

Thermocompressie-bonding

Draad- verbinden

Het elektrisch geleidend verbinden van al dan niet geïsoleerde draden vormt in de automatische assemblage nog vaak een probleem. Automatische soldeerprocessen vormen hier een vaak toegepaste, doch veelal als problematisch ervaren, oplossing. In vele gevallen is thermocompressiebonding een goed alternatief. Bij deze manier van elektrisch geleidend verbinden wordt onder invloed van een nauw gecontroleerde energietoevoer in combinatie met een nauwkeurig beheerste contactkracht een verbinding gevormd.



in
beweging

Het Duitse bedrijf Sennheiser Electronic GmbH & Co. KG is een leidend producent van koptelefoons en microfoons. De contacteringsproblemen binnen deze producten heeft het bedrijf jarenlang gedwongen een belangrijk deel van de assemblage van deze kwaliteitsproducten handmatig uit te voeren. Om aan de druk tot het verhuizen van de productie naar lagelonenlanden te ontkomen is destijds bewust besloten tot de ontwikkeling van marktgerichte en gelijktijdig automatisch produceerbare producten. Deze sterke nadruk op Design For Assembly/Automation heeft de toepassing van hightech productiesystemen mogelijk gemaakt. Eén van de kernen van deze productielijn wordt gevormd door de thermocompressiebondingsystemen AMW-100. Met deze systemen worden de fijne aansluitdraden van de toegepaste spoelen met micrometerprecisie stevig verbonden op de daartoe bestemde contacten.

De automatische assemblage van hightech producten stelt in toenemende mate eisen aan de toegepaste interconnectietechnologieën. Naast de eis voor een kwalitatief goede verbinding worden eveneens eisen gesteld aan de betrouwbaarheid van deze processen, waarbij thema's als robuustheid van het procesvenster, mechaniseerbaarheid en de mogelijkheid van feedback vanuit het proces spelen. Met name soldeerprocessen scoren op bovengenoemde aspecten vaak een zware onvoldoende. Gelukkig vormen innovatieve verbindingssystemen in toenemende mate goede alternatieven. Als voorbeelden van dergelijke processen kunnen genoemd worden laserlassen, ultrasoon verbinden en micro-weerstandlassen. Vanuit dit perspectief werd eveneens het thermocompressie-bonden (of kortweg TC-bonding) ontwikkeld, specifiek voor het elektrisch geleidend verbinden van al dan niet geïsoleerde draden op een brede range substraten.

Afbeelding 1. AMW100 TC bonder.

Het membraan en de elektrische spoel met de daar uitstekende aansluitdraden vormen de kern van de microfoon en de koptelefoons. Deze twee 23 µm dikke gelakte koperdraden werden voorheen met de hand aan een voorvertinde printplaat gesoldeerd. Dit verbindingsproces is in automatische productie zowel wat betreft efficiency als kwaliteit niet acceptabel. Naast genoemde verbinding moesten ook nog de 150 µm draden van de compensatiespoel op een vaste steek van 2,54 mm aan drie vergulde contacten verbonden worden. Om deze redenen is bij Sennheiser al in een vroeg stadium gezocht naar alternatieve verbindingstechnieken. Als betrouwbaar en voor de automatisering meest toegesneden oplossing kwam al snel het TC-bonden naar voren.

Thermocompressie-bonding

Bij het TC-bondingproces worden onder gelijktijdige inwerking van bonddruk en temperatuur draadverbindingen voor elektronische eind- of tussenproducten tot stand gebracht, waarbij draden van 20 µm tot 250 µm verbonden kunnen worden. Het proces is gebaseerd op materiaaldiffusie, waardoor een stevige en elektrisch zeer hoogwaardige verbinding ontstaat met praktisch geen overgangswaerstand. Hoewel het verbindingsprincipe al relatief lang bekend is, is de praktische toepassing altijd beperkt geweest door de als kritisch ervaren procesvensters. Moderne regeltechnieken maken van het TC-bondingproces echter een robuust en aantrekkelijk alternatief voor dergelijke verbindingen.

