

Elektronikai rendszerek egyre kisebb műanyag alkatrészekkel

Az elektronikai alkatrészek és részegységek egyre kisebbek lesznek, ugyanakkor óriási mennyiségben gyártják azokat. Ezzel a trenddel lépést kell tartaniuk a hőre lágyuló műanyag alkatrészeknek és burkolatoknak, amelyekkel szemben a méretek csökkentése mellett más követelmények, pl. a forrasztás magas hőmérséklete is feladja a leckét. Az elektronikai termékek tokozásánál és a nyomtatott áramkörök hordozó paneljeiként hőre keményedő műanyagokat alkalmaznak. Amerikai kutatók polimer bázisú vékony film tranzistorokat is kifejlesztettek.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; hegesztés; ragasztás; PEEK; LCP; PI; PET; PC; epoxi; akrilátok.

A mai szórakoztató elektronikai és gyógyászati eszközök egyre apróbb elektronikus alkatrészeket, részegységeket tartalmaznak. Ez megköveteli, hogy ezek műanyag alkatrészei és tokozata is piciny legyen (1. ábra), nagyon szigorú toleranciák betartása mellett. A mobiltelefonok, kamerák és a hordható fitness és egészség-monitorozó eszközök számos nyomtatott áramkört, LED-et, LCD képernyőt, hangszórót és mikrofont tartalmaznak. A gyógyászati alkalmazásoknál pl. a beültethető apró inzulint, vagy más gyógyszert adagoló eszközök kombinálják a mikroelektronikát komplex folyadék vezetékkel, membránokkal, vagy szűrőkkel. Ezek az eszközök mind különféle piciny műanyag alkatrészeket igényelnek, és a variációk száma végtelen.



1. ábra Az amerikai Accumold cég apró elektronikai alkatrészekhez gyártott műanyag tokozatai és alkatrészei

Kis alkatrészek nagy darabszámmal

A gyakran heti több millió darabszámú megrendelések miatt az amerikai Accumold vállalat ún. mikro gyártócellákat fejlesztett ki az apró műanyag alkatrészek gyártásához. Így például a számukra elkészített speciális fröccsöntő géppel heti 2 millió kisméretű szórakoztató elektronikai termék alkatrészt gyártanak, gyakran ≥ 25 mikronos toleranciával. A cég főleg tokokat, csomagolóeszközöket, konnektorokat és optikákat készít mindenféle elektronikai eszközhöz, mint pl. az érzékelők, adatátviteli eszközök és különböző apró mechanikai szerkezetek.

A gyártócellákban lehetőség van többkomponensű fröccsöntésre és automatizálásra. Az itt készített, mikro-fröccsöntött termékek általában egy nagyobb szerkezet részei, amelynek követelményeit figyelembe kell venni. Így például a kidobó elhelyezése, a minőség-ellenőrzés és a csomagolás is sokszor kritikus lehet a nagyon kicsi termékeknél. Így például egy sokcsatornás burkolatnál, amelyet havonta több milliós mennyiségben kell gyártani komoly problémát jelentett a kidobó elhelyezése. A 3x3 mm méretű alkatrésznél a csatornákat elválasztó fal mikron nagyságrendű toleranciákat igényelt, és nemigen maradt olyan felület, ahol a kidobást meg lehetett oldani. Ezért csak az ellátási lánc több szereplőjének bevonásával lehetett megfelelő megoldást kidolgozni

Az elektronikai alkatrészek gyártásánál sokszor komoly probléma a hőre lágyuló műanyagok hőállósága. Ugyanis egyes szerelési műveletek, mint pl. a forrasztás, magas hőmérsékleteket igényel. Például a háromszoros visszaáramlású forrasztásnál a műanyag alkatrészt egy 260 °C hőmérsékletű kamrába helyezik.

