



INTRODUCTIE: ALGEMENE INFORMATIE OVER LIJMTECHNIEKEN

De structuur van een technologie is als iedere andere structuur: eerst worden de fundamenten gelegd. De fundamenten van lijmtechnologie zijn: een goede planning en een diepgaande kennis van de materialen die worden gebruikt.

Afb. 1:
De krachten in een lijmver-
binding.

2.1 Algemene informatie over lijmtechnieken

Omdat lijmen vanaf het begin als een industriële verbindingsmethode werd gezien naast lassen, solderen, klinken, etc. is er veel werk verzet op het gebied van onderzoek, ontwikkeling en techniek om de belangrijkste parameters voor succesvol lijmen te evalueren. Dit hoofdstuk leidt u door de basisprincipes van de lijmtechnologie, met als doel u de terminologie op het gebied van de lijmtechniek uit te leggen en een gemeenschappelijke kennisbasis te leggen voor de volgende hoofdstukken.

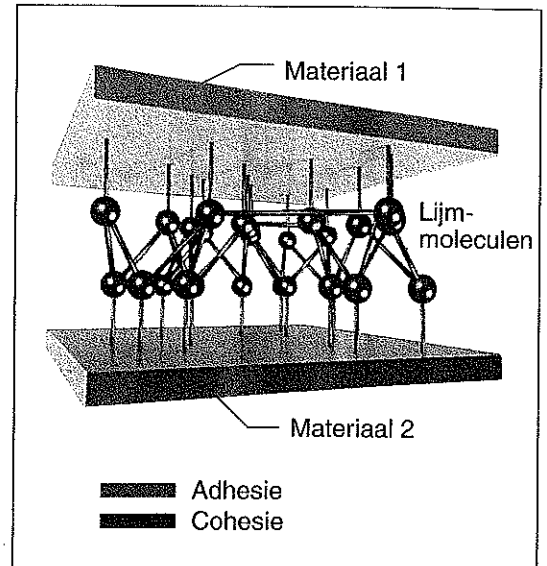
2.1.1 De lijmverbinding

Lijmen zijn verbindingen tussen oppervlakken die uit verschillende substraten bestaan en die uit dezelfde of van elkaar verschillende materialen kunnen zijn opgebouwd. De sterkte van de lijm wordt beïnvloed door twee factoren, te weten:

- De sterkte van de hechting van de lijmlaag aan de lijmvlakken - genaamd adhesiesterkte; en
- De sterkte van de lijmlaag - genaamd cohesiesterkte (zie afbeelding 1).

2.1.2 Adhesie

„Adhesie“ is de sterkte van de hechting van de lijmlaag aan de lijmvlakken van twee materialen. De fysische aantrekkings- en absorptiekrachten, die samen worden beschreven als



de „Van der Waals krachten“, zijn de belangrijkste factoren voor hechting. Het bereik van deze intermoleculaire krachten is aanzienlijk lager als het lijm materiaal niet in direct contact komt met de te lijmen delen, bvb. door de relatieve ruwheid van mechanisch bewerkte oppervlakken. Dit is de reden waarom de lijm zo volledig mogelijk moet doordringen in het opgeruwde oppervlak en het volledige oppervlak moet bevochtigen. De sterkte van de lijmkracht hangt dus af van zowel de bevochtiging van het oppervlak (om de grootste intermoleculaire uitwisseling te realiseren) en de adhesie-eigenschappen van het oppervlak. Bij een gegeven oppervlaktespanning van de lijm hangt de bevochtiging af van de oppervlakte-energie van het substraat en de viscositeit van de lijm. De bevochtiging kan ook worden beperkt als er oppervlakcontaminanten zijn.

2.1.3 Cohesie

„Cohesie“ is de overheersende kracht tussen de moleculen binnen een lijm die het materiaal samen houdt. Tot deze krachten behoren:

- intermoleculaire aantrekkingskrachten (Van der Waals krachten) en
- de onderlinge vernetting van de polymeermoleculen zelf

Volgens de regel dat een keten slechts zo sterk is als de zwakste schakel moeten de krachten van adhesie en cohesie in een gelijkjnde verbinding ongeveer even groot zijn.