Bij TC-bonding worden beide te verbinden delen door middel van een thermode via nauwkeurig op elkaar afgestemde druk- en temperatuurtrajecten op elkaar gehouden. Terwijl beide delen onder toevoer van een schutgas op elkaar gedrukt worden, wordt via de thermode de juiste hoeveelheid energie in het systeem ingekoppeld. Door de zeer korte impulstijden (typisch enkele miliseconden) is de energietoever zeer lokaal. Hierdoor worden lokaal zeer hoge temperaturen bereikt, terwijl de temperatuursinvloed op de directe omgeving van de verbinding juist zeer gering is. In het geval van de Sennheiser microfoon betekende dit bijvoorbeeld dat het zich in de onmiddellijke nabijheid van de verbinding bevindende membraan, alsmede het kunststof huis niet door invloed van warmte of druk beschadigd raakten.

Geïsoleerde draden

Het TC-bonding proces biedt de mogelijkheid om zowel blanke draden als gelakte of anderszins geïsoleerde draden zonder een separate stripping-operatie te verbinden. Hiertoe wordt gewerkt met een dubbele energie-impuls, waarbij de eerste impuls de isolatie doorbreekt en de tweede impuls de verbinding tot stand

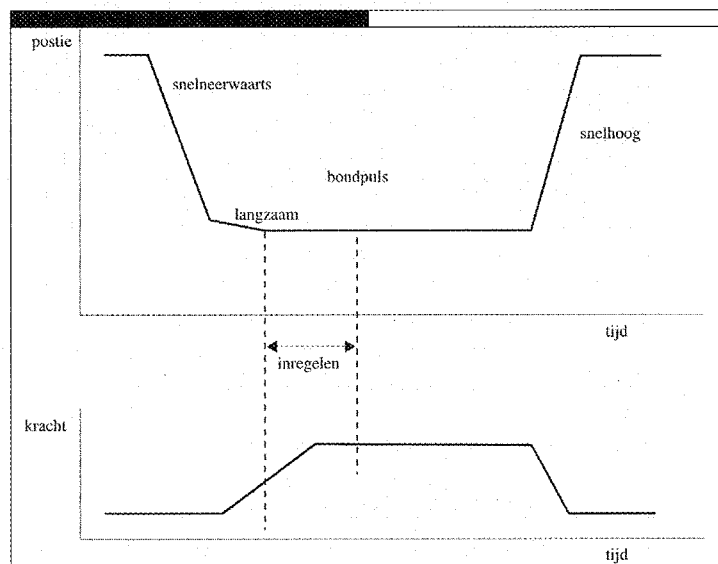
brengt. Het isolatiemateriaal is op de kwaliteit van de bondverbinding niet van invloed, daar deze als het ware wordt weggeslagen. Op deze wijze verdwijnt de noodzaak om bijvoorbeeld met behulp van een CO₂-laser dergelijke draden vooraf te strippen.

Het TC-bonden is toepasbaar op een brede range van materialen. Behalve koperdraad zijn eveneens goede resultaten bereikt met onder andere vernikkelde en verzilverde draden. Ten aanzien van de draden is de vervormbaarheid van het materiaal belangrijk, daar een goede contactering van beide materialen de kern van het verbindingsprincipe vormt.

Ten opzichte van soldeertechnieken biedt het TC-bonding belangrijke voordelen. De in het oog springende voordelen zijn natuurlijk de afwezigheid van lastig toe te voeren en bovendien vervuilende hulpmiddelen als flux en soldeer. Ook de kwaliteit van de verbinding is superieur, vanwege de praktisch te verwaarlozen overgangswaerstand. Maar ook met betrekking tot procesbeheersing zijn er belangrijke voordelen te noteren. Het TC-bondingproces biedt de mogelijkheid om alle procesparameters te controleren en op deze wijze een goede afloop van het verbindingsproces te garanderen. Bij een soldeerproces is een dergelijke terugkoppeling onmogelijk.

