

## Kunststof, lijm, voorbehandeling

# Toepassing bepalend voor keuze

Dr.ir. Richard Oosting, Dekalin BV, Bergeijk

**Lijmen worden meer en meer toegepast om structurele dragende verbindingen mee samen te stellen. Dit heeft tot gevolg, dat zowel de complete stijfheid als de duurzaamheid afhangen van de lijmverbindingen en met name van het ontwerp van deze verbindingen. De gangbare lijmsystemen hebben allemaal hun eigen succesvolle toepassingen en hun eigen unieke eigenschappen.**

### Transport in breedste zin

Dit artikel richt zich op toepassingen in de transportsector in de breedste zin van het woord en zal verschillende typen lijmsystemen behandelen zoals:

- Elastische, flexibele lijmen (een- en tweecomponenten): PUR, MS en SPU
- Stijve, harde lijmen: acrylaat en PUR (2-componenten), epoxy (1- en 2-componenten)

De belangrijkste vragen die in dit artikel aan de orde komen zijn: waarom wordt een bepaald type lijm gekozen voor een bepaalde toepassing en hoe hangt de minimaal noodzakelijke voorbehandeling samen met deze lijm in relatie tot de toepassing?

Enkele bestaande toepassingen in onder andere de bus-, trailer- en auto-industrie worden behandeld.

De transportindustrie is een zich snel ontwikkelende sector, waarin de lijmtechnologie een steeds belangrijker plaats inneemt. De belangrijkste redenen voor deze industrie om over te stappen naar lijmverbindingen in plaats van lassen, klinken of bijvoorbeeld mechanische fixatie in combinatie met rubberprofielen zijn:

- Aërodynamica, verdeeld over argumenten zoals esthetiek, ontwerp en brandstofverbruik
- Het gebruik van nieuwe materialen, die niet of nauwelijks gelast of geklonken kunnen worden, bijvoorbeeld composietmaterialen
- Verlaging van het gewicht en het brandstofverbruik
- Het beperken van het risico van lekkage en corrosie

Er zijn verschillende bedrijven waar lijmen een ingeburgerde techniek is, maar er zijn nog veel meer bedrijven die de lijmtechnologie niet gebruiken. Reden: het wordt beschouwd als vreemd en onbekend, en onbekend maakt onbemand. Lijmtechnologie wordt nauwelijks gedoceerd als structureel deel van een opleiding zoals de opleiding tot ontwerper of werktuigbouwer. De bedrijven, die lijmen gebruiken om delen aan elkaar te verbinden, hebben allemaal hun problemen ervaren en de gevolgen gezien als de techniek niet juist wordt toegepast. Veel bedrijven prefereren het nog steeds om gaten te boren en er vervolgens een popnagel of bout in te zetten, in plaats van onbeschadigde platen aan elkaar te lijmen. Op deze manier wordt het risico van corrosie en van lekkage beperkt en de stijfheid van de verbinding wordt verhoogd door een homogenere spanningsverdeling. Een gewichtsreductie

kan worden behaald, als de toegenomen sterkte wordt gebruikt om de overlappende te reduceren of door dunne plaatmaterialen te gebruiken, mits mogelijk in verband met andere eisen zoals het voorkomen van knikken. Dit artikel is vooral gericht op het gebruik van lijmen in de transportsector, dat wil zeggen in producten die in beweging worden gebracht. Binnen deze definitie vallen alle bedrijven die autobussen, vrachtauto's, trailers, treinen, boten en mobiele huizen (campers, caravans) bouwen. Behalve deze bedrijven komen ook de leveranciers en producenten van producten, die voor voortbeweging worden gebruikt, ter sprake, zoals bijvoorbeeld een producent van daksystemen en afgeleide producten zoals schaatsen.

### Lijmen voor structurele verbindingen

Dit artikel behandelt twee grote groepen lijmen (een indeling die natuurlijk voor discussie vatbaar is):

**Stijve lijmen** Dit zijn bijvoorbeeld epoxylijmen (1 en 2 component), polyurethaanlijmen (2 component) en acrylaatlijmen (2 component). Deze worden vaak toegepast in hun twee-componentenvarianten voor gebruik bij kamertemperatuur. De 1-componentensystemen (zoals de epoxy-familie, vloeibaar en film) moeten worden verwarmd om de uiteindelijke eigenschappen te verkrijgen. De enkelvoudige lapnaadsterkte (ASTM D 1002) is in het algemeen in de orde van 20-40 MPa.

