

A felületszerelt gyártástechnológia (SMT)

Részletek Sobor András és Davidovics Péter szakdolgozatából

A felületszerelési technológiáról általában

Az elektronikai szereléstechológiában lényegében két szerelési módszert különböztetünk meg egymástól:

- Furatszerelési technológia (THT – Through Hole Technology);
- Felületszerelési technológia (SMT – Surface Mount Technology).

A furatszerelési technológiánál alkalmazott alkatrészek kivezetéseit (melyek lehetnek merev vagy hajlékony kialakításúak) a szerelőlemez alkatrészoldalán a furatokba helyezik, majd a lemez másik oldalán (a forrasztási oldalon) megtörténik az "elektromos bekötés", azaz a forrasztás, amely hullámforrasztás segítségével történik. A merev kivezetéssel rendelkező furatszerelhető alkatrészek lábait a furatok elhelyezkedésének függvényében méretre vágják és hajlítják, míg a hajlékony kivezetésűek lábkiosztását szabványok alapján alakítják ki.

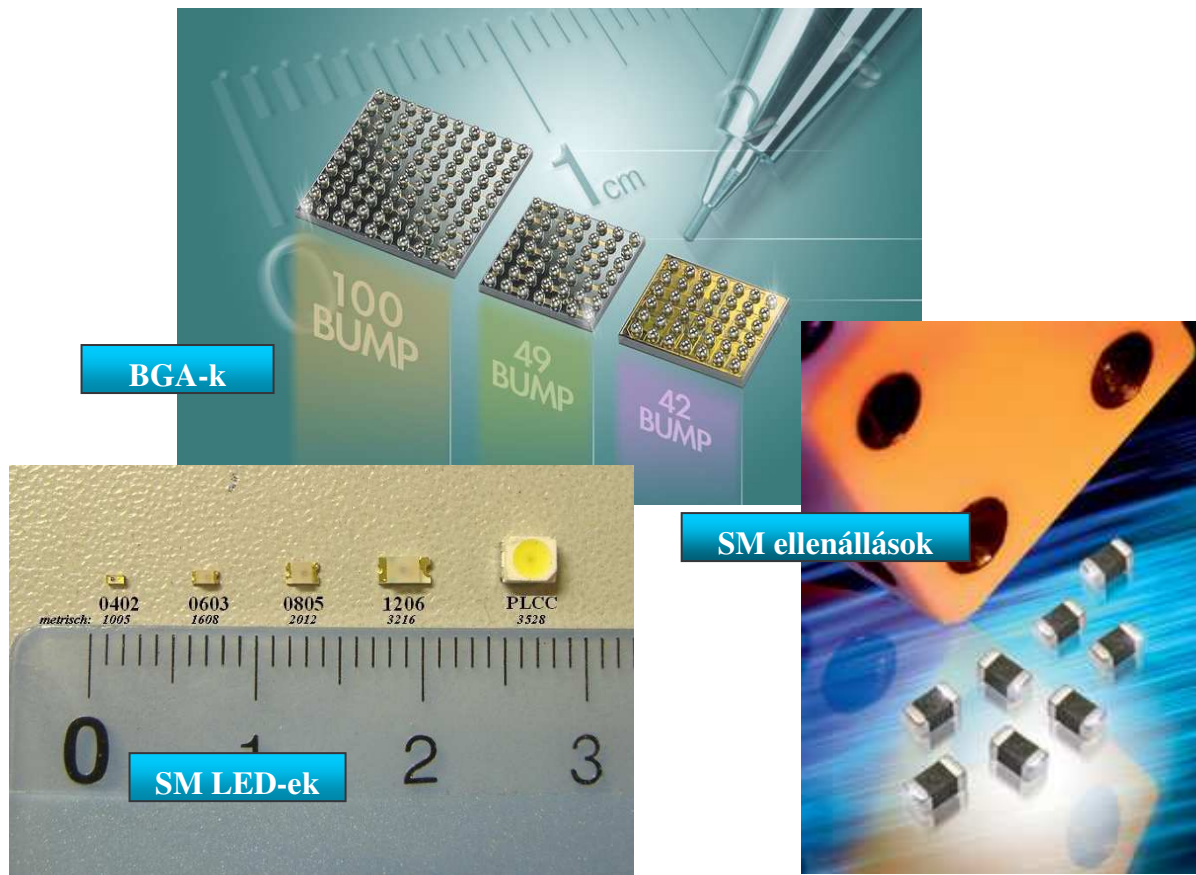
A furatszerelési technológia egyre inkább háttérbe szorulását misem bizonyítja jobban, minthogy napjainkban a szerelőlemezre beültetett alkatrészek mindössze 3-5% - a furatszerelt alkatrész, a maradék 95-97% - a SMD (Surface Mount Device – Felületszerelt alkatrész). A furatszerelési technológia hátránya, hogy a szerelőlemez mindkét oldala felhasználásra kerül, valamint az, hogy alkatrészek helyigénye nagy a furatok miatt.

A felületszerelést a legegyszerűbben úgy lehet értelmezni, hogy az alkatrészek és azok rögzítése a panelhez ugyanazon oldalon történik, tehát itt nem különböztetünk meg egymástól alkatrész-, illetve forrasztási oldalt, vagy úgy is tekinthetjük, hogy mindkét oldal alkatrész-, valamint forrasztási oldal is. A felületszerelési technológia lényege, hogy a speciálisan e célra kialakított alkatrészek elektromos kivezetői közvetlenül kapcsolatba kerülnek a panelen kialakított kontaktus felületekkel, az úgynevezett pad-ekkel.

A felületszerelési technológia előnyei:

- azoknál a hordozóknál, melyeknél csak felületszerelhető alkatrészek kerülnek beültetésre, nincs szükség furatozásra, köszönhetően a kivezető huzalok elmaradásának;
- a gyártás folyamatai olcsóbbak és automatizálhatóak;
- az alkatrészek térfogata szabványosított, ami az automatizálhatóság felé pozitívan jelentkezik;

- a felületszerelhető alkatrészek mérete jóval kisebb a furatszerelhető alkatrészekénél, ezért lényegesen kevesebb területre van szükség a beültetésükhöz.



