

# Lijmverbindingen

## Belangrijke facetten van het ontwerpproces

U kent het wel: na veel werk is de lijmverbinding tot stand gebracht, maar om onverklaarbare redenen begeeft de verbinding het op een onverwacht moment. Omdat de reden van breuk meestal niet helemaal duidelijk is en de kans op een tweede breuk moet worden geminimaliseerd, leidt dit al snel tot een andere verbindingvorm waarmee meer ervaring bestaat. In feite is dit een gemiste kans. Zonde! Lijmverbindingen zijn wel degelijk zeer betrouwbaar te ontwerpen en te bouwen. In dit artikel worden een aantal belangrijke facetten van het ontwerpproces kort toegelicht.

Lijmverbindingen hebben een aantal voordelen ten opzichte van andere verbindingstechnieken. Het grootste voordeel is dat lijmverbindingen op een vloeiende wijze de krachten overdragen van het ene onderdeel op het andere. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld puntlassen, waar alle krachten slechts via de las worden overgedragen. Bij klinknagels of boutverbindingen is de situatie nog ernstiger. Daarbij wordt het product ook nog verzwakt als gevolg van de gaten die geboord moeten worden. Dit kan bij wisselende mechanische belasting - een vorm van vermoeiing - leiden tot breuk.

### Ontwerp van de lijmverbinding

Een gelijmde verbinding kent andere karakteristieken en mogelijkheden dan bijvoorbeeld een gelaste verbinding. Vanaf de ontwerpfase moet hier rekening mee worden gehouden. Een voorbeeld is te vinden in het ontwerp van een doosconstructie (zie figuur 1). Bij het lassen moet de naad toegankelijk zijn, waardoor bij lassen wordt gekozen voor constructie 1a. Bij het lijmen is het zowel uit esthetische overwe-

gingen als uit het oogpunt van spanningsoverdracht wenselijk om voor constructie 1a te kiezen.

Bij het ontwerp van de lijmverbinding moet direct al rekening worden gehouden met de aanbrenghmogelijkheden van de verschillende lijmsystemen. Niet alle verbindingvormen zijn zomaar geschikt voor elk lijmsysteem. Er zijn een aantal hoofdgroepen te onderscheiden, zoals:

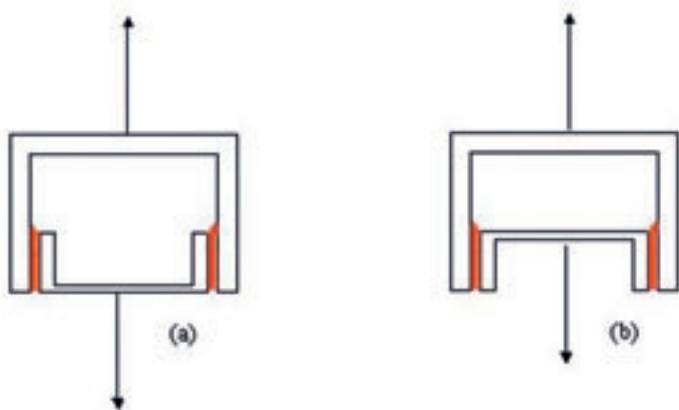
- 1-componentlijmen (anaërobe lijmsystemen);
- Vochtuihardende 1-componentlijmen;
- UV-uitdardende 1-componentlijmen;
- Smeltlijmen (hotmelts en reactieve hotmelts);
- Tapes in de vorm van vrije lijmfilm dan wel lijm op een drager;
- 2-component lijmen, waarin men weer systemen onderscheidt waarbij een harder gemengd moet worden (polyurethaan, epoxy), dan wel lijmen waarin een initiator en hars separaat worden opgebracht (no-mix acrylaatlijmen).

