

Lijmtechnologie*

Lijmverbindingen zijn van groot belang in industriële toepassingen zoals in de fabricage van consumentenprodukten en in de verpakingsindustrie. Een groeiende belangstelling voor lijmverbindingen valt te constateren voor overige industriële assemblageprocessen.

Met name de nieuwe "high-performance" lijmsystemen en nieuwe verwerkingstechnieken die ontwikkeld zijn voor de vliegtuig- en de automobiellindustrie krijgen veel aandacht.

Lijmverbindingen blijken echter ook een aantrekkelijk alternatief te zijn voor klassieke mechanische- en lasverbindingen.

Ontwikkelingen in "gebruiksvriendelijke" lijmsorten (die b.v. geen intensieve oppervlaktebehandeling van de te lijmen materialen vereisen) en geautomatiseerde aanbrengmethoden met behulp van robots, hebben geleid tot de geconstateerde toenemende belangstelling voor lijmverbindingen in de produktietechnologie.

Dit artikel is gewijd aan enkele ontwikkelingen in de lijmtechnologie en is grotendeels gebaseerd op de conferentie Adhesives '86 van de Society of Manufacturing Engineers.

Inleiding

De Amerikaanse markt voor lijmen had in 1986 een omvang van \$ 3,3 miljard. Het Amerikaanse Department of Commerce schat de jaarlijkse groei van deze markt op 8% voor de komende jaren. De markt voor speciale industriële lijmen en "sealants" bedroeg volgens Strategic Analysis Inc. in 1985 \$ 1,4 miljard en zal in 1990 ruim \$ 2 miljard bedragen [1].

Binnen deze markt vallen o.a. de epoxies, isocyanaten, polyvinylacetaat, polyamides, cyanoacrylaten, polysulfiden en siliconen. Zogenaamde "commodity" lijmen gebaseerd op dierlijke stoffen, caseïne, sojabonen en cellulose zijn niet in dit onderzoek opgenomen.

De bouwindustrie neemt van de genoemde markt ca. 40% in beslag waarvan een groot deel ingenomen wordt door de "sealants" en zal naar verwachting de minste groei vertonen. De groei zal voornamelijk komen uit toepassing in prefab huizen. Als een rem op een meer expansieve groei wordt genoemd een gebrek aan coherente normen en "building codes" in structurele toepassingen.

Een hogere groei zal te zien zijn in zowel de vliegtuig- als de automobiellindustrie. De groei in de vliegtuig-

materialen zoals aluminium-lithium

Een deel van de groei komt uit vervanging van bestaande lijmen door nieuwe "high-performance" lijmsystemen.

De afwijzende houding van het Department of Defense in gebruik van lijmen in structurele delen van vliegtuigen zal ook de komende vijf jaar in Amerika een negatieve invloed op de ontwikkeling van de "speciality"-lijmen voor de vliegtuigindustrie hebben.

Naar verwachting zal de automobiellindustrie in 1990 een omzet van \$ 300 miljoen hebben in speciale lijmen. De huidige auto's bevatten ca. 1 kg lijm, gebruikt voor bevestiging van radiator, bekleding, binnenbevestigingen, remschoenen, carrosserie-onderdelen, ramen, etc.

De automobielfabrikanten proberen in toenemende mate het gebruik van puntlasverbindingen te vervangen door lijmverbindingen. Lijmverbindingen verminderen corrosie- en trillingseffecten. Drie belangrijke ontwikkelingen die hiertoe gerealiseerd dienen te worden zijn:

dustrie komt uit de volgende ontwikkelingen

- toename in gebruik van composietmetaal verbindingen en composiet-composiet verbindingen,
- hogetemperatuur toepassingen in verbindingen in de omgeving van motoren en in vliegtuigen met een hoge snelheid;
- lagere uithardingstemperaturen van nieuwe lijmen,
- gebruik van nieuwe structurele

