

Verbindingstechnieken

Na de ontdekking door de oermens, dat hij een handig stuk gereedschap kon maken door een steen van een scherpe punt te voorzien, volgde al snel stap twee: het vastbinden van de steen aan een stok. Daarmee kreeg hij een nog handiger stuk gereedschap in handen.

Kennis

Tevens was hiermee de behoefte aan kennis over verbindingstechnieken geboren. Een verbinding - tussen materialen of tussen onderdelen, dat maakt niet uit - moet namelijk betrouwbaar en veilig zijn. Dat geldt voor verbindingen in de bouw, maar net zo goed voor de micro-verbindingen in computer- en communicatiesystemen. Het zal duidelijk zijn dat zich in dit gebied voortdurend veranderingen en nieuwe ontwikkelingen voordoen.

De afgelopen honderd jaar is het aantal nieuwe materialen explosief toegenomen. Parallel daaraan zijn nieuwe verbindingstechnieken ontwikkeld, zowel op macroniveau (vliegtuigbouw) als op nanoschaal. Er worden steeds meer samengestelde producten ontwikkeld met specifieke eigenschappen, waarbij bijzondere verbindingen een bepaalde synergie tussen verschillende materialen tot stand brengen. Er worden ook steeds zwaardere eisen gesteld aan de huidige verbindingen. De mens beweegt zich steeds verder bij zijn natuurlijke omgeving vandaan en de grenzen schuiven steeds verder op. Ruimtevaart en diepzeeonderzoek bijvoorbeeld, brengen de mens in een voor hem of haar vijandige omgeving. Overleven is dan afhankelijk van de betrouwbaarheid van de gebruikte materialen en verbindingen.

Mechanisch, chemisch, fysisch

Er zijn drie fundamentele mechanismen te onderscheiden in verbindingen van materialen of materiaaldelen: mechanische, chemische en fysische krachten. Schroef-, bout- en klinknagelverbindingen en de verschillende klikverbindingen vallen onder de mechanische verbindingen. Chemische verbindingen komen tot stand door lijmen en andere hechtingsmiddelen. Fysische technieken zijn lassen en solderen. Alledrie de mechanismen worden toegepast bij het verbinden van kunststoffen.

Mechanisch Bij mechanische verbindingen is er een duidelijke trend om meer klikverbindingen toe te passen; dit gaat ten koste van het meer conventionele schroeven en klinken. Dit heeft een aantal redenen. In de voortschrijdende automatisering past geen lopende band met medewerkers die schroefjes in of aan draaien. Hiermee dalen ook de loonkosten. Klikverbindingen komen ook beter tegemoet aan de behoefte om reproduceerbare en constante kwaliteit te produceren. Verder telt ook de overweging dat er milieuvriendelijker dient te worden ontworpen, in dit geval zonder een metalen verbindingmiddel. Een ander mechanische systeem is de haak/lus-verbindingen oftewel klittenband met zowel zeer kleine haakjes en lusjes als met de veel grotere 'paddestoeltjes'.

Fysisch De lastechnieken voor thermoplasten en compo-



Een van de oudste verbindingen?

sieten worden ook steeds geavanceerder. De belangrijkste technieken zijn hoogfrequent lassen (PVC, PUR), warmte-impulsslassen (PP, PE), trillingslassen, ultrasoonlassen, infraroodlassen en laserlassen. Met het oog op de betere bestandheid tegen corrosie worden in toenemende mate met polymeer gecoate metalen gelast; in dit geval vervangt het lassen een mechanische verbinding.

Chemisch Chemische verbindingen danken hun kracht aan het hechtingsmiddel dat ervoor wordt gebruikt. De keuze hierin is groot en groeit snel, mede door de ontwikkeling van kunststoffen met speciale eigenschappen. Nog altijd is chemisch verbinden de meest gebruikte techniek bij het verbinden van kunststoffen, hoewel ook hier *design for the environment* een steeds belangrijker factor wordt. Met name voor thermoharde lijmen is dit een probleem; als deze uitgehard zijn is dit niet terug te draaien. In de toekomst zullen 'groenere' lijmen worden ontwikkeld.