**Elastische lijmen** Dit zijn bijvoorbeeld polyurethaan (PUR) en silyl-gemodificeerde polymeren (MS polymeer en SPUR). Zij worden veelal aangebracht als 1-component vochtuithardende producten op kamertemperatuur. De 2-componenten versies worden geleverd in een mengverhouding van 1:1 tot en met 1:50 (booster technologie). De enkelvoudige lapnaadsterkte (ASTM D 1002) ligt rond de 1-5 MPa.

De keuze van de structurele lijm wordt voornamelijk bepaald door hoe een voertuig wordt samengesteld. In dit artikel wordt het woord structurele lijm gekoppeld aan toepassingen waarin de lijm de belangrijkste schakel is om de afzonderlijke delen bij elkaar te houden. Als er al andere verbindingstechnieken worden gebruikt, dan zijn deze alleen noodzakelijk om de delen bij elkaar te houden gedurende het uitharden van de lijm. Binnen de verschillende lijmgroepen kan de open tijd worden beïnvloed door de formulering van het product. Een goed voorbeeld is de productie van sandwichplaten. Bedrijven eisen open tijden en perstijden die afhankelijk zijn van de grootte en de hoeveelheid panelen, die gemaakt moeten worden. Op basis van de 2-componenten PUR-technologie kunnen open tijden worden bereikt van enkele minuten tot 6 uur. Daarnaast kunnen er klemtijden worden gehaald in de orde van een minuut (speciaal klemgereedschap) tot 12 uur voor het uitharden in een vacuümpers.

De aanvangssterkte (na samenbrengen van de delen) en de snelheid van doorharden zijn belangrijke parameters, die invloed hebben op de minimaal noodzakelijke klemtijd in de productie en voor de veilige wegrijtijd in het geval van een ruitreparatie van een voertuig. Bij elastische lijmen kan dit bereikt worden door het zodanig formuleren van producten, dat de reologie wordt ingesteld op een lage viscositeit bij hoge afschuifsnelheden (verspuiten/aanbrengen van het product) en een hoge viscositeit bij zeer lage afschuifsnelheden (weerstand tegen zakken). Op deze manier wordt een hoge aanvangssterkte van de verbinding bereikt.

### Voorbehandelingen

Wanneer, waarom en hoe uitgebreid moet de voorbehandeling zijn voor een bepaalde toepassing en hoe beïnvloedt de keus van de lijm deze noodzakelijke voorbehandeling?

Wanneer een voorbehandeling voor een bepaalde toepassing moet worden gekozen, dan is dit voor een groot deel afhankelijk van de lijmkeuze. Een goed voorbeeld is de keuze van epoxy-lijmfilm voor de luchtvaartindustrie. Deze lijmtypen kunnen gemakkelijk afschuifsterkten bereiken in de orde van 40 MPa. Dit betekent dat de substraten, de oxidelagen en primerlagen een sterkte moeten bezitten van minimaal 40 MPa om voor de totale verbinding deze sterkte te bereiken, om de lijm optimaal te kunnen gebruiken. Anodiseren van aluminium is zodoende noodzakelijk, niet alleen om corrosiebescherming te bieden, maar ook vanuit het oogpunt van sterkte van de verlijmd verbinding. In het geval dat een elastisch lijmsysteem als beste oplossing voor een bepaalde toepassing wordt gekozen, dan is de noodzakelijke sterkte van onder andere oxide- en primerlagen veel geringer. Dit zou de mogelijkheid kunnen geven om een veel goedkopere voorbehandeling toe te passen.