Voordelen van lijmverbindingen:

- *Kunnen vrijwel alle vaste stoffen met elkaar verbinden, inclusief als zeer verschillend ervaren materialen*
- *Oppervlak van werkstuk blijft glad (in tegenstelling tot gebruik van b.v. schroeven of klinknagels).*
- *Uniforme verdeling van krachten op verbinding en beter vermoeingsgedrag dan mechanische verbindingen*
- *Dikwijls gewichtsbesparing*
- *Corrosie bij verbinding van ongelijke materialen kan worden voorkomen.*
- *Investing in zowel kapitaalgoederen als arbeid is dikwijls lager dan voor andere methoden.*

Factoren waarmee rekening dient te worden gehouden:

- *Veelal is een oppervlaktebehandeling voor de te verbinden werkstukken nodig.*
- *Het uitharden van de lijm is soms tijdrovend*
- *De maximale sterkte van de lijmverbinding wordt niet onmiddellijk bereikt na aanbrenging.*
- *Lijmen zijn vaak niet bruikbaar bij hoge temperaturen.*
- *Een aantal lijmen is brandbaar en/of giftig.*
- *Het lange-termijngedrag van lijmverbindingen, met name onder zware omstandigheden, is niet altijd zeker*

Dit artikel is eerder geplaatst in Technieus Washington van het Ministerie van Economische Zaken

- kortere uithardingstijden van lijm-verbindingen,
- weerstand van lijmverbindingen tegen elektrolytische primer-baden,
- eliminatie van de oppervlaktebewerking van te lijmen onderdelen.

Een enorme groei (verdubbeling over vijf jaar) wordt voorspeld voor lijmen in elektronische en medische toepassingen. Medische toepassingen hebben momenteel slechts een zeer bescheiden aandeel (ca 4%) in de "high-tech" lijmmarkt. De markt voor elektronische toepassingen bedroeg in 1985 11% of \$ 150 miljoen.

Lijmsorten

Gezien de grote hoeveelheid verschillende lijmsoorten op de markt is het verbazingwekkend te constateren hoe overzichtelijk en toegankelijk een en ander gedocumenteerd is. Diverse, zeer leesbare handboeken, zijn voor de geïnteresseerde potentiële gebruiker verkrijgbaar, zoals het Adhesives Handbook van S. Shields [2].

Er zijn diverse manieren om lijmen te karakteriseren, zoals naar chemische samenstelling, gebruikt oplosmiddel, wijze van uitharden en vloeibaarheid. Moderne lijmen krijgen hun sterkte vrijwel allemaal door polymeren, waarvan er soms twaalf in een lijm opgenomen kunnen zijn. Diverse andere componenten kunnen aan een lijm worden toegevoegd die bewerkings-eigenschappen, de eigenschappen van de gedroogde lijm of de weerstand tegen aantasting door omgevingsfactoren verbeteren.

De data bank "Adhesives" [3] gaat zeer uitgebreid in op de chemische eigenschappen van lijmsoorten, geeft beschrijving van toepassing, oppervlaktebehandeling, interactie met substraten en leveranciers en bevat een zeer goede inleiding over de elementen die een rol spelen bij de keuze van een lijmsoort voor een specifieke toepassing.

Keuze van lijmen

Voor de gebruiker is het van belang te weten

- a Welke materialen men wil verbinden
 - . Sommige lijmen vertonen b.v. corrosief gedrag, waardoor een lijmverbinding wordt aangetast. Sommige materialen vertonen een capillair gedrag waardoor lijm in het materiaal "gezogen" kan worden.
- b Onder welke omstandigheden de verbindingen worden aangebracht. Soms zijn uitgebreide voorbehan-

delingen van oppervlakken noodzakelijk. Het drogen ("curing") van de lijm kan speciale (en dure) voorzietingen eisen. Met name giftigheid van sommige oplosmiddelen beïnvloedt de keuze van een lijmsoort en heeft de ontwikkeling van "waterborne" lijmen gestimuleerd.