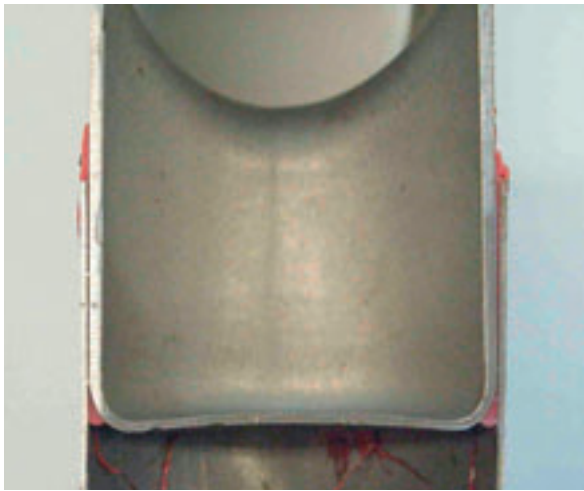
### Lijmselectie

In de ontwerpfase moet ook de selectie van de lijm plaatsvinden. Deze keuze moet gebaseerd zijn op een groot aantal belangrijke factoren. Als eerste moeten de te verlijmen materialen worden gezien. Wanneer de aard van de materialen geen verwarming toelaat, zoals bij veel kunststoffen het geval is, vallen lijmen die bij hogere temperatuur uitharden al direct af. Ook zijn de omgevingscondities waarin de lijmverbinding later zal moeten functioneren van groot belang. Dit beperkt de lijmkeuze vaak aanzienlijk. Toch is er door het grote aantal verkrijgbare lijmsystemen altijd wel een geschikt lijmsysteem verkrijgbaar voor vrijwel iedere toepassing.

Wanneer er niet direct voor wordt gekozen om een expert in te schakelen, moet voorafgaand aan de defi-

Figuur 1 - Doosconstructie: meest geschikte vorm voor lijmen (a), respectievelijk lassen (b)





Figuur 2 - Een staal-staalverbinding met een constante lijmaaddikte en een zogenaamde 'fillet' of lijmkraal

nitieve lijmk keuze een lijst van eisen worden opgesteld waaraan de constructie c.q. verbinding dient te voldoen. Allereerst zijn er natuurlijk eisen aan de sterkte van de lijm. Hoeveel kracht moet er worden overgedragen? Daarna komt het materiaal waarop gelijmd moet worden aan bod. Wat zijn de noodzakelijke voorbehandelingen? Vaak staat of valt de duurzaamheid van het product met de voorbehandeling. In een aantal gevallen kan het aanbrengen van een primer een belangrijk onderdeel vormen van dit voorbehandelingproces.

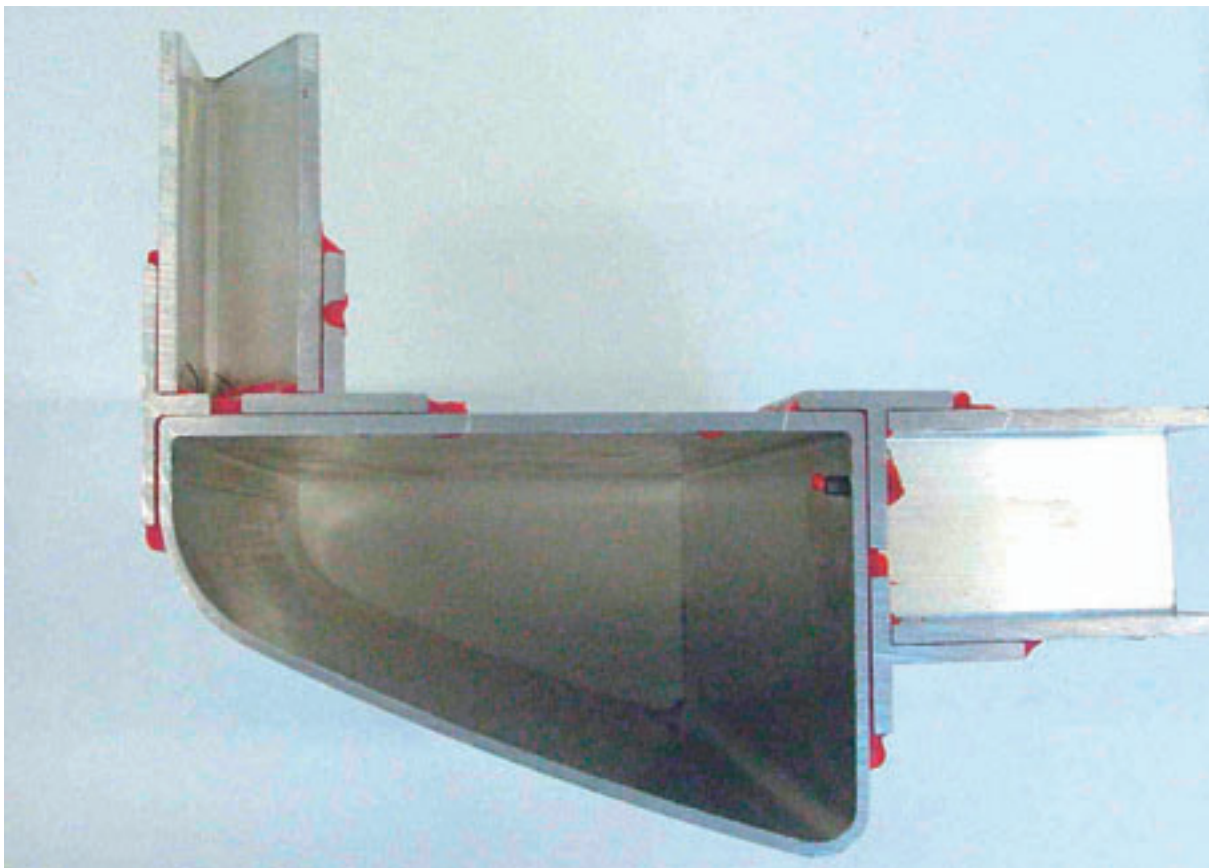
Andere eisen die aan de lijmverbinding kunnen wor-