Automatisering

Zoals gezegd is de kwaliteit van beheersing van de belangrijkste parameters (bonddruk en energietoever) bepalend voor de toepasbaarheid van het TC-bondingproces. Hiertoe wordt tijdens het bondingproces de bondkracht voortdurend gecontroleerd en bijgesteld. Ook de DC-voeding wordt voortdurend gemeten en gecontroleerd.



Afbeelding 2. Kracht/druk-afloop bij het TC-bondingproces.

Met name soldeerprocessen scoren vaak een zware onvoldoende

De AMW-100 maakt het mogelijk om op eenvoudige wijze alle parameters van het proces via een centrale bediening in te stellen. Bondparameters als bonddruk en elektrodesnelheid laten zich eenvoudig instellen, evenals het preciese stroomprofiel. Omdat bij TC-bonding bonddruk en stroomprofiel in een subtiel wisselwerking en wederzijdse afhankelijkheid staan, is de AMW-100 zo opgebouwd dat beide grootheden digitaal en zeer nauwkeurig instelbaar zijn en ook tijdens de procescyclus regelbaar zijn.

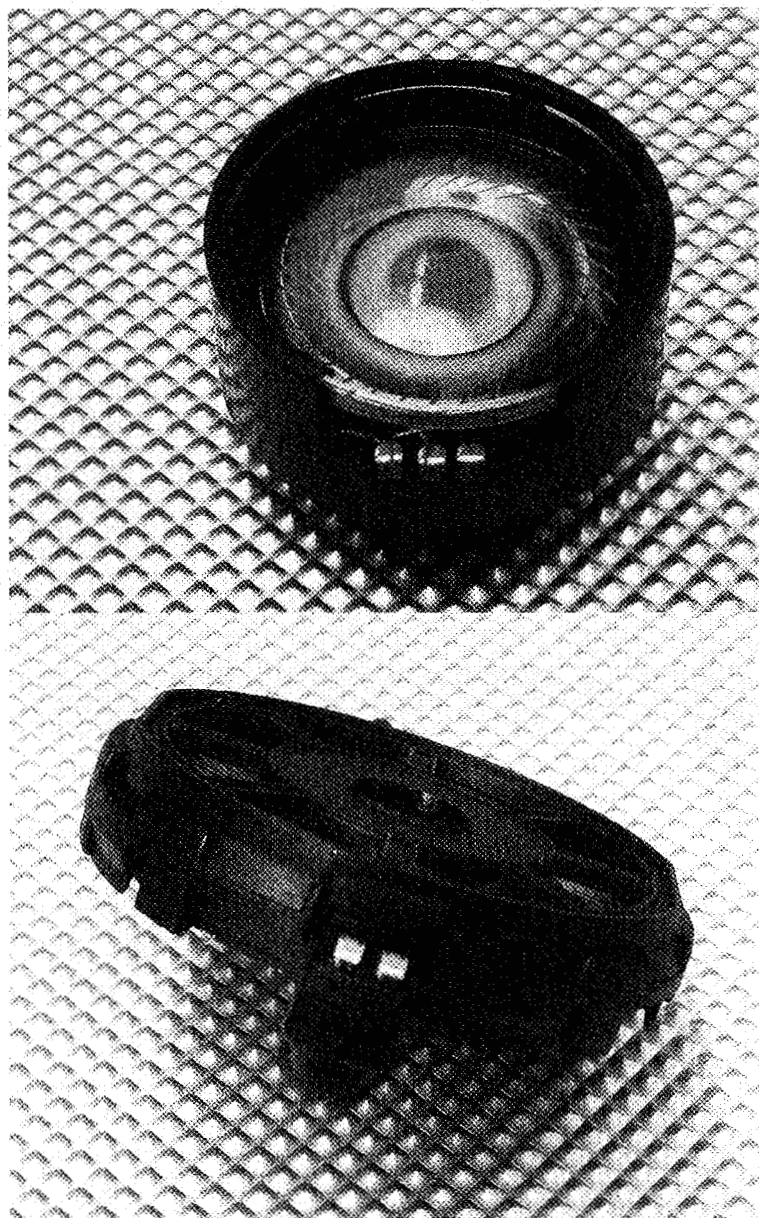
De AMW-100 TC bonder heeft de beheersing van het bondingproces als uitgangspunt. De gelijkstroom bondgenerator is in de AMW-100 een 1500 Amps DC precisiestroombron die speciaal is ontwikkeld voor applicaties waarbij controle en reproduceerbaarheid van de energietoevoer belangrijk zijn. Deze voeding levert tijdens een met 1 ms instelbaar tijdsinterval een constante spanning, stroom of vermogen. De nauwkeurigheid van de energietoevoer bedraagt circa 1 Ampère. De stroomtoevoer wordt gecontroleerd door een interne terugkoppeling, hetgeen resulteert in een nauwkeurigheid van binnen de 0,5 procent.