Néhány SMD méretének szemléltetése

A felületszerelési technológia hátrányai:

- ez a technológia jóval bonyolultabb tervezést igényel a nagy alkatrész-szám és a méretcsökkenés miatt;
- az alkatrészek beültetése rendkívül nagy pontosságot követel meg;
- az egy hordozón előforduló nagyszámú alkatrész megnehezíti a hibák feltárását, keresését.

A felületszerelési technológia szerelési változatai

A nagy alkatrészválaszték, valamint a rendelkezésre álló gépek függvényében két féle szerelési változatot különböztetünk meg egymástól:

a) Tiszta felületi szerelés:

- ennél a szerelési módszernél csak felületszerelhető alkatrészeket alkalmaznak;

- történhet egy-, illetve kétoldalas szereléssel, azaz vagy csak a panel egyik oldalára ültetnek alkatrészeket, vagy mindkét oldal beültetésre kerül;
- az elektromos kötés megvalósítása, létrejötte a pad-ek és az alkatrészek között forrasztópasztá alkalmazásával történik;
- ez a szerelési technológia használja ki legjobban a felületszerelési technológia által nyújtott előnyöket.

b) Vegyes szerelés:

- ebben az esetben felületszerelhető és hagyományos (furaton át szerelt) alkatrészeket is ültetnek be a panelre;
- megnő a technológia folyamatainak száma, de sokkal nagyobb alkatrész-szerelési sűrűség érhető el;
- itt az elektromos kötések létrehozására hullámforrasztási technológiát vesznek igénybe.

Azért van szükség vegyes szerelési technológiára, mert az egyes elektronikai paramétereket nem érdemes, vagy nem lehet felületszerelt alkatrészekkel elérni. Ide tartoznak a nagy kapacitású kondenzátorok, teljesítménytranzisztorok, induktivitások, trafók, mechanikai elemek, valamint kapcsolók nagy része.

A tiszta felületi szerelés fajtái és technológiai lépései

A tiszta felületi szerelés során csak felületszerelhető alkatrészek kerülnek a panelre. Két fajta technológiát különböztetünk meg egymástól annak függvényében, hogy a panel egyik, vagy mindkét oldalára kerülnek-e alkatrészek beültetésre:

1) Egyoldalas felületszerelés (REFLOW):

Technológiai lépések:

- forrasztópasztá felvitele a hordozóra;
- felületszerelhető alkatrészek beültetése;
- újraömlesztés (reflow) forrasztás a paszta kikeményítésére.



2) Kétoldalas felületszerelés (Dupla REFLOW):

Technológiai lépések:

- a. forrasztópaszta felvitele a hordozó "A" oldalára;
- b. felületszerelhető alkatrészek beültetése az "A" oldalra;
- c. újraömllesztéses forrasztás;
- d. panel fordítása;
- e. forrasztópaszta felvitele a hordozó "B" oldalára;
- f. felületszerelhető alkatrészek beültetése a "B" oldalra;
- g. újraömllesztéses forrasztás.



A vegyes felületi szerelés fajtái és technológiai lépései

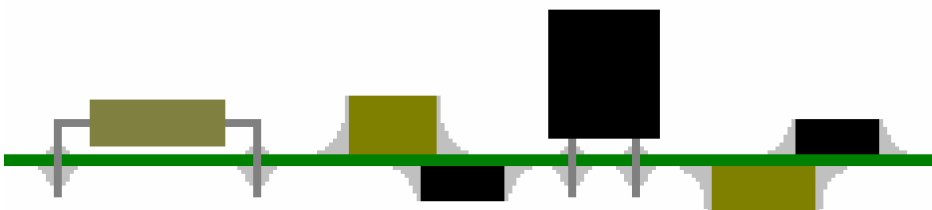
A vegyes felületszerelés során egyaránt alkalmazunk felületszerelhető-, valamint hagyományos, furaton át szerelhető alkatrészeket. Itt is két technológiát különböztetünk meg egymástól:

- 1) Egyik oldalon felületszerelt, a másikon huzalkivezetéses alkatrészek (RAD-CP):

Technológiai lépések

- a. huzalkivezetéses alkatrészek beültetése, mechanikai rögzítése;
- b. panel fordítása;
- c. ragasztó felvitele;
- d. felületszerelhető alkatrészek beültetése;
- e. ragasztó kikeményítése kemencében;
- f. panel fordítása;
- g. hullámforrasztás, tisztítás.

- 2) Vegyes felületszerelt oldal esetén (REFLOW-RAD-CP):



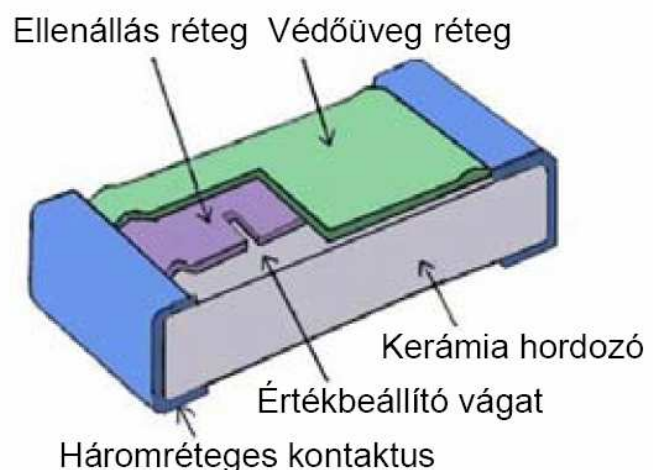
Technológiai lépések:

- a. forrasztópaszta felvitele az "A" oldalra;
- b. felületszerelt alkatrészek beültetése az "A" oldalon;
- c. újraömlesztétes forrasztás;
- d. huzalkivezetéses alkatrészek beültetése az "A" oldalon;
- e. panel fordítása;
- f. ragasztó felvitele;
- g. felületszerelt alkatrészek beültetése a "B" oldalon;
- h. ragasztó kikeményítése;
- i. panel fordítása, hullámforrasztás.