### Eerste hulpmiddel

Een eerste hulpmiddel voor het maken van een verantwoorde lijmk keuze is te vinden op de website [www.dunneplaat-online.nl](http://www.dunneplaat-online.nl). Via deze site kan op basis van in te voeren productomschrijvingen worden bepaald of er technisch gezien mogelijkheden zijn om tot een lijmverbinding te komen voor het verlijmen van dunne plaatmaterialen.

den gesteld, zijn: het spleetvullend gedrag, trillingsdemping, geleiding van de lijm (elektronica of warmte), krimpgedrag (optica) of stabiliteit (kruipgedrag/stijfheid van de verbinding). Ook de toepassing in een zeker klimaat is belangrijk. Denk aan hoge luchtvochtigheid gecombineerd met een hoge temperatuur of regelmatig terugkerende grote temperatuurswisselingen. De toepassing in een klimaat met zouten, gecombineerd met vocht (zeeklimaat) verdient grote aandacht. Dit geldt vooral in combinatie met verhoogde temperaturen.

Ook is het van belang om een product dat wordt blootgesteld aan aanzienlijke belastingswisselingen bij een kracht die - als vuistregel - vijftien tot twintig procent van de statische breukkracht overtreft, te testen op een vermoeiingsbank. Deze test is noodzakelijk om voortijdig falen te voorkomen en desnoods het design aan te passen. Wanneer lijmverbindingen juist zijn ontworpen, functioneren ze erg goed dankzij de grote spreiding van krachten over de te verbinden producten.



Figuur 3 - Verlijming van de deurspant van de autoportier op de treeplank



Figuur 4 - Het zeepbakje is een goed voorbeeld waar een lijmverbinding kostentechnisch een duidelijk voordeel biedt ten opzichte van een soldeerverbinding. Ondanks de continue belasting van allerlei producten in een agressief - vochtig en basisch milieu - blijkt deze verbinding probleemloos te voldoen.

De volgende stap bestaat uit het nagaan van de randvoorwaarden ten aanzien van het productieproces. Te denken valt aan de productiesnelheid: wanneer is de verbinding handvast zodat het product kan worden verplaatst? Welke uithardingtemperaturen zijn toelaatbaar, of zijn er productiestappen na het lijmen die invloed kunnen hebben op de lijmverbinding

## 'Slechte voorbehandelingen vallen al snel door de mand'

(denk aan puntlassen en lakprocessen)? Met wat slimheid kan bijvoorbeeld een lakstraat direct worden gebruikt om de lijm versneld uit te harden en zo zijn definitieve sterkte te geven.