- c Aan welke omstandigheden de lijmverbindingen zullen worden blootgesteld.

Thermoplastische lijmsoorten vertonen b.v. een gunstig afscheur ("peel") gedrag maar een relatief ongunstig afschuivings ("shear") gedrag.

Thermohardende lijmsoorten gedragen zich zeer goed bij b.v. langdurige trillingsbelasting. Naast mechanische belasting, spelen ook temperatuur en veiligheid een rol.

Een zeer interessante voordracht "Choosing the Right Structural Adhesive" [5] werd door mr. Scott Gordon gegeven op de Adhesives '86 conferentie. Hij onderscheidt bij het gebruik van lijm drie fasen namelijk: selectie, aanbrengen en langetermijn gedrag van de lijm. In elke fase spelen verschillende elementen een rol, elementen in de selectiefase zijn b.v. shelf life, aantal componenten, vochtgevoeligheid, kosten, verpakkingsformaat en vorm, te lijmen substraten, eisen aan het oppervlak, etc. Globaal worden de belangrijkste elementen van vier lijm-groepen, namelijk acrylische polymeren, epoxies, urethanen en cyanoacrylaten, in deze drie fasen weergegeven.

Keramische lijmen

Organische lijmsystemen zijn meestal ongeschikt om gebruikt te worden bij temperaturen boven 310° C. Keramische lijmen worden zowel in de VS als in Europa ontwikkeld die bij een veel hogere temperatuur, tot 2200° C, gebruikt kunnen worden.

In een voordracht van mr. Herbert Schwartz van Aremco Products [6] werd dieper ingegaan op de eigenschappen, toepassingen en ontwerp-regels van keramische lijmverbindingen. De huidige keramische lijmen zijn gebaseerd op o.a. Al₂O₃, SiO₂ en ZrO₃. Onderzoek is gaande naar lijmen die samengesteld zijn uit "high-performance" keramische materialen zoals TiB₂, SiC en SiN.

Gezien de grote temperatuursverandering waaraan de keramische lijmverbinding wordt blootgesteld, wordt het belang van zorgvuldig ontwerp van de verbinding benadrukt, verschillende thermische uitzettingscoëfficiënten

van de gebruikte materialen spelen bij het ontwerp een belangrijke rol. Een aantal toepassingen komt aan de orde, zoals bevestiging van verhittelementen in haardrogers, bevestiging van een tantalum verhitingsspoel op een keramische buis voor gebruik als verhittelement in ovens die gebruikt worden in de halfgeleiderindustrie en bevestiging van keramische isolatie in gietijzeren deuren van houtkachels.

Hot-melt lijmen

Hot-melt lijmsystemen zijn thermoplastische lijmen die vóór toepassing door verhitting vloeibaar gemaakt worden. In de warme en vloeibare vorm zijn deze lijmen uitermate goed via dispensers op te verbinden oppervlakken aan te brengen.

Door afkoeling vindt harding van de lijm plaats. Het thermoplastische karakter van de lijm geeft aan de verbinding een beperkte bruikbaarheid, aangezien verwarming de lijm vloeibaar zou maken.

Reactieve "hot-melts" vereisen bij afkoeling een extra behandeling waardoor een verandering in de lijm optreedt ("curing" of "crossbinding"), die een gunstiger gedrag van lijmverbindingen bij verhitting oplevert. Bestraling met ultraviolet licht is een uithardingsmethode die op bredere schaal toegepast wordt.

"Moisture-curing hot-melts" zijn lijmen die uitharden door een reactie met water. Het water wordt speciaal toegevoegd of uit het te lijmen substraat gehaald.

Deze lijmsoort wordt door zijn unieke eigenschappen opgevat als een doorbraak in de lijmtechnologie.