### Schaatsen

Een echt Nederlands voorbeeld waarin de al eerder genoemde punten samenkomen in één toepassing, is de schaats. In het algemeen wordt het schaatsblad aan het frame gelast. Zo lang er maar relatief goedkope staaltypen worden gebruikt, kan lassen een optie zijn. Hierbij staat het risico dat het blad niet recht blijft; het kan kromtrekken door verschil in uitzetting. Het compleet vlak blijven van het blad is een absolute noodzaak om tot snelle tijden op het ijs te komen. Om kromtrekken te

*In het algemeen wordt het schaatsblad aan het frame gelast. Bij lichtgewicht schaatsen is lijmen beter. Voorwaarde is voorbehandelen en lijmen zorgvuldig worden uitgevoerd.*



voorkomen moet de fabrikant veel investeren in klemgereedschappen en speciale lasgereedschappen. Het uitvalpercentage kan groot zijn indien deze gereedschappen niet goed functioneren. Er ontstaat een probleem met de zoiest genoemde verbindingstechniek, indien schaatsen van lichtgewicht materialen worden gemaakt, die in het algemeen niet of zeer moeilijk lasbaar zijn. In de afgebeelde schaats is een combinatie gebruikt van een aluminium extrusie en een blad van een nieuw type staal: poederstaal dat onder extreem hoge druk is samengeperst. Behalve gewichtsverlaging was er ook het streven om de torsiestijfheid te verhogen. In principe geldt dat een hoge stijfheid leidt tot een betere afzet en tot snellere tijden. Het gebruik van lijm werd gezien als de enige mogelijkheid om deze bijzondere materialen met elkaar te verbinden en zowel contactcorrosie als kromtrekken van het blad te voorkomen. Het laatste punt leidde tot de keus voor een lijm die op kamertemperatuur kan uitharden. Als gevolg van de stijfheidseis werd gekozen voor een 2-componenten epoxylijm die bij kamertemperatuur uithardt. Het stalen blad wordt in het aluminiumprofiel gelijmd. Dit is niet de ideale lijmsituatie, omdat de lijm in het extrudaat wordt gedrukt en men dus niet kan zien of de verbinding geheel gevuld is met lijm (aan beide zijden van het blad). Indien dit niet geval is, kan er corrosie ontstaan. De laatste eis heeft vooral gevolg voor de te gebruiken viscositeit van de lijm. Als de viscositeit te laag is, loopt de lijm uit het aluminium profiel. Als de viscositeit te hoog is, kan het blad niet of moeizaam in aluminium profiel worden gedrukt.

In deze toepassing is een voorbehandeling voor beide materialen noodzakelijk. De voorbehandeling bepaalt de duurzaamheid van de verlijmd verbinding, zeker in het geval van de schaats, die voor, tijdens en na het gebruik blootstaat aan extreme omgevingscondities zoals water, ijs, lage en hoge temperatuurschokken. De eerste serie verlijmd schaatsen vertoonde hechtingsproblemen (onder andere als gevolg van corrosie) in de neus van de blad/profielverbinding, die hoge mechanische belastingen ondergaat. Dit probleem leidde tot een andere keus en procedure voor de voorbehandeling en voor de conservering. Het aluminium is eerst gereinigd in een alkalisch bad en vervolgens geëtd in een mengsel van chroom en zwavelzuur. Daarna is door spuiten een chromaathoudende primer (1 uur uitharding op 120°C) aangebracht, die goed functioneerde in combinatie met de gekozen lijm en met de poedercoating, die op de buitenkant van het aluminiumprofiel werd aangebracht. Het blad zelf was gepolijst voordat de samenbouw plaatsvond. Deze voorbehandeling is vervolgens gebruikt als eerste stap om de helft van het blad te voorzien van de primer (door dippen). Dit voorbehandelde deel wordt vervolgens in het profiel geplaatst.

### Schuifdak

Deze toepassing betrof het verlijmen van glas op een KTL gelakt metalen frame. Aanvankelijk werd een zeer stijve en harde 2-componenten acrylaatlijm gebruikt. Dit leidde er echter toe dat het schuifdak niet voldeed aan de slagvastheidseisen van de afnemer. Het totale systeem was te stijf en dat leidde tijdens proeven tot vroegtijdige breuk. Vervolgens zijn verscheidene alternatieven geëvalueerd, zoals elastische lijmen op basis van 2-componenten MS Polymeer en op basis van 2-componenten PURlijm (elastische en stijve varianten). De randvoorwaarden voor het project waren onder andere:

- bestandheid tegen hoge temperaturen (120°C gedurende minimaal 2 uur) zonder delaminatie door spanning

gen in de verbindingen als gevolg van verschillen in thermische uitzetting;

- het lijmsysteem moet binnen 5 minuten tot een hanteerbaarheidsterkte leiden
- het lijmsysteem moet hechten op keramisch gecoat glas (zwarte print op de rand van het glaspaneel) en op KTL gelakt staal.