De lijmnaaddikte heeft ook invloed op de sterkte van de verbinding en heeft bij veel tweecomponent-systemen als vuistregel een dikte van 0.2 mm. Een kleine lijmvlouei vanuit deze lijmnaad heeft een positieve invloed op de sterkte. Een goed voorbeeld hiervan is te vinden in figuur 2, waar een staal-staalverbinding een mooie, constante lijmnaaddikte bezit en tevens een zogenaamde 'fillet' of lijmkraal vertoont. Tenslotte moet natuurlijk worden nagegaan in hoeverre eventuele investeringen wel of niet terug te verdienen zijn. Denk bijvoorbeeld aan applicatieappara-

tuur, ovens, aanpassing van het productieproces en niet te vergeten eventuele winst in de kwaliteit van het product. Een objectieve kosten-batenanalyse moet aan de beslissing ten grondslag liggen. Gewaard met deze voorinformatie kan in overleg met een deskundige een goed overwogen en dus verantwoorde lijmkeuze worden gemaakt. Een voorbeeld hiervan is de verlijming van de deurspant van de autoportier op de treeplank (figuur 3).

### Lijmen van metalen

Voor het verkrijgen van een goede hechting op metalen is het ontvetten en schuren of (korund) stralen meestal een vereiste. Deze bewerking levert namelijk een actief oppervlak op. Bij het schuren en stralen kan als vuistregel gelden dat een oppervlakteruwheid van zes tot vijftien  $\mu\text{m}$  het beste lijmresultaat levert. De voorbehandeling heeft meestal invloed op de initiële sterkte, maar vooral ook op de duurzaamheid. Slechte voorbehandelingen vallen al snel door de mand wanneer de verbinding bijvoorbeeld met vocht in contact komt. Voor vrijwel ieder type metaal kunnen uit handboeken en artikelen vele (chemische) voorbehandelingen worden geselecteerd. De resultaten - vooral op duurzaamheid - zijn onderling echter moeilijk te vergelijken door de enorme diversiteit aan materialen en gehanteerde testwijzen. Zo is staal vaak goed te verlijmen, roestvast staal en aluminium (legeringen) pas na een specifieke voorbehandeling en koper- en messing (legeringen) meestal minder goed. De verlijmingmogelijkheden van gecoot staal is sterk afhankelijk van het type coating en de onderlinge hechting tussen coating en staal.

### Lijmen van kunststoffen

Op het gebied van kunststoffen zijn er twee hoofdgroepen te onderscheiden. Gewone plastics zoals PE, PP, PVC, PS en PMMA en de zogenaamde technische kunststoffen of 'engineering plastics'. Daaronder worden verschillende blends gerekend en PC, PPO, ABS, POM, PA, PET/PBT, PEEK, PEI, PPS en LCP. Vele van deze kunststoffen worden in vezelversterkte vorm toegepast. Zij worden gekenmerkt door gunstige mechanische, thermisch optische of chemisch bestendige eigenschappen, of combinaties daarvan. Veel van de kunststoffen kennen door deze karakteristieke eigenschappen speciale doeleinden. De verlijming van kunststoffen wordt, de reinheid van het oppervlak als uitgangspunt nemend, voornamelijk bepaald door zijn oppervlakte-energie. Hoe hoger de oppervlakte-energie, des te beter zal het product verlijmbaar zijn. In een enkel geval zal de oplosbaarheid een rol spelen, bijvoorbeeld in het geval van PVC. Veel kunststoffen ontberen echter zowel polariteit - ze heten dan 'apolair' - als oplos-

baarheid. Om deze kunststoffen toch goed te kunnen verlijmen, is dan een speciale oppervlakbehandeling nodig om juist deze polariteit te verhogen. Zo valt te denken aan een voorbehandeling met chemicaliën - zuren die het oppervlak oxideren - ofwel vlam-, corona-, laser- of UV-behandeling. Daarnaast zijn voor veelgebruikte kunststoffen als polypropyleen (PP) en polyethyleen (PE) speciale primers ontwikkeld (gechlorideerde polyolefinen), die de hechting in combinatie met bepaalde lijmsystemen eveneens goed mogelijk maakt.