In de voordracht "Reactive hot-melts" [7] wordt nader ingegaan op het "moisture-curing". Een systematische beschrijving van deze nieuwe lijmsoort wordt gegeven in de voordracht van mr. Zurlinden van Slauterback Corporation [8]. Behandeld wordt een overzicht van mogelijke toepassingen, in auto's, assemblage van medische producten onder verhitting voor sterilisatie, inkapseling van elektronische componenten, en aandacht wordt besteed aan dispensiesystemen voor deze nieuwe lijmen.

Toepassingen

Toepassingen van lijmverbindingen zijn uitgebreid in de literatuur gedocumenteerd. Handboeken [2, 3 en 4] gaan gedetailleerd in op de mogelijkheden, beperkingen en praktisch gebruik van lijmverbindingen. Het voor-aanstaande tijdschrift "Adhesives

Age" [1] bevat in vrijwel iedere uitgave een aantal "case histories" waarin nieuwe industriële toepassingen besproken worden. In het nummer van oktober 1986 wordt de toepassing van polysulfide lijm door Rockwell in vliegtuigen beschreven. Tevens wordt ingegaan op gebruik van lijmen in de produktie van de Ford Aerostar personenwagen, waarbij speciaal de zeer snelle uitharding en het ontbreken van de noodzaak voor oppervlaktebehandeling aandacht krijgen. Tijdens de Adhesives '86 conferentie werd aan de toepassing van lijmverbindingen veel aandacht besteed.

UV-uithardende lijm in elektronische toepassingen

De markt voor lijmen in elektronische toepassingen zal in 1990 \$ 300 miljoen bedragen. Een deel van de toepassing is gericht op verzegeling van componenten. Een belangrijke toepassing lijkt echter assemblage van elektronische componenten te zijn. Door vertegenwoordigers van Polytrox werd het gebruik van lijm in assemblage van vloeibare kristal schermen (LCD's) beschreven [9]. Het betreft het gebruik van een transparante geleidende en een niet-geleidende lijm die met behulp van UV-licht nabehandeld worden om uitharding te bereiken. De geleidende lijm wordt gebruikt om optimaal contact te realiseren tussen de aansluitpennen en de coating op het glassubstraat van het LCD. De niet-geleidende lijm wordt vervolgens over de penverbinding aangebracht om onder meer als bescherming te dienen tegen de omgeving en extra sterkte aan de verbinding te geven. Met name de snelle uitharding met behulp van het UV-licht maakt deze behandeling zeer geschikt voor een automatische assemblagelijm.

Het automatiseringsaspect is van groot belang omdat de LCD's in verschillende uitvoeringen op specificatie van de klant (b.v. voor horloges, spelletjes, meetinstrumenten) gefabriceerd worden en de leverancier, gezien de bestaande concurrentie, flexibel wil zijn in het aanpassen van zijn produktielijn.

Herfabricage van luchtpompen voor auto's

Luchtpompen, aangedreven door een aandrijfriem, vormen in Amerikaanse auto's een belangrijk onderdeel voor vermindering van de produktie van milieuvriendelijke uitlaatgassen. Vervanging ervan gebeurt meestal met zogenaamde "rebuild" pompen

De markt voor dit onderdeel bestaat in California uit 10 000 exemplaren per maand. De her-assemblage van de schoongemaakte oude pomp, voornamelijk de behuizing, met een lagerhuis gaf grote problemen en een onacceptabele hoge uitval.

De toepassing van een snel hardende, tweecomponenten epoxylijm bleek een snelle, schone en betrouwbare assemblage op te leveren. Ten opzichte van de oude bevestigingstechniek met de hoge uitval bleek de dagelijkse produktie van bruikbare pompen door toepassing van lijmverbindingen bij het bedrijf Carter Precision van 100 naar 500 gestegen te zijn. Deze toepassing werd in een voordracht [10] van mr. Gongeml nader toegelicht.