Mikro-fröccsöntött gyógyászati eszközök

Az MTD Micro Molding vállalat különböző orvosi eszközökhöz gyárt műanyag alkatrészeket. A cég szakemberei igyekeznek ún. precíziós mikro-ráfröccsöntéssel egyesíteni az egyes komponenseket, elkerülve a ragasztók használatát, illetve a nehézkes, időigényes és drága összeszerelési műveleteket, amelyek gyakran meghibásodásokhoz, illetve nagy selejtarányhoz vezethetnek. Speciális technikájuk használatával optikai lencsákat, nyomtatott áramköröket, akkumulátorokat, mikro-folyadék chipeteket stb. építenek be.

Az érzékelőkkel ellátott fröccsöntő szerszámok garantálják a ciklusról-ciklusra egyforma fröccsöntést, és az így biztosított egyenletes minőség javítja a termékek funkcionalitását. Kamerarendszerek gondoskodnak a ráfröccsöntésnél a szerszámba helyezett betétek precíz pozicionálásáról, a robotok és az automatizálás pedig lehetővé teszi a költséghatékony nagy darabszámú termelést.

Az utóbbi időben gyártott MTD termékek közé tartoznak a következő példák:

- egy ötdarabos mikroelektronikai összeállítás, amely üvegszál-erősítésű folyékony kristályos polimert használ és két 0,71 mm átmérőjű szárat,
- egy ráfröccsöntött katéter vég, amely $0,0127 \pm 0,0025$ mm falvastagságú a ráfröccsöntés helyénél egy acélgyűrűn,
- szénszálerősítésű PEEK alkatrész, amelyet egy 0,79 mm átmérőjű saválló acél rúdra fröccsöntöttek rá egy – sportolónál használt – gyógyászati eszköznél.

A ráfröccsöntés előnyei mellett figyelembe kell venni, hogy egyes elektronikai alkatrészek nem viselik el a műanyagömledék hőmérsékletét, noha az MTD speciális eljárása ilyen esetekben is gyakran mégis alkalmazható.

Alkatrészek összeerősítése hegesztéssel

Az apró elektronikai eszközökben használt műanyag alkatrészeket gyakran hegesztéssel lehet a leghatékonyabban összeerősíteni. E téren a Branson cég az ultrahangos hegesztésre specializálódott, mivel ez az eljárás nem használ külső hőforrást, ami károsíthatná az érzékeny elektronikai alkatrészeket. Az összehegesztendő műanyag alkatrészeknek természetesen hegeszthető alapanyagból kell készülniük és a megfelelően kialakított falvastagság és csatlakozási felület szintén fontos tényező. Figyelembe kell venni az egész készülék geometriáját, mert komplex kialakítású készülékeknél nem mindenütt lehet a hegesztendő részekhez megfelelően hozzáférni, úgy, hogy biztosíthassuk a hőre érzékeny komponensek (pl. nyomtatott áramkörök, kristályok) védelmét.

A megfelelő hegesztési módszer kiválasztását segíti az 1. táblázat. Az ultrahangos hegesztésnél azt is figyelembe kell venni, hogy a hegesztés közben létrehozott rezgések, akár rezonancia frekvenciák, akár a rezgési energia kis helyre történő akkumulálódása révén nem okoz-e kárt valamelyik alkatrészben, illetve a kifejtett nyomás nem görbíti, téri el azt. Ha akár a termék komplexitása, akár az ultrahangos hegesztés fenti problémái miatt az eljárást nem lehet alkalmazni, helyette általában sikeresen lehet a lézerhegesztést használni. Bonyolultabb eszközöknél egymás mellett többféle hegesztési eljárást is sikeresen használhatunk.

1. táblázat

Ajánlott hegesztési módszerek

Jellemző	Hegesztési módszer						
	Ultrahang	Vibráció	Dörzs	Lézer	Infra-vörös	Tükrök	Hőkezelés
Amorf műanyagok	*	*	*	*	*	*	*
Részben kristályos műanyagok	+	*	*	*	*	*	*
Olefinok	+	*	*	*	*	*	*
Hőre lágyuló elasztomerek	X	+	+	*	*	+	*
Kompozitok	+	+	+	*	*	+	*
Vékony falak	*	X	*	*	*	*	
Komplex geometria	+	*	+	+	+	*	*
Nagy méret	+	*	X	+		*	*
Kis méret	*	*	*	+	*	*	*
Belső varratok	*	+	+	*	*	*	–
Hosszú támaszték nélküli falak	*	X	+	*	*	*	–
Műszálas szövetek	*	+	–	–	–	+	–
Hőre lágyuló fóliák	*	+	–	–	–	+	–