*Bij dit schuifdak is het glas op het gelakt metalen frame gelijmd. De lijm moest bestand zijn tegen temperaturen tot 120°C.*

Alle gekozen lijmsystemen voldeden aan de randvoorwaarden. De elastische lijmen voldeden zonder enig probleem aan de slagvastheidseisen, maar bij testen tijdens zeer hoge snelheden (tot 240 km per uur) vertoonde de verlijmdde verbinding teveel beweging. Dit leidde tot een aanzienlijke verhoging van het geluidsniveau in de auto. De stijve 2-componenten PUR-lijm voldeed tijdens rijproeven aan de eisen ten aanzien van het geluidsniveau. De slagvastheid was verbeterd ten opzichte van de 2-componenten acrylaatlijm, maar voldeed nog steeds niet aan de klantspecificaties. Op basis van deze resultaten zat er niets anders op dan het frame zelf aan te passen.

### Trailer

In de trailerbouw komen veel lijmtoeepassingen voor, bijvoorbeeld bij het maken van sandwichpanelen. Deze platen moeten een goede isolatiewaarde hebben en vanwege het ontbreken van een frame zeer stijf zijn. Dit alles bij een zo laag mogelijk gewicht en zo dun mogelijke plaat. Voor het samenstellen van de sandwichpanelen worden meestal een 2-componenten PUR-lijm gebruikt om polyster, hout en schuim met elkaar te verbinden. In enkele gevallen wordt een 2-componenten epoxylijm gebruikt om de panelen te verlijmen. Voor de trailers zijn drie typen profiel gebruikt: GVK, aluminium en staal.



*Met op MS polymeer gebaseerde lijm in elkaar gelijmdde trailer.*

Deze profielen hebben uiteenlopende vormen. Bijna iedere carrosseriebouwer gebruikt zijn eigen speciaal voor hem gemaakte profielen.

Bij overschakeling op een nieuw profiel is het, in verband met de minimaal noodzakelijk laagdikte voor het lijmen, aan te raden om de afstandhouders in het profiel te integreren. In het verleden werd voornamelijk 2-component PUR-lijm gebruikt om L-profielen te verlijmen op de hoeken van de sandwichplaten. Hierbij ontstonden soms problemen, zoals het gedeeltelijk delamineren van de profielen. Na inspectie van een aantal schadegevallen bleek dat alleen bij bepaalde materiaalcombinaties af en toe

problemen optraden. De kritieke combinatie betrof het lijmen van aluminium hoekprofielen op polyester substraten (buitenzijde van de meest gebruikte sandwich platen), waarbij een 2-componenten PUR-lijm werd gebruikt. Het verschil in thermische uitzetting tussen het aluminium en het glasvezelversterkte polyester is aanzienlijk. Dit leidt tot grote inwendige spanningen, die toenemen naarmate de buitentemperatuur stijgt. De kleur van de trailer (bijvoorbeeld zwart) kan deze spanningen in de lijmverbinding nog verder laten toenemen. De relatief dunne lijm-laag in combinatie met de te verlijmen materialen was de hoofdoorzaak van de geconstateerde problemen. Sinds de 2-componenten PUR-lijm is vervangen door een op MS polymeer gebaseerde elastische lijm, zijn er geen problemen meer geconstateerd door het verschil in uitzetting tussen de te lijmen materialen, mits er aluminium hoekprofiel werd gebruikt. Bijkomend voordeel was, dat een 1-staps voorbehandeling voldoende was om een duurzame verbinding te bereiken.

### Autobus

Ook autobusonderdelen worden aan elkaar gelijmd met elastische of juist stijve lijmen. Dit geldt bijvoorbeeld voor de zijbeplating en het stalen frame. Materialen die hiervoor worden gebruikt zijn glasvezelversterkt polyester, onbehandeld staal, voorgelakt staal, roestvaststaal en aluminium. Om een bepaald type beplating te verlijmen kunnen zowel elastische als stijve lijmen worden gebruikt.