Felületszerelhető alkatrészek

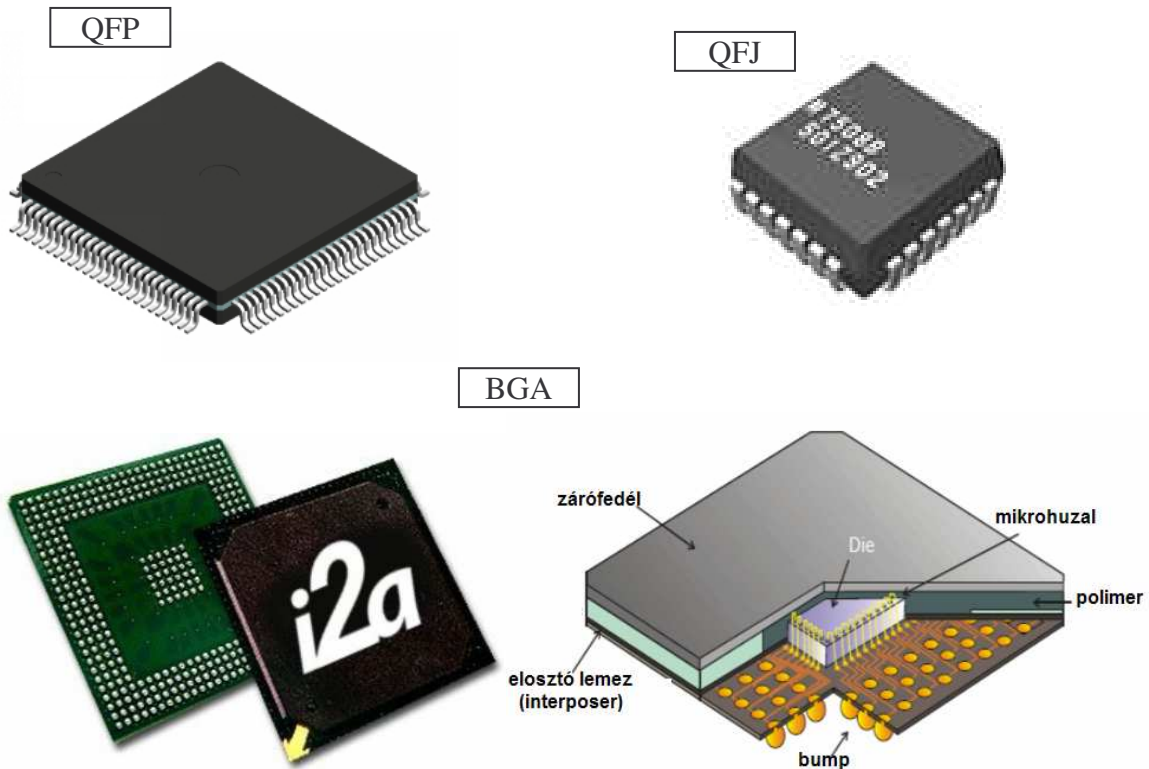
A felületszerelhető alkatrészek kialakításánál az volt az elsődleges cél, hogy könnyen alkalmazkodjanak a felületszerelési technológia által kínált előnyökhöz. A felületszerelt alkatrészekkel szemben támasztott legfőbb követelmények, hogy a geometriai méreteik számottevően kisebbek legyenek a furatszerelhető alkatrészekénél, kialakításuk és alakjuk egységesített legyen, hogy segítsék az automatizált beültetés folyamatát, valamint a villamos ellenőrzést.

A felületszerelési technológiában eltérő kialakítási formákat különböztetünk meg egymástól, mind a passzív, mind az aktív alkatrészeknél. A passzív alkatrészek csoportjába tartoznak az ellenállások, kondenzátorok, induktivitások és potenciométerek, melyek esetében beszélhetünk hasáb vagy henger alakú kialakításról. Az alkatrészek végein speciálisan kialakított fémezés segítségével történik a forrasztott kötés létrehozása, valamint ez a forrasztott kötés rögzíti a felületszerelhető alkatrészt a hordozón kialakított pad-ekhez, melyeknek mérete és alakja szigorú szabványosítási rendszerhez igazodik. A passzív SM alkatrészek közül a legáltalánosabban használt típusok az úgynevezett chip ellenállások, melyek legtöbbször Al_2O_3 kerámiahordozón vastagréteg technológia segítségével kialakított rétegellenállások. A felületszerelhető chip-ellenállások és chip-kondenzátorok első ránézésre nagyon



hasonlítanak egymásra, mindössze annyi a külsődleges különbség közöttük, hogy az SM ellenállásokon található felirat. Ezt a feliratot, azaz az ellenállás értékkódját a chip-ellenálláson kialakított védő üvegrétegre viszik fel szitanyomtatással vagy lézeres gravírozással. A chip-ellenállások értéke néhány Ω -tól 10 M Ω -ig is terjedhet. A felületszerelhető kondenzátorok esetében a kerámia blokk kondenzátorok hasáb alakúak és a tokozásuk (a szigetelőanyag) kerámiából készül. Az elektrolit kondenzátorok hengeres kialakításúak, az alumínium ház a védőrétegük és a bennük lévő elektrolit a szigetelőanyag. Az SM kondenzátorok esetében meg kell még említeni a tantál kondenzátorokat, melyek hasáb alakúak, szigetelőanyaguk tantál, a védőréteg műanyag ház. A chip-kondenzátorok értéke általában 0.47pF és 1 μ F között mozoghat. A passzív felületszerelhető alkatrészeknél beszélhetünk még chip-induktivitásokról, melyeknek értéke 0.047 μ H - 200 μ H tartományban mozoghat, illetve chip-potenciometerekről, amelyek értéke 100 Ω -tól 1 M Ω -ig terjedhet.