*: Ajánlott : Korlátozottan X: Nem javasolt – : Nem értelmezhető

A Branson cég *G SX* hegesztőgép-családja fejlett érzékelő és szabályozó eszközei révén alkalmas az érzékeny termékek ultrahangos hegesztéséhez is. A kifejtett leszorító erő 5 N, ami kb. az ötöde a legtöbb ipari berendezésének. A hegesztő berendezés képes 30-40 kHz frekvencián dolgozni, ami kisebb amplitúdó mellett is elegendő energiát ad át. Mivel az ultrahangos hegesztésnél nincs szükség külső hőforrásra, a művelet nagyon gyors, akár $\geq 0,5$ másodperces ciklusidővel is lehet dolgozni, mivel nincs szükség a varrat lehűtésére, tisztítására, vagy a sorja lekaparására és nincs beégés sem.

Ugyanakkor, ha új anyaggal kell dolgozni, célszerű annak hegedési jellemzőit előzetesen, egy kisebb mintán kipróbálni. Az adalékok nagyon megváltoztathatják az alappolimer jellemzőit, ezért például a korábitól eltérő hegesztési profilt kell a műanyag alkatrészen kialakítani.

Hőre keményedő műanyagok az elektronikában

Az elektronikai eszközök gyártásánál és működtetésénél olyan körülmények (elsősorban a magas hőmérséklet) léphetnek fel, amelyeket a hőre lágyuló polimerek már nem viselnek el, vagy alkalmazásuk túl költséges lenne. Ilyen esetekben gyakran a hőre keményedő, vagyis a térhálós műanyagok alkalmazása jelenti a megoldást. Ilyen anyagokat használnak az elektronikus eszközök tokozásánál, amelyek a következő elemeket foglalja magába: ragasztók, bevonatok, alátöltések, laminátok, dielektromos szigetelő rétegek, amelyek áramköröket, chipeket és más komponenseket kapcsolnak össze elektronikus nyomtatott áramkör rendszerré.

A piaci nyomás állandón érvényesül, vagyis alacsonyabb költséggel kell előállítani a termékeket a minőség és teljesítmény feláldozása nélkül. Jelenleg a mobiltelefonok és az autópárta adja a hajtóerőt a fejlesztésekhez. A telefonok egyre nagyobb teljesítményűek, a gépkocsik pedig egyre több érzékelőt tartalmaznak és az önvezető autók még fejlettebb elektronikai rendszereket igényelnek. A nagyobb teljesítményű térhálós polimerek lehetővé teszik a sűrűbben elhelyezett áramkörök kialakítását, ami kisebb méretű elektronikai eszközökhöz vezet. Emellett, új anyagok használatával csökken a vezetők ellenállása, ami gyorsabb működést, kevesebb energiafogyasztást jelent és így megnöveli az akkumulátorok működési idejét.

Egyre több elektronikai vállalat használja áramköreihez a *FOWLP (Fan-Out Wafer-Level Packaging)* tokozási technológiát, ami segíti a méretcsökkentést. A nagyobb integráltságú és ezért jobb teljesítményű áramkörök mellett több külső kapcsolódást és kisebb hőterhelést is biztosít. A tokozáshoz általában epoxi, poliimid és akrilát polimereket, illetve fotopolimereket is használnak.