2.2 De uithardingseigenschappen van de lijmen van Loctite

De meeste lijmen van Loctite zijn reactieve polymeren. Deze veranderen van vloeibare vorm naar vaste vorm als gevolg van verschillende chemische polymerisatiereacties. Loctite heeft talloze lijmen ontwikkeld met speciale uithardingseigenschappen voor specifieke situaties. Men kan lijmen verdelen in de volgende groepen, afhankelijk van hun uithardingseigenschappen:

- anaërobe reactie
- blootstellen aan ultraviolet (UV) licht (ook secundaire uithardingsoptie)
- anionische reactie (Cyanoacrylaten)
- activeringssysteem (gemodificeerde acrylaten)
- vochtuitharding (siliconen, urethaan)
- warmteuitharding (epoxy)

2.2.1 Lijmen die harden door anaërobe reactie

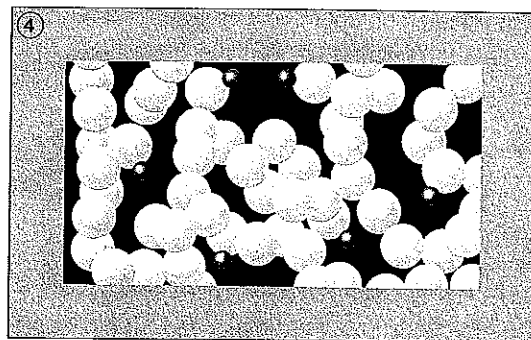
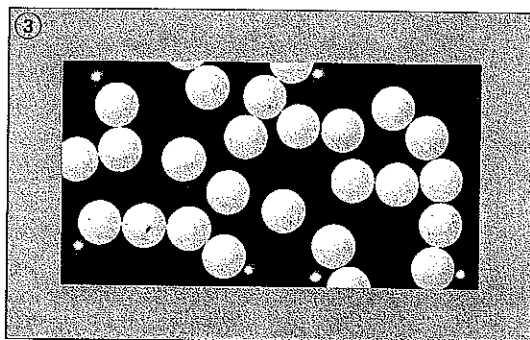
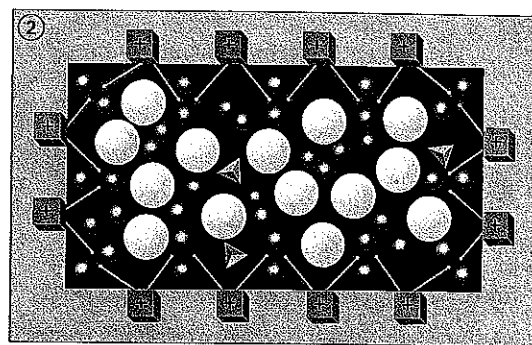
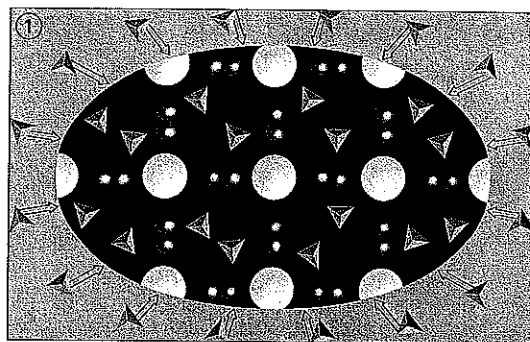
Anaërobe lijmen zijn één-component materialen die bij kamertemperatuur harden als ze van zuurstof worden uitgesloten. De uithardende component in de vloeistof blijft inactief zolang er nog contact is met atmosferische zuurstof. Als de lijm daar niet meer mee in contact komt, bv. doordat de delen in of op elkaar passen, zal de uitharding snel plaatsvinden - met name bij simultaan contact van metalen. Men kan de harding als volgt zien: wanneer de atmosferische zuurstof verdwijnt, worden er vrije radicalen gevormd en onder invloed van de metaalionen (Cu, Fe) starten deze vrije radicalen het polymerisatieproces (zie afbeelding 2).

Door het capillaire effect van de vloeibare lijm verspreidt het zich tot zelfs in de kleinste ruwheden en vult het de hele verbinding. De uitgeharde lijm past dan als een „verankerende sleutel“ in het opgeruwde oppervlak van de delen. Hierdoor worden cilindrische delen samengehouden. Het uithardingsproces wordt ook bevorderd door het contact tussen de lijm en de metaaloppervlakken, die als katalysators fungeren (zie afb. 3). Passieve materialen hebben slechts weinig of geen katalyserend vermogen, waardoor er activatoren nodig zijn voor een snelle, totale uitharding. In dit geval wordt de vloeibare activator toegepast op één of beide te lijmen oppervlakken voordat de lijm wordt aangebracht. Er hoeven geen componenten te worden gemengd en u hoeft zich geen zorgen te maken over de vraag of de resten wel goed blijven.