Az aktív felületszerelhető alkatrészekkel szemben is számos követelményt támasztottak a kialakításukra vonatkozóan. Az első és talán legfontosabb követelmény, hogy kicsi legyen a helyfoglalása, azaz a tok mérete a lehető legkisebb méretű legyen. További követelmények, hogy csomagolhatóságuk rendezett legyen, a tokozás rendelkezzen a felhasználásnak megfelelő környezetállósággal és megbízhatósággal, valamint megfeleljenek a gépi beültethetőség követelményeinek. Az aktív SM alkatrészek esetében is a hasáb alakú kivitel a legelterjedtebb, azon belül is az SO (Small Outline) és DIL (Dual-In-Line) tokkivitel. Az aktív felületszerelhető alkatrészek közé tartoznak a tranzisztorok, diódák és Integrált áramkörök (IC). Az itt alkalmazott leggyakoribb tokozási anyag a műanyag és kerámia, melyek létfontosságúak a hőtechnikai jellemzők, a megbízhatóság, valamint a nagyfrekvenciás jellemzők szempontjából. A kerámiából készült tokkivitel hermetikusan lezárt tok. Az alkatrészek csak felületszerelésre alkalmas, kötött elosztású kivezetésekkel rendelkeznek. Az integrált áramkörök tokozását figyelembe véve a legfontosabb tulajdonág az úgynevezett pitch (léptetés), amely a két szomszédos láb középvonalai között mért távolságot adja meg. Abban az esetben beszélhetünk fine pitch-es léptetésről, ha a két szomszédos láb közötti távolság kevesebb vagy egyenlő, mint 0,5 mm (lehet 0,5 ; 0,4 ; 0,3 mm). A fine pitch-es integrált áramköröknél fokozott figyelmet kell fordítani a forrasztásra, mivel a kicsi lábtávolság miatt nagy a kialakulási valószínűsége a foraszhídnak, illetve a felületszereléskor könnyen ónhány léphet fel a rendkívül kis méretek miatt. A leggyakrabban alkalmazott integrált áramköri tokozások a QFP (Quad Flat Package), a TQFP (Thin Quad Flat Package), a QFJ (Quad Flat J-leaded package) és a BGA (Ball Grid Array). A BGA kivitel nagymértékben különbözik a QFP kialakítástól, hiszen ebben az esetben a kivezetések az alkatrész alsó felszínén kerültek kialakításra. A legszámottevőbb hátránya a BGA kialakításnak, hogy a hibaanalizálás, valamint a javítás folyamata sokkal bonyolultabb lett, mivel a kivezetések szabad szemmel nem láthatóak, a kötések csak röntgenes vizsgálattal ellenőrizhetőek.



. Felületszerelhető Integrált áramkörök

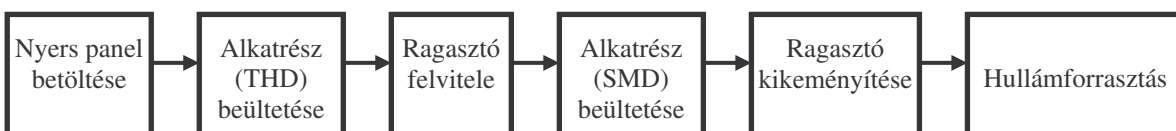
A felületszerelési technológia munkafolyamatainak részletes ismertetése

Mint ahogy azt már bővebben tárgyaltunk, a felületszerelési gyártástechnológiában megkülönböztetünk egymástól tiszta és vegyes szerelési technológiát. A különböző szerelési változatok esetében más-más folyamatokon keresztül jutunk el a nyers paneltől a késztermékig. A mai felületszerelési technológiában a legszembetűnőbb technológiai eltérés a beültetett alkatrészek forrasztás előtti rögzítése a hordozón kialakított pad-ekhez. E tekintetben kétféle rögzítési eljárást különböztetünk meg egymástól:

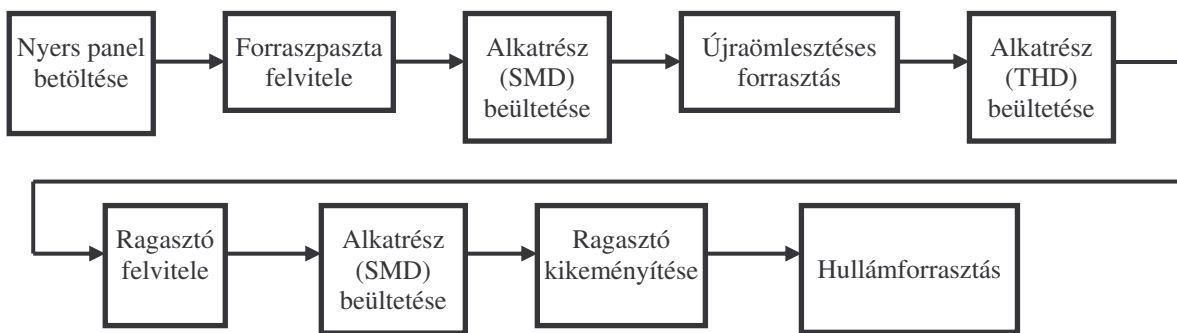
- ragasztással történő rögzítés;
- forrasztópaszta segítségével történő rögzítés.



A felületszerelési technológia folyamatainak sorrendje tiszta felületi szerelés esetén



*A felületszerelési technológia folyamatainak sorrendje vegyes felületi szerelés esetén
(egyik oldalon csak SMD, másikon csak THD)*



*A felületszerelési technológia folyamatainak sorrendje vegyes felületi szerelés esetén
(legalább az egyik oldalon SMD és THD is)*

Ragasztásos technológia

A ragasztásos technológia fő célja, hogy a vegyes felületszerelési technológia során rögzítsük az alkatrészeket a hordozóra. A ragasztásra azért van szükség, mivel a vegyes szerelési technológia során a furatszerelt alkatrészek beültetése után a panel fordítása következik, majd beültetik a felületszerelt alkatrészeket, és ezután visszafordítják a panelt. Ha nem alkalmaznának ragasztást az SM alkatrészek mechanikai rögzítésére, úgy a panel visszafordítása után leesnének a hordozóról. A furaton átszerelt alkatrészek esetében az alkatrészek kivezetései és a pad-ek között az elektromos összekötést hullámforrasztó segítségével valósítjuk meg. A vegyes szerelési technológiánál a furaton átszerelt alkatrészek forrasztási oldalán beültetésre kerülnek felületszerelhető alkatrészek is. Amennyiben nem alkalmaznánk mechanikai rögzítést ragasztó alkalmazásával a felületszerelhető alkatrészek és a panel között, úgy abban az esetben a hullámforrasztó hulláma könnyen lemoshatná az alkatrészeket a hordozóról. A felületszerelés esetében alkalmazható ragasztók egy vagy több komponensűek. A ragasztó kiválasztása során figyelembe kell venni a térhálósítási időt, a tárolási időintervallumot és azt, hogy a ragasztott kötés bontható-e vagy sem. A több komponensű ragasztók hátránya, hogy összekevert állapotban néhány napon belül fel kell használni, míg az egy komponensűek több hónapig is megőrzik felhasználhatóságukat. A felületszerelt gyártástechnológiában leggyakrabban alkalmazott ragasztók hő hatására szilárduló műanyagból készülnek. A ragasztószer panelre történő felvitele általában adagológépek segítségével történik, melynek előnye, hogy a felvitt ragasztó mennyisége igen széles határok között mozoghat. A ragasztó panelre történő felvitelénél három különböző adagolási módszert különböztetünk meg egymástól:

- Auger adagolás;



- Sűrített levegővel történő adagolás;
- Pisztolyszerű adagolás.