### Combineren van verbindingsmethoden

Een belangrijk aspect van het verbinden van materialen en dus ook van technische kunststoffen, is de mogelijkheid om dezelfde of verschillende materialen met elkaar te verbinden. Dit kan op diverse manieren:

- Mechanisch: spijkeren, nieten, schroeven, klinken en klikken;
- Lassen: speciale technieken voor metalen en kunststoffen;
- Lijmen;
- Combinaties van bovenstaande technieken: bijvoorbeeld een mechanische techniek in combinatie met lijmen of (punt-)lassen in combinatie met lijmen.

### Kwaliteitscontrole

De bekendste hoogwaardige toepassing van lijmen is waarschijnlijk die in de vliegtuigbouw. In deze tak worden al sinds de jaren vijftig gelijmde metaalconstructies van velerlei aard toegepast. Kenmerkend voor deze toepassingen zijn vooral de zeer zorgvuldige voorbehandeling, de productiewijze en de kwaliteitscontrole. De lijmen en voorbehandeling van de metalen zijn hier zorgvuldig op elkaar afgestemd. Voor andere takken van industrie blijkt vaak door een gebrek aan kennis de toepassing van lijmverbindingen gering. Te lange productietijden en voorbehandeling van de oppervlakken hoeven echter geen reden meer te zijn om een lijmverbinding in een product te vermijden.

Controle op de kwaliteit van het te verlijmen oppervlak kan onder meer plaatsvinden door zogenaamde contacthoekmetingen. In de meest simpele vorm wordt deze bepaald aan de hand van de hoek die een druppel water maakt met een te verlijmen oppervlak. Hoe kleiner deze hoek, en dus hoe beter de vloeit, des te groter is de kans dat het oppervlak goed te verlijmen valt. Blijft de druppel als een parel op het oppervlak staan, dan is het oppervlak (te) vet. Er zijn vele, ook eenvoudige, middelen in de handel verkrijgbaar waarmee is na te gaan of het te lijmen oppervlak geschikt is voor verlijming.

Controle op het totale product hoeft slechts steekproefsgewijs plaats te vinden. In sommige gevallen kan dit mogelijk zelfs achterwege blijven, wanneer al de gebezigde processtappen nauwkeurig in procedures zijn vastgelegd en tussenstappen in de productie binnen vooraf bepaalde grenzen vallen. Deze grenzen dienen echter vooraf te worden gebaseerd op theorie- en praktijktesten.

### Milieuaspecten

In toenemende mate krijgen ook de milieuaspecten van lijmen de aandacht. In de publiciteit is nogal wat

## 'Het toepassen van lijmverbindingen blijkt vaak gering door gebrek aan kennis'

aandacht besteed aan bijvoorbeeld de tapijtleggers in verband met oplosmiddeldampen uit contactlijmen. Ook de plaatverwerkende industrie, de meubelindustrie en de verpakkingsindustrie hebben vaak met deze lijmen te maken. Toch zijn er inmiddels vele 'veilige' watergedragen lijmen op de markt.

De meeste lijmen zijn tegenwoordig met 'normale' voorzorgsmaatregelen te hanteren. Voor alle lijmproducten worden bovendien 'Veiligheids Informatie Bladen' door de lijmleveranciers verstrekt, waarin de samenstelling, toxiciteit, brandbaarheid, beschermingsmaatregelen, opslag, transport en restafvalverwerking zijn beschreven.

De constructeur die overweegt om lijmverbindingen in zijn ontwerp te plaatsen, doet er goed aan om zich vooraf ofwel in de literatuur te verdiepen, ofwel in een vroeg stadium contact op te nemen met een specialist op dit gebied. ■

Hans Poulis is sinds 1995 werkzaam bij het Hechtingsinstituut TU Delft. Dit instituut is een onderdeel van de universiteit en levert adviezen aan bedrijven op het gebied van voorbehandelingen, lijmen en het mechanisch gedrag van lijmverbindingen. Hans Poulis heeft in Leiden experimentele natuurkunde gestudeerd en is in 1993 aan de afdeling werktuigbouwkunde van de TU Delft gepromoveerd op het verlijmen van kleine, roestvast stalen onderdelen. Zijn specialiteiten zijn het voorbehandelen van roestvast staal en moeilijk te verlijmen kunststoffen zoals polypropyleen (PP) en polyethyleen (PE).