De bondkopenheid bestaat uit een servo-as met separaat gelagerde thermodevoering en geïntegreerde drukregeling. Deze slede is op hoog-precisiegeleidingen gelagerd en wordt via een kogelomloopspindel aangedreven. De thermodehouder heeft een geringe eigen massa waardoor de aanzetstoot eveneens gering is. Door exacte positionering van de bondkopenheid in horizontale en verticale richting is het mogelijk de elektrode automatisch op de te verbinden delen te laten zakken en zo met een gedefinieerd drukprofiel de beide delen op elkaar aan te drukken.

De bondkracht wordt met behulp van een zeer nauwkeurige piëzo-drukopnemer gemeten waarbij voor iedere verbinding de kracht op nul wordt genormeerd, om zo het eigengewicht van de thermode te compenseren. Eveneens is ter on-line procescontrole een draaddeformatiemeting geïntegreerd, die de vervorming van de draad tijdens het contacteren meet en controleert, en zo schade voorkomt.

Om met kleine cyclustijden te kunnen bonden is er een speciale modus ontwikkeld om de bewegingsafloop per verbinding te optimaliseren. Hierbij wordt de bondkop zeer snel in de richting van het substraat bewogen, maar wordt de beweging op het laatste moment sterk gereduceerd waardoor een stootvrije plaatsing mogelijk is. Om een dergelijke bewegingsafloop mogelijk te maken wordt de bondkop voorafgaand aan het bondingproces met behulp van een automatische touch-down functie op de te verbinden delen geplaatst. Hierdoor ontstaat een referentie m.b.t. de producthoogte en kan de procesbewegingsafloop automatisch en snel worden geregeld. In afbeelding 2 is een preciese afloop van het kracht/weg verloop af te lezen.

Ook met betrekking tot procesbelasting zijn er belangrijke voordelen te noteren



Conclusie

Dankzij de toepassing van deze moderne regeltechniek heeft TC-bonding zich ontwikkeld tot een robuuste en zeer goed beheersbare verbindingstechniek voor de contactering van fijne draden. De eenvoud en snelheid van het proces, alsmede de preciese terugkoppeling vanuit het proces maakt het TC-bonding tot een uitstekend alternatief voor het solderen van dergelijke verbindingen. Het is dan ook niet verwonderlijk dat steeds meer bedrijven deze techniek inzetten in bijvoorbeeld de productie van spoelen, transponders, microfoons, luidsprekers en andere elektronische producten.

IR. GERBEN W.A. KOLKMAN IS WERKZAAM ALS PRODUCT MANAGER BIJ ACM MICRO★MONTAGE BV.