Az Auger-féle adagolásnál egy menetes tengely segítségével történik meg a ragasztó kipréselése a tubusból. A sűrített levegő segítségével történő adagolás esetében a tubusban uralkodó nyomás változtatásával érjük el a ragasztó kiszivárgását. A pisztolyszerű adagolás lényege, hogy egy a tubusban lévő ragasztó kilövédik a panelre egy rugó segítségével. Az adagológéppel szemben támasztott legfőbb követelmény, hogy a ragasztópöttyök felvitele a hordozóra századmilliméter pontossággal történjen meg. A panelek loader-ből történő betöltődése után egy mozgó asztal a megfelelő helyzetbe pozicionálja a terméket, amely felett merőleges irányban helyezkednek el a ragasztós tubusok, majd a ragasztás megkezdése előtt próbaragasztást végez az adagológép a hordozó nem használt területén, a keretén. A tesztragasztás során letett ragasztópöttyök méretét és alakját egy kamera segítségével leellenőrzi, és ha megfelelőnek találja azokat, akkor megkezdí a ragasztó felvitelét. Rendkívül fontos szerepe van a ragasztópöttyök ellenőrzésének, mivel az alkatrész beültetése után már bonyolult annak helyrehozatala, javítása. A ragasztás minőségét számos tényező befolyásolhatja, ide tartozik a tárolási hőmérséklet (általában néhány °C), az adagológép állapota, a ragasztó szavatossági ideje, környezeti hatások. Ha ezek közül a tényezők közül valamelyik nem megfelelő, az negatív hatással lehet mind a ragasztás kötési erősségére, mind a viszkozitásra. A ragasztós technológia előnye, hogy kevés lépésből áll, és bár maga a ragasztóanyag költséges, de nagyon kis mennyiség is elegendő belőle a mechanikai rögzítés létrejöttéhez.

Újraömllesztés (Reflow) technológia

Az újraömllesztés technológia során forrasztópasztát alkalmazunk a felületszerelhető alkatrészek mechanikai rögzítésére, valamint az alkatrészek és a hordozón található pad-ek közötti elektromos kontaktus létrehozására. Amíg a ragasztós technológia során a ragasztó csak a mechanikai rögzítést biztosítja az SM alkatrészeknek, és a hullámforrasztás hozza létre az elektromos bekötést, addig ennél az eljárásnál ez a két technológiai lépés egy munkaállomáson megy végbe, egy – a későbbiekben részletezésre kerülő – kemence segítségével. Jól mutatja a két technológia közötti különbséget az a tény, hogy a ragasztós technológia során a kemencében még csak a ragasztó kikeményítése történik meg, míg a reflow eljárás során a kemence a technológia utolsó fázisa, azaz a kemencéből kijövő panel elkészült.

A forrasztás

A felületszerelt gyártástechnológiában alkalmazott forrasztópaszták összetételüket tekintve fémporból, folyasztószerből és különböző szerves adalékanyagokból tevődnek össze. A forrasztóanyag készítésekor elsőként a port készítik el. A szükséges anyagokból készített ötvözetet

annak olvadáspontja fölé fűtik fel, majd a porlasztási eljárás következtében 10 – 50 µm közötti átmérőjű gömbök alakulnak ki. Nagy jelentősége van a gömb alaknak, mivel így biztosítható a minél kisebb fajlagos felület. Gondosan ügyelni kell arra, hogy a gömbök mérete ne csökkenjen az előírt mérettartomány alá, mivel a fajlagos felület csökkenése arányos a por oxidtartalmával, amely negatív irányban befolyásolhatja a forrasztás minőségét. Ennek érdekében a szemcsék nagyon alapos vizsgálaton esnek át, amely során csak az előírt mérettartományba tartozók kerülnek felhasználásra.

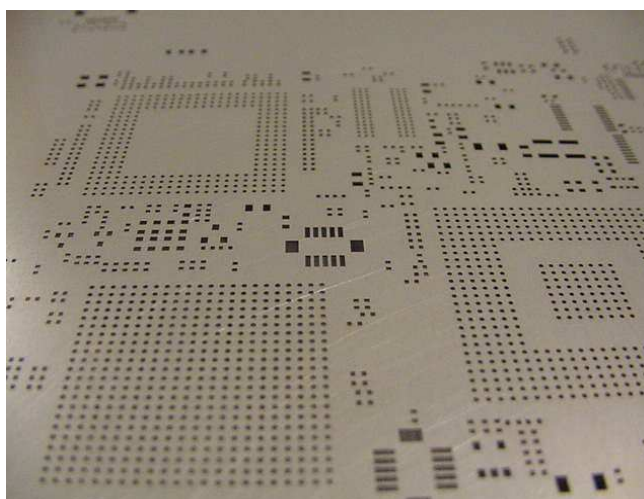
A forrasztópaszták másik meghatározó alkotóeleme a folyasztószer, melyek lehetnek szerves, szervetlen vagy gyantaalapúak. A folyasztószer fő feladata, hogy a kemencében végbemenő megömllesztéskor megfelelően benedvesítsék a felületeket. A nem megfelelő nedvesítés alkatrész elcsúszásához, vagy úgynevezett tombstoning (alkatrészfelállás) jelenségéhez vezethet. Általában valamilyen gyenge savat alkalmaznak aktivátor anyagként, mely nélkülözhetetlen a megfelelő nedvesítéshez. Az elsődleges szempont az, hogy a forrasztási hőmérséklet elérése előtt megszűnjön a pad-ek és az alkatrészek kivezetései között kialakult oxidréteg.

A forrasztópaszták tárolásuk során hűtést igényelnek. Ez általában egy hűtőszekrényben történik, 0 – 10 °C hőmérséklet közelében. Hűtés nélkül a paszták felhasználhatósága csak néhány napra koncentrálódna a levegő páratartalmától függően, míg hűtéssel hónapokig felhasználható a minőségének romlása nélkül. A hűtés következményeképpen a pasztát lágyítani kell, ez 10 – 15 percen keresztül történő keveréssel történik.