Op dit moment wordt veel onderzoek gedaan naar het ontwikkelen van lijmen met functioneel specifieke eigenschappen en lijmen om materialen met een lage oppervlaktenspanning (fluorpolymeren, rubber) te verlijmen.

Ook worden er hybride (op moleculair en intramoleculair niveau) hechtingsmiddelen ontwikkeld. Er is veel belangstelling voor hechtingsmiddelen die de te verlijmen oppervlakken zelf schoonmaken en voorbereiden, waarna zij zichzelf activeren om tot hechting over te gaan. Dit hechtingsproces zou chemisch of thermisch geactiveerd kunnen worden.

Tape

Tape is geschikt voor het verbinden van allerlei kunststoffen in uiteenlopende toepassingen. Er zijn soorten die ontwikkeld zijn om warmte of elektriciteit te geleiden, zoals de *TCATT* en *ECATT* tapes van 3M. Transparante dubbelzijdige tapes, geschikt voor het verbinden van transparante materialen, worden veel gebruikt bij gevoelige oppervlaktes vanwege de chemische eigenschappen. Ze bevatten geen zuren, waardoor corrosie en andere reac-

ties niet optreden. Er is ook een tapesoort ontwikkeld voor hersluitbare toepassingen.

Het gebruik van tape als verbindingstechniek heeft als voordeel het feit dat er geen uithardingstijd is, zoals bij lijm. Vaak kan tape door de visco-elastische eigenschappen ook trillingen beter opvangen dan bij andere types verbindingen het geval is.

Bij tapes is behalve de kleefkracht van de tape ook het oppervlak waarop deze wordt aangebracht van belang.



Het assortiment snellijmen van Loctite. De verlijming gebeurt in enkele seconden, hechting vindt onmiddellijk plaats. Ze verlijmen heterogene materialen en moeilijk te lijmen substraten.

Noviteiten zijn onder andere: soepele en transparante lijmen, schokvaste lijmen (rubber op metaal; luidsprekers), UV-lijmen voor de medische sector, een primer en activator voor moeilijk te lijmen kunststoffen (PP, PE, PTFE).

PPI Adhesive products produceert veel verschillende zelfklevende tapes voor hoogwaardige toepassingen. Alle tapes worden op een groot aantal punten getest, onder andere hechtsterkte, afwikkelen van de rol, treksterkte en afpelsterkte. Dit gebeurt met testapparatuur van Hounsfield, die is uitgerust met 'QMAT Pro Software'.

Het gaat dan vooral om de oppervlaktespanning. Hoe hoger de oppervlaktespanning, hoe beter de hechting. Het hechten op oppervlakken die met siliconen of PTFE zijn behandeld, vormen daarom een probleem. Deze hebben immers een zeer lage oppervlaktespanning. Een ruwe ondergrond, waardoor het contact tussen tape en oppervlak gering is, betekent ook dat er geen goede hechting zal ontstaan. Verontreiniging met stof, vet of vocht kunnen ook problemen veroorzaken, evenals lage temperaturen. De hechtsterkte van tape is in hoge mate afhankelijk van de temperatuur: hoe lager de temperatuur, hoe slechter de hechting.

Milieu-aspecten en verbindingstechnieken

Levenscyclusanalyse Een belangrijk element van het productieproces is tegenwoordig de levenscyclusanalyse. Hiermee kijken producenten naar de milieubelasting van hun product of activiteit, en nemen daarbij de gehele levensloop van de product in beschouwing.

Het winnen en behandelen van de grondstoffen, het productieproces, transport en distributie, gebruik, hergebruik, onderhoud, recycling en afvalverwijdering worden daarbij allemaal meegewogen. Hierdoor gaan producenten in toenemende mate, hetzij door wetgeving gedwongen, hetzij vrijwillig, in de richting van duurzaam produceren. Ontwerpers en fabrikanten hebben controlelijsten tot hun beschikking waarmee hun prestaties op dit gebied meetbaar worden.

