy zwrócić uwagę na datę ważności a także na zalecenia producenta dotyczące składowania w obniżonej temperaturze (np. w drzwiach lodówki).

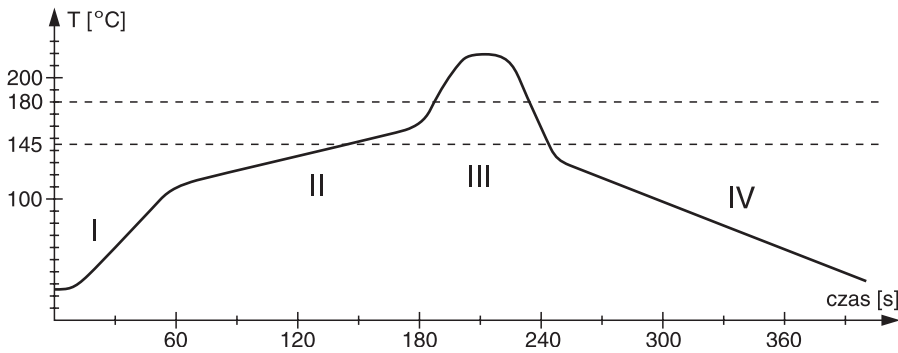
Nanoszenie preparatu na płytkę odbywa się bezpośrednio ze strzykawki przez krótką igłę o średnicy dobranej do jego lepkości. Do wytłoczenia pasty wystarczy silna ręka jednak trudno w ten sposób uzyskać precyzję nanoszenia i powtarzalność dawek. Do systematycznej pracy warto zatem rozważyć nabycie przynajmniej ręcznego dozownika (dostępnego np. w ELFA pod nazwą „pistolet dozujący” lub w TME – dział „dozowniki i osprzęt”, fot. 57) nie mówiąc już o zautomatyzowanych ale niestety znacznie droższych, dyspenserach pneumatycznych zapewniających regulowaną i powtarzalną wielkość porcji tłoczonych przy każdym dozowaniu.

Co w paście pizczy

Zanim sięgniemy po pastę lutowniczą i strumień gorącego powietrza przyjrzyjmy się jeszcze zjawiskom zachodzącym w czasie lutowania rozpliwowego. Na rys. 58 przedstawiono przeciętny profil temperatury przez jaki musi przejść płytką w piecu do lutowania. Możemy go podzielić na 4 etapy:

- Nagrzewanie wstępne (*pre-heat*).
- Oczyszczanie (*soak*).
- Rozpliw (*reflow*).
- Chłodzenie (*cooling*).

Każdy z etapów ma ściśle określony zalecany czas trwania oraz dopuszczalne gradienty temperatury. Oczywiście dokładne wartości zależą od konkretnych warunków procesu a nasz przykładowy profil reprezentuje tylko jeden z możliwych wariantów, niemniej spróbujemy na jego podstawie pokrótce opisać z czego wynikają



Rys. 58. Typowy profil temperatury stosowany w lutowaniu rozpliwym

poszczególne zalecenia i jakimi defektami grozi ich nieprzestrzeganie.

Wstępne nagrzewanie płytki (faza I) z typowym nachyleniem ok. 1...2°C/s. trwa do osiągnięcia temperatury 100...120°C. Na tym etapie następuje odparowanie rozpuszczalnika zawartego w paście lutowniczej. Przekroczenie dopuszczalnego gradientu temperatury może być przyczyną powstania dwóch defektów tzn. kuleczkowania (*balling*) i zwarć pomiędzy wyprowadzeniami (*bridging*). Podczas wygrzewania pasty na jej powierzchni powstaje cienka wyschnięta błona. Forsowne nagrzewanie prowadzi do lokalnego wzrostu ciśnienia par rozpuszczalnika, przerwania warstwy powierzchniowej i rozprysnięcia pasty wokół pola lutowniczego. Lutowie zawarte w rozproszonej paście przyjmuje, po przetopieniu, postać luźnych kulek, od których pochodzi nazwa defektu (**fol. 59**). Z drugiej strony, zbyt szybki wzrost temperatury powoduje zmiany lepkości i nadmierne rozpliwianie się pasty co sprzyja powstawaniu zwarć.