A forrasztópaszta felvitele

A paszta felvitelének technológiája a felületszerelési gyártástechnológia legkritikusabb munkafázisa. Napjainkban a legelterjedtebb pasztafelviteli eljárás a stencilnyomtatás technológiája.

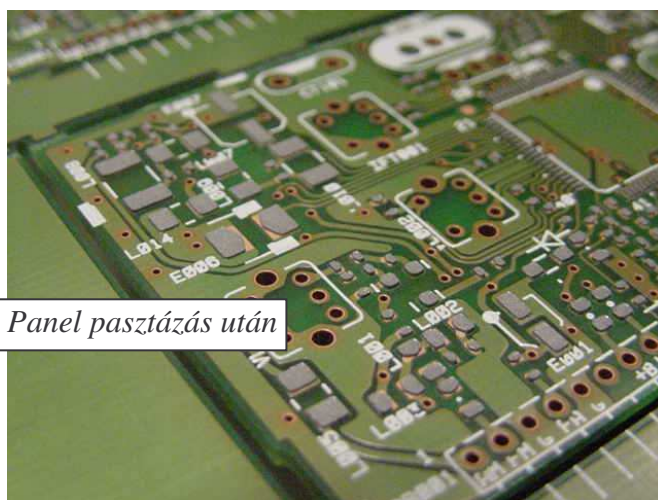
Az esetek többségében ehhez a technológiai lépéshez vezethető vissza a forrasztás nem megfelelőssége, hibája, hiszen számos tényezőtől függ a nyomtatás minősége,



például a nyomtatott huzalozású lemeztől, a pasztától, a stencil állapotától, a stencilnyomtató géptől, illetve a pasztanyomtatót kezelő személytől. A jó minőségén elérésének alapkövetelménye, hogy a megfelelő helyre, megfelelő formájú és mennyiségű paszta kerüljön. A stencilnyomtatás technológiája során egy stencilen (vagy más néven maszkon) kialakított lyukakon (apertúrákon) keresztül juttatjuk rá a panelen található pad-ekre a forrasztópasztát.

A maszk felépítését tekintve egy keretből és egy rá kifeszített vékony (100 μ m - 200 μ m) fémlémezből tevődik össze. A fémlémez anyaga általában rozsdálló acél, de készülhet rézből is. Rendkívül fontos tényező a fémlémez keretre történő kifeszítettségének mértéke, hiszen a fémlémez nem megfelelő merevsége a forrasztópasztta rossz helyre történő felviteléhez vezethet. A fémlémezen az apertúrák kialakítása többféleképpen történhet, például vegyi úton (maratással), elektromos fémléválasztással, valamint lézer segítségével. Kezdetekben a maratással történő apertúra-kialakítás volt a legelterjedtebb, ám a lézer segítségével történő eljárás megjelenésével háttérbe szorult, mivel a lézerrel történő kivágás rendelkezik a legnagyobb pontossággal.

A stencilnyomtatási technológia első lépése, hogy a loader-ből történő panelbetöltés után a pasztázógép leszorítja a panelt, majd egy kamera segítségével a maszk alá, megfelelő helyzetbe pozícionálja. A pozícionálás úgynevezett fiduciális pontok segítségével történik, melyek megtalálhatóak a hordozón és a maszkon is. A pozícionálás után a panel illesztése következik a maszkhoz, melynek során a munkaasztal feltolja a hordozót a stencilig. Ezután a megfelelően összekevert forrasztópasztta a stencil egyik oldalára kerül, majd egy kés segítségével megkezdődhet a paszta felvitele a hordozóra.



A paszta felvitele történhet egy-, illetve két fázisban. Egy fázisú pasztázás során a kés csak egyszer halad át a felvitel helyén, míg két fázis esetén oda-vissza történik meg a paszta felvitele. Miután a paszta a stencil apertúráin keresztül felkerült a hordozón található pad-ekre, a munkaasztal leválasztja a panelt a maszktól, majd továbbítja a terméket a gyártósor következő munkaállomására.

Nagymértékben hat a pasztázás minőségére a kés típusa, a kés mozgásának sebessége, a nyomtatási szög, a panel leválasztási sebessége a maszktól, a pasztázó és a maszk tisztasága, stb..

Alkatrészek beültetése

Az alkatrész-beültetési munkafolyamat során kerülnek az alkatrészek a végleges helyükre a panelen. Ez az a technológiai munkafázis, melynél nyilvánvalóvá válik az SM technológia lényege, hiszen itt kerülnek a felületszerelhető alkatrészek a hordozó felületére automatizált gépek segítségével. A felületszerelhető alkatrészek praktikus tokozási kialakításának köszönhetően ez a technológiai lépés tökéletesen megfelelt az automatizálhatóság követelményeinek. Az alkatrész-beültető berendezések nagymértékű fejlettségének köszönhetően egy gép akár 130000 darab alkatrész beültetésére is képes egy óra leforgása alatt.

Az alkatrész-beültető gépek megjelenése az 1980-as évek elejére tehető, akkor mutatták be ugyanis a legelső SMD beültetőgépet, amely az úgynevezett pick & place technológia alkalmazásával működtek. Ezek a gépek még egyetlen beültetőfejjel végezték az alkatrészek beültetését, és összehasonlításképpen ezek a berendezések körülbelül 2000 darab alkatrész beültetésére voltak képesek óránként. A folyamatos fejlesztéseknek köszönhetően megjelentek a forgófejes berendezések, melyek már rendelkeztek úgynevezett alkatrész-ellenőrző funkcióval is. A pick & place technológiájú beültetőgépek működésének lényege, hogy az alkatrészeket egyenként veszi fel a tárából, majd azokat egyenként ülteti be a panelre. A forgó fejegységgel rendelkező beültetőgépek az alkatrésztárából egy lépésben 6 – 12 darab alkatrész felvételére, majd azok egymás utáni beültetésére képesek. A két technológia közötti legszembetűnőbb különbség az, hogy míg a pick & plate eljárásnál az alkatrésztárok nem mozognak, csak a fejegység, addig a forgófejes technológiánál az alkatrésztárok egy mozgó asztalra vannak rögzítve, melyeknél mindig az éppen felvenni kívánt alkatrészt tartalmazó tár mozog a fejegység alá. A panelt x és y irányban is mozgathatja a beültetőgép. Napjainkban a legnagyobb hatékonyságra a két technológia ötvözésével működő, illetve rendelkező beültetőgépek képesek. Ezek a berendezések forgófejes pick & plate fejegységgel rendelkeznek.