Design for Environment Boothroyd-Dewhurst (V.S.) heeft een *Design for Environment* softwarepakket ontwikkeld waarmee men milieubelastingen kan berekenen, maar ook het demontageproces aan het eind van het gebruiksleven van een product kan simuleren. Op die manier wordt het mogelijk de demontagekosten en het effect van recycling of hergebruik zichtbaar te maken, en kunnen in een vroeg stadium van de productontwikkeling gefundeerde beslissingen worden genomen.

Een manier om producten milieuvriendelijker te maken is ervoor te zorgen dat ze eenvoudig uit elkaar te nemen zijn. Producten die gemakkelijk te demonteren zijn, kunnen ook eenvoudiger worden gerepareerd of gemoderniseerd. Bovendien zijn ze simpeler, sneller en economischer uit elkaar te halen aan het einde van hun gebruiksleven, en kunnen de onderdelen opnieuw worden gebruikt of herverwerkt.

Om in deze behoefte aan demonteerbaarheid te voorzien,

ontwikkelen fabrikanten in allerlei industrietakken nieuwe en innovatieve verbindingstechnieken of milieuvriendelijker toepassingen voor bestaande verbindingmethoden. Zij willen tevens het aantal onderdelen waaruit producten bestaan minimaliseren, bijvoorbeeld door kleinere delen te combineren in één groter onderdeel. Ook streeft men ernaar het aantal verbindingmiddelen zo laag mogelijk te houden.

Nieuwe technieken kunnen de productiekosten aanzienlijk verlagen, waardoor een product concurrerder in de markt kan worden gezet. Een voorbeeld van een innovatieve verbinding is te zien aan de buitenkant van (Dell) computerbehuizingen: door aan weerszijde een knop

in te drukken en het 'deksel' op te tillen, kan het geheel worden losgemaakt.

Een ander voorbeeld is het schuim waarmee het voorpaneel van een (IBM) computer (akoestisch) wordt geïsoleerd; dit wordt op zijn plaats gehouden door pijlvormige kunststof verbindingen, waardoor lijmen overbodig wordt en recycling mogelijk is.

Het bedrijf Sharp heeft in samenwerking met NEC Tokin een schroef met vormgeheugen ontwikkeld voor kopieerapparaten. Deze halveert de tijd die nodig is voor demontage. In plaats van losdraaien wordt het onderdeel verwarmd, waardoor de schroeven loskomen.

Innovatieve verbindingen kunnen meer dan één functie hebben. Sommige computers hebben een kunststof hefboom die niet alleen het rek met printplaten op zijn plaats houdt, maar ook het rek loskoppelt en optilt als er reparaties nodig zijn.

Integrale scharnieren vormen een goed verbindingmiddel op plaatsen die gemakkelijk toegankelijk moeten blijven. Als er gekozen wordt voor gemonteerde scharnierverbindingen, kunnen deze het beste ultrasoon worden aangebracht of vastgezet met klinknagels uit hetzelfde type kunststof, om later het recyclen van deze onderdelen gemakkelijker te maken.

Het lijmen van kunststof onderdelen bemoeilijkt recyclen. Lijm en kunststof moeten van elkaar worden gescheiden, hetgeen problemen kan opleveren. De voorkeur gaat dan uit naar ultrasoon lassen. Voorwaarde is wel dat de delen van dezelfde kunststof zijn.

Op dit moment is de milieuvriendelijkste verbinding de klikverbinding. Klikverbindingen zijn simpel, snel en economisch aantrekkelijk. Zij kunnen keer op keer uit elkaar en in elkaar. Componenten die in elkaar zijn geklikt kunnen eenvoudig worden hergebruikt of herverwerkt, zelfs als zij uit verschillende materialen bestaan. Bij het ontwerpen volgens de principes van DFE staat waar mogelijk het gebruik van deze verbindingstechniek bovenaan. **kg**