A nagyobb szilárdság és rugalmasság mellett igény van a nagyobb frekvenciákon történő működési képesség iránt is, amit az 5G rendszerek terjedése tesz szükségessé. Mindez hajtóerőt képvisel az új, jobb teljesítményű polimerek kifejlesztéséhez. Egy másik irányzat a tokozás folyamatának támogatása, amit pl. a Saint-Gobain cég olyan fluorpolimer fóliákkal old meg, amelyek a chip, vagy LED tokozó szerszámba helyezve formaleválasztóként viselkednek, így nincs szükség a tokozó szerszám elég gyakori ellenőrzésére és tisztítására. A formaleválasztó fóliákkal támogatott gyártás javítja a nyomtatott áramkörök készítését is. A fólia segít a komponensek különböző hőtágulásából adódó feszültségek csökkentésében is.

Forrasztható polimer vastag-film vezetők

A polimer vastag-film (PTF) eljárás egy elterjedten használt olcsó módszer arra, hogy egyszerű elektronikai áramköröket készítsenek szitanyomással PET, polikarbonát, poliimid és más hőérzékeny hordozókra. Ez a technológia hasznos az „okos” textíliák és más hordható elektronikák nyomtatással történő elkészítéséhez. Azonban a nyomtatáshoz használt, ezüstből készített polimer vastag-film paszták nehezen forraszthatók, ezért nehezen köthetők hozzá más komponensekhez. E probléma megoldására fejlesztette ki a német Heraus cég új nyomtató pasztáját, amelyben a vezetőképes töltőanyag ezüst bevonatú réz. Ez olcsó és környezetbarát alternatívát kínál a hagyományos nyomtatott áramkör panel megoldásokhoz képest, amelyekről a réz nagy részét, a vezető sávok kivételével, vegyszerekkel lemaratják.

Az új megoldást 2018-ban az 51. International Symposium on Microelectronics (iMAPS) keretében mutatták be. Az így kialakított vezető sávok forraszthatók, vezetőképességük pedig megközelíti a tiszta ezüst polimer anyagokét. Az új anyaggal készített áramkörök akár 200 °C-on is beégethetők károsodás nélkül. Különböző forrasztóanyagokat lehet használni, mint a hagyományos SAC-305. Az így az FR4 panelre nyomtatott vezetősávok tapadása megközelíti a rézborítású, maratott nyomtatott áramkörökét. A vezetősávhoz és a komponensekhez közvetlenül hozzákötés lehetősége révén e megoldással 3D nyomtatott áramkörök, olcsó LED fényforrások, gyógyászati és teljesítményt monitorozó egységek, hajlékony kijelzők és alacsony hőmérsékletű fűtések is létrehozhatók. A rendszer készen áll a kereskedelmi bevezetésre.

Műanyag bázisú elektronika magas hőmérsékleten

Noha a legtöbb polimer villamosan szigetelő, akad néhány, amelyek vezetőképesek. A Purdue kutatói kifejlesztettek egyet, amely 220 °C-os hőmérsékletig képes vezetni az elektromos áramot. Ez az új polimer blend lehetővé teszi olyan elektronikus elemek készítését, amelyek magas hőmérsékleten működőképesek, mint pl. a gépkocsik motortere.

Az új anyagból még nem készítettek funkcionális elektronikában működő rendszert, de potenciálisan alkalmas olyan magas hőmérsékleten üzemelő érzékelők gyártására, mint amilyenekre az olajfűrésznél, gépkocsi motoroknál és repülőgép alkalmazásoknál szükség van. A hőálló, félvezető vékony műanyag fólia létrehozásához a kutatók félvezető polimereket kevertek megfelelő arányban magas üvegesedési hőmérséklettel (T_g) rendelkező műanyagokhoz. A két polimer egymásba hatoló hálót képez, amelynél a magas T_g -jú polimer biztosítja az alaktartást magas hőmérsékleten. A Science folyóiratban közölt cikkük adatai szerint a vékony fóliaként létrehozott termék 220 °C-ig képes vékony film tranzistorokként üzemelni, versenytársát képezve a szilikon alapú technológiának.

Összeállította: Dr. Füzes László

Giordano G.: Good Things Come in Micro Packages = *Plastics Engineering*, 2019. 3. sz. p. 24–28.

Lamontagne N.D.: Polymers help to Boost Performance of Next-Generation Electronics, *Plastics Engineering*, 2019. 3. sz. p. 30–33.