A beültetőgépek az alkatrészek felvételét, illetve beültetését vákuum szipkák (nozzle-k) segítségével végzik el. Számos nozzle típust különböztetünk meg egymástól a felületszerelt alkatrészek kialakításának, tokozásának függvényében. Minden beültetőgép tartalmaz egy úgynevezett nozzle-állomást, amely lehetővé teszi, hogy a gép a beültetési folyamat során önállóan (a program alapján) cserélje a nozzle-kat aszerint, hogy éppen milyen alakú, formájú, nagyságú és kialakítású alkatrész kerül beültetésre. A panel rögzítése és pozicionálása kritikus pontja a beültetési folyamatnak, hiszen ezek nem megfelelőssége rossz beültetéshez vezethetnek. A hordozó rögzítése általában a két szélén történik meg sínek segítségével, de gyakran alkalmaznak pozicionáló tüskéket is. A pozicionáló tüskék alkalmazhatóságának érdekében a panel szemközti sarkaiban egy-egy furat került kialakításra, melyekbe a loader-ből történő panelbetöltés után a pozicionáló tüske kerül. Általában egyszerre alkalmazzák a sínekkel történő rögzítést a pozicionáló tüskékkel, ezzel is csökkentve a panel elmozdulásának valószínűségét a beültetőfej nagy sebességű mechanikai mozgásának következtében.

A hordozó pozicionálásához, helyzetfelismeréséhez minden beültetőgép tartalmaz egy kamerás felismerő rendszert. A panelen úgynevezett fiduciális pontok kerülnek kialakításra, melyek a hordozó két szemközti sarkában kialakított előre definiált jelölések. Ezek alakja általában kör, vagy négyszög. A beültetőgép a panelbetöltés után a kamerás ellenőrző rendszer segítségével leellenőrzi a hordozó helyzetét, pontosabban a fiduciális pontok helyzetet, hiszen a program ezeknek a pontoknak a pozícióját tartalmazza.

A különleges alkatrészek ellenőrzésére is szükséges van, mielőtt megtörténne azok beültetése. Erre azért van szükség, mert lehet akármilyen pontos egy beültető gép, amikor ilyen nagy sebességről és ilyen kis méretű felületszerelt alkatrészekről beszélünk, nem zárható ki a hiba lehetősége. Ilyen hibalehetőség lehet például az alkatrész elfordulása a felvétel során, amely köszönhető lehet a vákuumcső szennyeződésének, eldugulásának, vagy a nem megfelelő szívási erőnek, stb. Az alkatrészek ellenőrzése úgy történik, hogy minden alkatrész felvétel utáni helyzete rögzítésre kerül a kamera segítségével, majd a beültetőgép automatikusan korrigálja az esetleges eltéréseket. Ez a vizsgálat általában úgy történik, hogy a nozzle felveszi az alkatrészt, majd átmozgatja azt az állandó pozíciójú kamera felett, és kamera köré kialakított fényforrás megvilágítja az alkatrészt, így annak minden apró részlete meghatározható a kapott képből.

Az alkatrészek beültetési pontosságát számos tényezőtől függ, ide tartozik a mozgó tengelyek állapota, a kamera korrekciós képességétől és felbontásától, a panel rögzítésétől, valamint az előre megírt programtól.

A beültető gépekhez történő alkatrész-betárazás úgynevezett feederek segítségével történik. Mivel a felületszerelt alkatrészeket számos tokozásban és kivitelben gyártják, ezért különböző tekercsben kerülnek tárolásra az alkatrészek. Ennek függvényében többféle feeder szükséges ahhoz, hogy megfelelően történjen az alkatrészek adagolása.

A feederek feladata a beültetésre szánt alkatrészek egységenkénti beléptetése a beültetőgép adott alkatrészéhez tartozó felvételi pozíciójába. Az alkatrészek leggyakoribb tárolási módja az úgynevezett szalagtárban történő tárolás. A 8 – 75 mm szélességű szalag anyaga általában műanyag, melynek egyik oldalát a léptetés megkönnyítésének érdekében perforációval látják el. Az alkatrésztekercsen levő szalag két részből áll. Első egy borító műanyagréteg, azaz a felső fólia. A szalag másik részében, a süllyesztékeiben helyezkednek el maguk az alkatrészek. Ezek a szalagok kerülnek feltekeresésre, melyeket aztán a feederekbe fűzi be. A feeder gondoskodik a fólia szakaszos lefejtéséről és elsősorban a szalag léptetéséről. Értelmszerűen egy feeder egyszerre csak egy fajta alkatrész adagolására képes, és mivel egy panelre számos alkatrész kerül beültetésre, ezért egyszerre több feeder-t kell rögzíteni a beültetőgéphez. A feederek illesztése a beültetőgépekhez úgynevezett feederkocsik segítségével történik.

Újraömllesztés forrasztás

A forrasztópaszta felvitele, majd az alkatrészek felhelyezése után a forrasztóanyag megömllesztése – a mikrokötések létrehozása – következik. Lényegében a forrasztóanyagot újból megömllesztik, ezért nevezik az eljárást „reflow” forrasztásnak. Az ömllesztéses eljárás alapvető célja, hogy magas minőségű forrasztott kötést biztosítson az alkatrészek kivezetései és a panel megfelelő kontaktusai között. Ezt úgy lehet elérni, hogy a panel kontaktusok, a kivezetők és a forrasztópasztát együttesen

felmelegítjük az ötvözet olvadáspontja fölé úgy, hogy a forrasztás a kontaktusokon, a kivezetőkön és a pasztában átalakuljon homogén szerkezetté. A folyamat megbízhatósága attól függ, hogy milyen eredményesen lehet a fűtést irányítani és a fűtési variációkat a különböző panelekre alkalmazni. Ezt az irányított fűtést hőprofilnak nevezzük.