Automatisering

Het aanbrengen van lijmen leent zich in principe zeer goed voor automatisering. Het aanbrengen van de lijm met de juiste nauwkeurigheid, de juiste snelheid in de juiste hoeveelheid wordt dikwijls als een probleem gezien.

Er zijn echter diverse systemen ontwikkeld die het op betrouwbare wijze, machinaal aanbrengen van reactieve lijmsystemen, een goed reproduceerbaar proces maken.

Tijdens de Adhesives '86 conferentie werden voordrachten gegeven over het opslaan, mengen en machinale (gecontroleerde) dispensie van tweecomponentlijmen [11]. Hiertoe is o.a. een cassettesysteem ontwikkeld [12] dat de lijm beschermt tegen omgevingsinvloeden en een zeer nauwkeurige, uitstekend gemengde, lijmdispensie mogelijk maakt. De gepresenteerde systemen konden onder andere effecten van variatie in viscositeit van de lijmcomponenten compenseren.

De betrouwbaarheid van de huidige automatische dispensiesystemen

werd geïllustreerd aan de hand van toepassingen in de elektronische industrie [13]. De eerste toepassing betreft aanbrengen van een soldeermasker op een printed-circuit board met een nauwkeurigheid van 0,02 inch.

De tweede beschreven toepassing betreft dispensie van contactlijm in surface-mount technologie voor bevestiging van elektronische componenten met een nauwkeurigheid van 0,001 inch waarbij de aangebrachte lijmdruppels een, reproduceerbare, doorsnede van 0,005 inch moeten hebben.

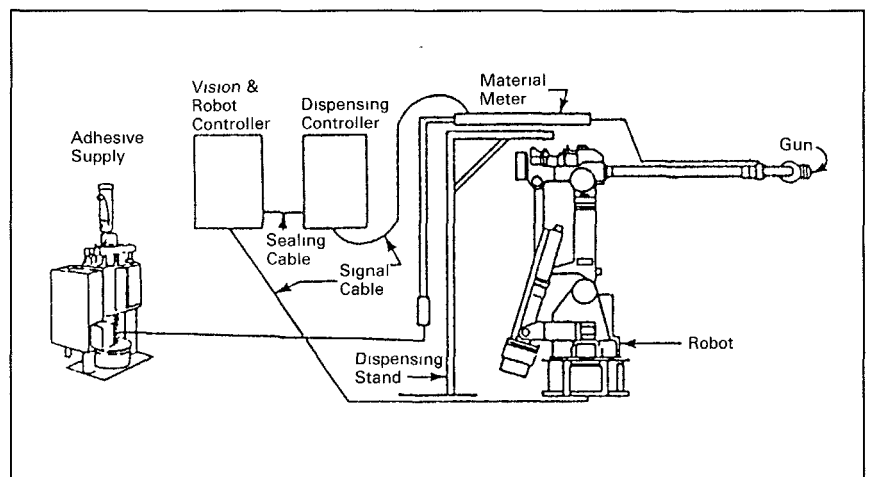
Robots

Integratie van nieuwe dispensiesystemen in robots heeft als resultaat dat het automatisch aanbrengen van lijm nu dikwijls vlugger, betrouwbaarder en efficiënter verloopt dan het handmatig aanbrengen.

GMF Robotics Inc heeft een geïntegreerde lijmrobot ontwikkeld [14] die momenteel zowel in de assemblage voor huishoudelijke apparaten als van auto's gebruikt wordt; zie figuur 1. Ook American Cimflex Corp. signaleert de belangstelling van de industrie voor gebruik van lijmrobots in assemblage. In een voordracht wordt aandacht besteed aan belangrijke systeemcomponenten [15].