*Voor het in elkaar lijmen van autobussen worden zowel elastische als stijve lijmen gebruikt.*

Een stijve lijm is alleen bruikbaar wanneer de metalen plaat is voorgespannen door de uiteinden van de plaat voorgespannen te lassen of te nagelen, zodat de lijm tijd heeft om zijn sterkte op te bouwen. De voorspanning moet genoeg zijn om de spanningen door thermische uitzetting te compenseren. Hierdoor blijft de beplating ook bij hoge buitentemperaturen vlak. Als de plaat spanningsvrij wordt verlijmd, zal hij door de hoge sterkte van de lijm waarschijnlijk niet delamineren. Toch moet de uitzetting van het materiaal ergens blijven: bij verhoogde temperatuur trekt de plaat krom tussen het frame, daar de verbindingpunten weinig tot geen beweging toelaten. Het achterliggende frame zal zich duidelijk aftekenen in de buitenbeplating. Het gebruik van een elastische lijm kan dit probleem waarschijnlijk voorkomen, indien de verbinding de juiste geometrie en dus de juiste overlap en laagdikte heeft. Een dunne laag elastische lijm zal een relatief stijve verbinding tot gevolg hebben. Met andere woorden: er is een minimale laagdikte nodig die de verwachte bewegingen opvangt. In het geval van een glasvezelversterkte buitenplaat zijn alleen elastische lijmen bruikbaar.

## Conclusies

De keuze van het te gebruiken lijmsysteem hangt grotendeels samen met de fabricage van het product en de uiteindelijke functie van de verbinding. Voor bijna elke verbinding in de transportindustrie is een geschikte lijm leverbaar. Essentieel is dat lijmproducenten en lijmleveranciers in een vroeg stadium betrokken raken bij nieuwe projecten en dat lijmen niet alleen als opvulmateriaal worden gezien.

Er zijn veel voorbeelden bekend van materialen die op basis van inkoopargumenten werden gewijzigd en vervolgens extra kosten met zich meebrachten omdat er eens geen hechting meer plaatsvond. Alleen het gebruik

## Opleiding

*Lijmen kan alleen een belangrijke verbindingstechniek zijn en blijven door serieuze behandeling en uitvoering. Dit houdt in dat de ontwerp-, de productie- en de kwaliteitsafdeling de noodzakelijke opleidingen en trainingen moeten volgen. In Nederland zijn er maar een paar organisaties die kennis op het gebied van lijmen overdragen:*

- de Sectie Hechting van de Bond voor Materialen organiseert gemiddeld twee themadagen per jaar
- het Microcentrum in Eindhoven organiseert eenmaal per jaar een themadag en verzorgt daarnaast interne bedrijfs cursussen
- het Hechtingsinstituut van de TU Delft verzorgt cursussen en zet testprogramma's op om hechtingsproblemen te achterhalen en certificatieproeven te doen
- TNO voert (certificatie)testen uit

van dure primers kan dan nog de duurzaamheid van de verbinding garanderen. Het eindresultaat heeft veelal een hogere in plaats van lagere kostprijs van het product tot gevolg. Het in een vroeg stadium beschikbaar stellen van nieuwe materialen voor het doen van hechtingsproeven kan dit soort problemen veelal voorkomen.

Een laatste opmerking betreft de voorbehandeling. Het doel moet zijn om tot een minimaal aantal stappen te komen, omdat met elke stap extra ook het risico van fouten en problemen toeneemt. Feit is (voorlopig) dat er altijd minimaal één gecontroleerde stap moet worden uitgevoerd om een constante kwaliteit van de verbinding te garanderen. De verantwoordelijkheid kan bij een toeleverancier liggen, maar moet duidelijk vastliggen.

## Referentie

1. Toward a new durable and environmentally compliant adhesive bonding process for aluminium alloys, R. Oosting, Structures and Materials Laboratory, Faculty of Aerospace Engineering, Delft University of Technology, 1995.

**Dr.ir. Richard Oosting**  
**Dekalin BV, Bergeijk**  
**telefoon 0497 551 080**  
**info@dekalin.de**