A hőprofil

A tipikus hőprofil folyamatában előfűtési, (szárítási) vagy aktiválási és ömlesztési vagy csúcszóna szerepelnek. Az előfűtési zóna célja az, hogy a paneleket egyenletesen, általában 20 °C/másodperc vagy rövidebb idő alatt felfűtse. Ez a módszer minimalizálja a hőszökkenést az eltérő hőkapacitású alkatrészek esetében. Az előfűtési zóna megkezdheti az oldószerek egy részének a felszabadítását, amelyeket a kenhetőség érdekében adagoltak. A második zóna folytatja az oldószerek kiszáradását, hogy megelőzzék a paszta gázosodását és esetleges fröcskölését. Ezt a zónát a szakirodalomban néha aktiválási zónának nevezik, ahol a folyósítószer elkezdheti a kontaktusok, kivezetések és magában a pasztában lévő oxidréteg feloldását. A gyanták és/vagy más magasabb forráspontú oldószerek megmaradnak fedőréteggé, hogy megelőzzék az újraoxidációt, amely azonnal jelentkezik magas hőmérsékleten. Az ömlesztési vagy csúcszónában a hőmérséklet gyorsan 20-40 °C-kal az ötvözet olvadáspontja fölé emelkedik. Ekkor a forrasztóanyag benedvesíti a felületeket, és fémes kötést biztosít. A 63/37-es és más magas óntartalmú forrasztók a rézzel Cu_3Sn vegyületet és a viszonylagosan szabálytalan és durva Cu_6Sn_5 vegyületet alkotnak. Az ömlési zónában általában 30-60 másodpercet tartózkodik a panel; ezt ömlesztési időtartamnak nevezzük. Ez időtartam alatt kell elérni, hogy az összes érintkezési kontaktus elérje a kívánt hőmérsékletet, és kötést biztosítson.

A forrasztópasztát megömlését jól kézbentartott hőprofillal végzik. A megömlés során biztosítani kell a szükséges időt és hőmérsékletet a folyasztószer dezoxidáló hatásához, a forrasztópasztát megolvasztásához és a forrasztandó felületek jó nedvesítéséhez. Az időt és hőmérsékletet az alkatrészek és a rétegek károsodása korlátozza. Túlságosan magas hőmérsékleten, hosszú hőntartási idő alatt károsodnak az alkatrészek műanyag tokjai, a hőérzékeny félvezető elemek és beoldódnak a vezetőrétegek, ill. elszenesednek a folyasztószer maradványok.

A hőprofil jellegzetes szakaszai

A hőprofil általában négy jellemző szakaszra bontható:

- Előmelegítés I. : Gyors hordozófelfűtési szakasz. Idejét a hordozók hőkapacitása határozza meg.
- Előmelegítés II.: Lassú hordozófelfűtési szakasz. Ideje 1...4 perc. Ez idő alatt a paszta oldószertartalma elpárolog, a folyasztószer megfolyik és elkezdődik a forrasztandó felületek dezoxidálása.

Gyors felfűtés: A forraszanyag megömlik és a rétegeket benedvesíti. Idejét a hordozók hőkapacitása határozza meg. A forraszanyagot az olvadáspont fölé kell hevíteni 20...30 °C-kal, hogy a rétegedvesítés jó, de a rétegbeoldódás veszélye minimális legyen. Az olvadáspont fölötti hőmérsékleten tartás idejét 3...5 másodpercre kell korlátozni. Ebben a szakaszban folytatódik a rétegek dezoxidálása és a rétegedvesítés.

Gyors lehűtés: A rétegedvesítés és a rétegbeoldódás folytatódik mindaddig, amíg a forraszanyag hőmérséklete az olvadáspont felett van.

A forraszanyag a forrasztandó felületbe néhány μm rétegmélységig beoldódik. A beoldódás folytatódik nagy hőmérsékleten, még az olvadáspont alatt is. Ezért az áramkörökben megengedett maximális üzemi réteghőmérsékletet 60...80 °C-kal az olvadáspont alatt határozzák meg. Amennyiben ezt a hőmérsékletet a külső körülmények vagy a nagy disszipáció miatt nem lehet betartani, magasabb olvadáspontú forrasztóanyagot kell választani.

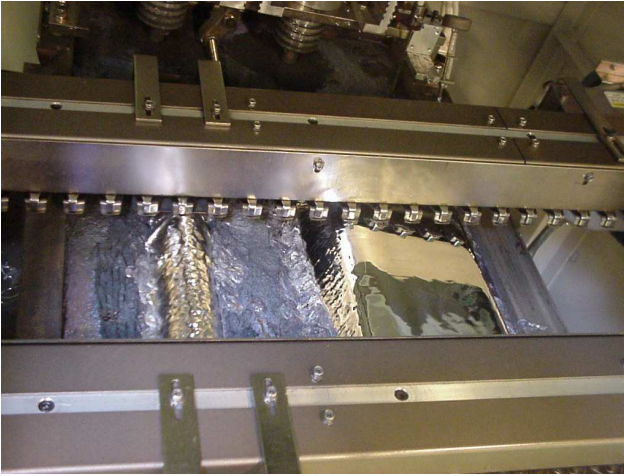
Hullámforrasztás

A kettős hullámú forrasztásnál első lépésben a folyasztószert viszik a panelre, majd enyhe hőkezeléssel ezt rászárítják, és a lapot előmelegítik. Az előmelegítés célja, hogy a panel a forraszfürdőtől ne szenvedjen hősokkot. A hősokk a hirtelen bekövetkező nagymértékű hőmérséklet-emelkedéstől következhet be, és a panel deformációját, egyes alkatrészek tönkremenetelét okozhatja. Az előmelegítés után lép a panel az ónfürdőbe, ahol két hullámmal találkozik: az első hullám turbulens és szélesebb profilú. Feladata, hogy jól szétterítse a forraszt a kötési felületeken. A második forraszhullám, keskenyebb, ún. simítóhullám. Feladata a felesleges forraszmennyiség, a rövidzárok eltávolítása. A jó minőségű hullámforrasztáshoz megfelelő alkatrész-elrendezés szükséges.

A hullámforrasztó fő részei: ónkád, panelszállító pálya, folyasztószert-adagoló, szellőző berendezés.



Hullámforrasztó gép. A panel balról jobbra halad



A kettős hullám



Panel érkezik a hullám fölé



. A panel útja a kimenet szemszögéből. Előtérben a simítóhullám



A forrasztóhullám közről. A hullám a fekvő henger lyukaiból áramlik felfelé