Verdere beschouwing

Het gebied van de lijmtechnologie is nog volop in ontwikkeling. Onderzoek vindt plaats teneinde een beter begrip te krijgen van de mechanismen die een rol spelen in het realiseren van structurele verbindingen en speciaal de faalmechanismen. Een beter begrip van de fundamentele verschijnselen zal naar verwachting leiden tot de ontwikkeling van nieuwe "highperformance" lijmen en een be-



Figuur 1 Basic adhesive delivery system

tere voorspelling van de betrouwbaarheid van lijmverbindingen

Op verzoek van zowel de industrie als de overheid is in de VS het Centre for Adhesives, Sealings and Coatings (CASC) aan de Case Western University in Cleveland, Ohio opgericht. Het idee hierbij is dat zowel in lijm- als in coatingstechnologie fundamenteel onderzoek noodzakelijk is dat gebruik moet maken van een interdisciplinaire aanpak, zoals gebruik van oppervlakte fysica, materiaalkunde, polymeerchemie, colloidchemie

Deze aanpak is voor veel industrieën te duur en te fundamenteel, zodat gekozen is voor een cooperatieve benadering. Het CASC heeft momenteel 24 industriële sponsors die samen jaarlijks voor een bedrag van \$ 500 000 aan onderzoek financieren. In Adhesives Age van oktober 1986 [1] staat gedetailleerd de organisatie en het researchprogramma van CASC beschreven

Een belangrijk element in de toepassing van lijm in structurele verbindingen is de sterkte van de lijmverbinding

Hier toe moet aandacht besteed worden aan het ontwerp van de verbinding (zie [2], blz 7, e.v.) en de krachten waaraan een verbinding wordt blootgesteld

Vijf belangrijke krachten die worden gebruikt om de lijmsterkte te karakteriseren zijn

- afschuiving,
- trekspanning,
- afscheuren (peeling),
- druksplijting,
- schokbelasting

In een voordracht van Sintech Inc [16] wordt ingegaan op het gecomputeriseerd testen van lijmsterkte met speciale aandacht voor de "peel" sterkte. De American Society for Testing and Materials (ASTM), Committee D-14, is verantwoordelijk voor normen voor lijm materiaal. In Adhesives Age van december 1986 [1] wordt een overzicht gegeven van een ASTM jaarconferentie over o.a. mechanisch testen, duurzaamheid en non-destructieve inspectie

Over het laatste onderwerp werd een presentatie gegeven door Fokker, zoals bekend een vooraanstaand bedrijf in ontwikkeling en toepassing van lijmtechnologie

Literatuur

[1] Adhesives Age, tijdschrift, de nummers september, oktober en november, 1986

[2] Adhesives Handbook, J. Shields, 3th

edition, uitg Butterworths, 1985 (beschikbaar via de boekhandel)

[3] Adhesives, edition 4, 1986, DATA Inc Desk-top Data Bank
Beschrijft meer dan 3000 lijmen (inclusief applicaties), verkrijgbaar in de VS, prijs \$ 150 —

[4] Advances in Adhesives, Applications, Materials and Safety
D. Brewis, J. Comyn, Uitg Warwick Publishing, 1983 (beschikbaar via de boekhandel)

[5] Choosing the Right Structural Adhesive, Scott D. Gordon, 1986, 9 blz
Adhesives '86 Conference

[6] Ceramic Adhesives for High-Temperature Bonding, Herbert Schwartz, 1986, 22 blz
Adhesives '86 Conference

[7] Reactive Hot Melts, Irwin & Davis, 1986, 7 blz
Adhesives '86 Conference

[8] Moisture-Curing Hot Melt Adhesives, the Materials and the Applicators, David P. Zurlinden, 1986, 13 blz
Adhesives '86 Conference

[9] UV-Curable Adhesives Increase the Productivity for Pin Connection on Liquid Crystal Display, Brian Y. Sun, Beei-Lin Lee, 1986, 9 blz
Adhesives '86 Conference

[10] Refurbishing of Smog Pumps with Convenience Adhesives, John H. Congemi, Charles W. Boeder, 1986, 8 blz
Adhesives '86 Conference