W fazie II zachodzą równoległe dwa procesy – aktywacja topnika i ujednoczenie rozkładu temperatur. Temperatura ok. 145°C stanowi próg aktywacji większości stosowanych topników. Oznacza to, że dopiero od tej chwili odbywa się chemiczne oczyszczanie powierzchni tworzących złącze jak i rozpuszczanie tlenków pokrywających ziarna stopu lutowniczego. Drugi etap trwa do momentu osiągnięcia temperatury ok 170°C, aczkolwiek jego zalecany czas trwania zależy od metody nagrzewania. Niemniej czas ten powinien być wystarczająco długi aby umożliwić usunięcie zanieczyszczeń a zarazem nie przedłużany nadmiernie, gdyż przeciąganie fazy II powoduje przedwczesne wyczerpanie aktywnego zapasu topnika

i wtórne utlenianie powierzchni odbijające się na jakości połączeń.

Etap III – rozpliwu – zaczyna się z chwilą osiągnięcia temperatury topnienia stopu lutowniczego, wynoszącej w przypadku spoiw ołowiwych ok 180°C (np. Sn62Pb36Ag2 – t.t.=179°C). Polega na szybkim (z nachyleniem do 3,5°C/s) nagrzaniu do maksymalnej temperatury przekraczającej o 30...40° temperaturę topienia lutowni po czym równie szybkim schłodzeniu poniżej temperatury krzepnięcia stopu. W praktyce przyjmuje się odrobinę wyższą temperaturę maksymalną sięgającą 215...225°C. Faza rozpliwu jest najbardziej krytyczna z punktu widzenia niezawodności montażu. Czas jej trwania wynosi 30...90 s (choć zaleca się <60 s). Od dołu ogranicza go m.in. czas potrzebny na penetrację spoiwa oraz gradienty temperatury wywołujące naprężenia termiczne prowadzące do uszkodzenia elementów – przede wszystkim kondensatorów ceramicznych MLCC. Z drugiej strony istnieje kilka czynników przemawiających za skracaniem czasu trwania tej fazy. Podzespoły i laminaty są poddawane działaniu ekstremalnie wysokiej temperatury, a przedłużanie procesu może prowadzić do ich uszkodzenia. Drugi czynnik wynika z fizykochemicznej budowy złącza. Na granicy pomiędzy metalem podłoża a stopem lutowniczym powstają cienkie warstwy twardych, lecz zarazem kruchych faz międzymetalicznych. Zbyt długie przetrzymywanie złącza w wysokiej temperaturze sprzyja nadmiernemu rozrostowi tych warstw a w konsekwencji pogarsza odporność mechaniczną i niezawodność połączenia.

Ostatnia faza (IV), tzn. chłodzenie powinna się odbywać możliwie szybko. Możliwie, tzn. nie przekraczając nachylenia 3...4°C/s, ze względu na naprężenia termiczne

groźne dla delikatnych podzespołów. Za szybkim chłodzeniem przynajmniej do poziomu 130°C przemawia natomiast przeciwdziałanie nadmiernemu rozrostowi ziaren w stopie lutowniczym i wspomnianych warstw międzymetalicznych powodujących nadmierną kruchość łącza.

Jednym z bardziej widowiskowych defektów montażu SMT jest tzw. nagrobkowanie (*tombstoning*) polegające na stawianiu na sztorc drobnych podzespołów np. rezystorów. Defekt ten powodują siły napięcia powierzchniowego występujące w stopionym lutowniu i z jakiegoś powodu działające niesymetrycznie na element. Takim powodem może być np. słabe (na skutek złego działania topnika) lub opóźnione (w wyniku niejednorodnego rozkładu temperatury) zwilżanie jednego z dwóch pól lutowniczych, a jego przyczyn należy szukać w pierwszej kolejności w błędach popełnionych w drugiej fazie nagrzewania.

Można zadać pytanie, czy powyższy opis będzie do czegoś przydatny w sytuacji gdy zamierzamy posługiwać się jedynie ręczną dmuchawką *HotAir*? Otóż przy ręcznym montażu precyzyjnie kontrolowane profile temperatury muszą ustąpić miejsca intuicji i doświadczeniu operatora. Znajomość zjawisk zachodzących w czasie lutowania i powodowanych przez nie defektów powinny (jak sądzę) ułatwić zdobywanie tego doświadczenia.

Marek Dzwonnik, EP
marek.dzwonnik@ep.com.pl

Odnosiniki

Topnik RF800 – specyfikacja:
<http://www.alphametals.com/products/fluxes/loncorf800.html>

Topnik RMA-7 – specyfikacja:
<http://www.semicon.com.pl/download/Chemia/Alphametals/Alpha%20RMA-%207.doc>



Fot. 59. Przykład kuleczkowania pasty lutowniczej