[11] Plural Component Meter, Mixing and Dispensing Equipment, Kenneth A. Jacobs, 1986, 24 blz
Adhesives '86 Conference

[12] Cartridges for Storing, Mixing and Dispensing Two-Component Materials, Rob Lee, 1986, 11 blz
Adhesives '86 Conference

[13] Advances in Automated Dispensing Applications, Brad Stoops, Dave Brand, 1986, 11 blz
Adhesives '86 Conference

[14] Integration of Robots in Adhesives, Raymond J. Guzowski, 1986, 11 blz
Adhesives '86 Conference

[15] Advanced Robotic Adhesive Dispensing System, Shafi Mobiwalla, 1986, 6 blz
Adhesives '86 Conference

[16] Computer Automated Adhesion Testing, Rashid N. Khan, Sudhakar Kamall, 1986, 10 blz
Adhesives '86 Conference

[17] Verzamelde presentaties van de Adhesives '86 Conference Technical Paper Set

De bovenstaande literatuur is bij het Ministerie van Economische Zaken, Directie Research & Ontwikkeling, Bezuidenhoutseweg 20, Postbus 20101, 2500 EC 's-Gravenhage, (de heer R. B. Coolen), ter inzage verkrijgbaar onder vermelding van de volgende code-aanduiding W-87-03- het nummer van de publicatie (zonder haakjes). Bijvoorbeeld W-87-03-12. Publicatie [3] kan op hetzelfde adres worden nabesteld

Nationale technologiedag 1988

Op 27 oktober van dit jaar organiseert het ministerie van Economische Zaken de derde nationale Technologiedag. Deze T-dag zal deze keer gaan over materiaalbewerking

De volgende thema's komen aan de orde op de T-dag: verspanen, be- en verwerken van kunststoffen, oppervlaktebehandeling, verbindingstechnieken en materiaalkeuze. Deze thema's komen in een twintigtal workshops aan de orde, waarbij elke workshop een aantal specifieke onderwerpen binnen het thema behandelt

Het primaire doel van de T-dag is het uitwisselen van kennis tussen belanghebbenden ter bevordering van de samenwerkingverbanden. De aandacht zal worden toegespitst op de bedrijfsvoering, toepasbaarheid van de materiaalbewerkingen, kostenaspecten en rendement op investeringen komen aan de orde

Deelnemers aan de T-dag wordt een scala van workshops aangeboden waarmee zij een eigen programma kunnen samenstellen, afhankelijk van hun interesse. Elke workshop behandelt een apart onderwerp en biedt alle gelegenheid voor discussie en vragen. Tevens wordt een beurs georganiseerd, waar standhouders eigen ontwikkelingen weergeven middels posterpresentaties

De onderwerpen die op de T-dag aan de orde komen, worden gebracht door deskundigen uit het bedrijfsleven, onderzoeksorganisaties en overheid. De inleiders houden korte inleidingen die de problematiek op hun vakgebied kort schetst en gaan in op materiaal- en technologie-toepassingen die op korte termijn vruchten af kunnen werpen, daarbij verklaring gevend aan zaken als productontwerp, kostenaspecten en investeringen. Thema's, onderwerpen, en sprekers zijn daartoe zorgvuldig gekozen

De T-dag wordt mede ondersteund door TNO, de Bond voor Materialenkennis, de vereniging voor Produktietechniek - VVV, de NVFT vereniging voor Fijnmechanische Techniek, Philips' centrum voor Fabricage Technieken CFT, Polytechnisch Tijdschrift, Regionaal Economisch Overleg Regio Arnhem en de Nederlandse Middenstandsbank NV

Indien u meer wilt weten over de T-dag, kunt u terecht bij het secretariaat van de T-dag Adviesbureau Winkelaar & van Hessen BV, Bankplein 3, 2585 EV Den Haag, telefoon 070-507171