2 INTRODUCTIE

Afb. 2: Het uithardingsproces van lijmen die uitharden door anaëroobe reactie: in vloeibare vorm (1) wordt de lijm stabiel gehouden door een voortdurende toevoer van zuurstof. Als de lijm wordt opgesloten in de verbindingruimte en wordt afgezonderd van de zuurstoftoevoer (2) worden de peroxyden veranderd in vrije radicalen door een reactie met de metaal ionen. De vrije radicalen beginnen daarop met de vorming van polymerenketens (3). In uitgeharde vorm (4) is een solide structuur te zien met „onderling gekoppelde“ polymerenketens.

- = peroxyden
- ▲ = zuurstof
- = vrije radicalen
- = monomeren
- = metaal ionen



Afb. 3: De invloed van passieve en actieve materialen op de anaëroobe uitharding.

Lijmen die anaeroob uitharden hebben de volgende kenmerken:

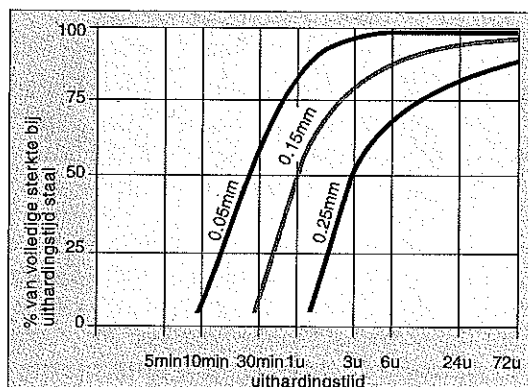
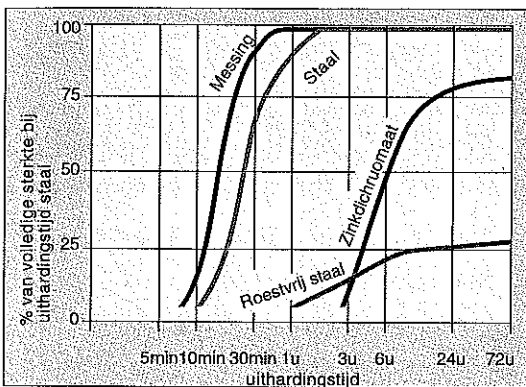
- zeer grote afschuifsterkte
- temperatuurbestendig (van -55 °C tot max. $+230\text{ °C}$)
- snelle uitharding
- eenvoudig te doseren met doseerautomaten
- afwerking van de delen op micro-niveau niet nodig; ruwheid tussen 8 en $40\text{ }\mu\text{m}$ acceptabel
- gelijktijdige afdichting met zeer goede chemische weerstand
- goede weerstand tegen trillingen
- goede weerstand tegen dynamische belasting

Actieve materialen Snelle uitharding	Passieve materialen Langzamere uitharding*
Messing	Anodische coatings
Brons	Aluminium
Koper	(met laag Cu. gehalte)
IJzer	Keramik
Staal	Chromaatlaag
	Glas
	Hooggelegerd staal
	Nikkel
	Oxyde laag
	Kunststof
	Zilver
	Roestvrij staal
	Tin
	Zink

* Gebruik activator voor een snelle uitharding

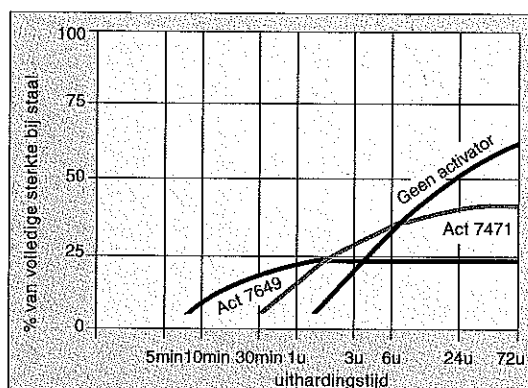
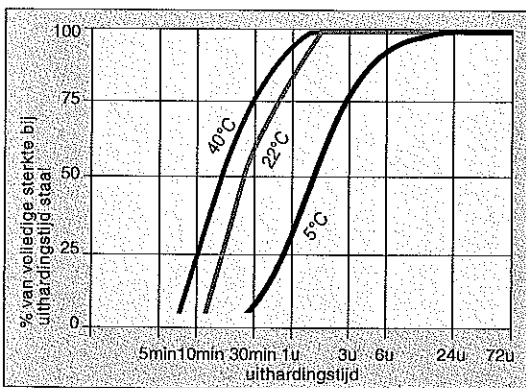
De uitharding, en met name de uithardingsnelheid van anaërobe producten wordt hoofdzakelijk beïnvloed door:

- de te lijmen substraten (afb. 4)
- de speling tussen de delen (afb. 5)
- de temperatuur (afb. 6)
- de activator (afb. 7)



Afb. 4, links:
Uithardingsnelheid versus substraten

Afb. 5, rechts:
Uithardingsnelheid versus lijnruimte



Afb. 6, links:
Uithardingsnelheid versus temperatuur

Afb. 7, rechts:
Uithardingsnelheid versus activator

2 INTRODUCTIE

Typische toepassingen van anaeroben

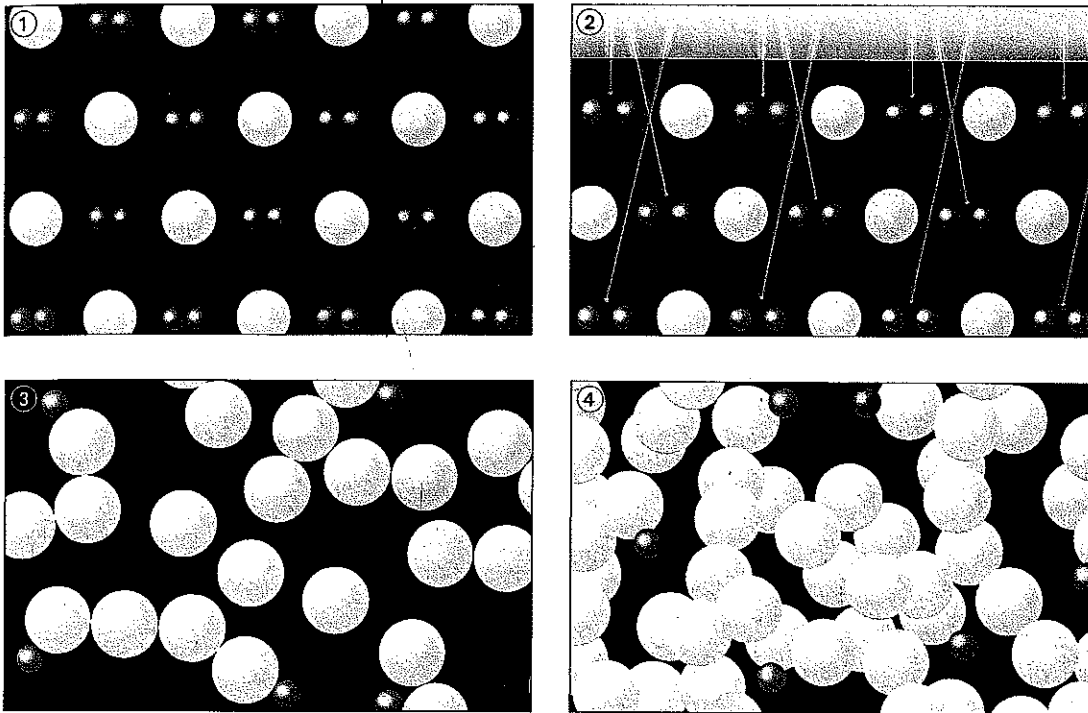
Toepassing	Loctite-product	Activator (Optie)
Schroefdraadborging	222, 243, 262, 2701, 272, 290	Voor het bevorderen van het uithardingsproces van anaërobe producten kunnen de activators 7471 en 7649 worden gebruikt
Schroefdraadafdichting	545, 577	
Flensafdichting	510, 5205, 5206	
Lijmen van cilindrische delen	603, 620, 641, 661	
Lijmen	366	

2.2.2 Lijmen die worden uitgehard met ultraviolet (UV) licht

De uithardingstijd van deze lijmen is afhankelijk van de intensiteit en de golflengte van het UV-licht. Voor de polymerisatie met UV-licht is altijd een exacte coördinatie nodig van het product en de bron van de UV-straling. De fotoinitiators worden door de UV-straling gesplitst. De vrije radicalen die hierdoor worden gevormd starten de polymerisatie (zie afbeelding 8). De ultraviolette uithardingssystemen van Loctite stralen een spectrum uit dat optimaal is aangepast aan de uithardingseigenschappen van Loctite-producten.

De eisen met betrekking tot het UV-uithardingsproces kunnen in drie groepen worden verdeeld:

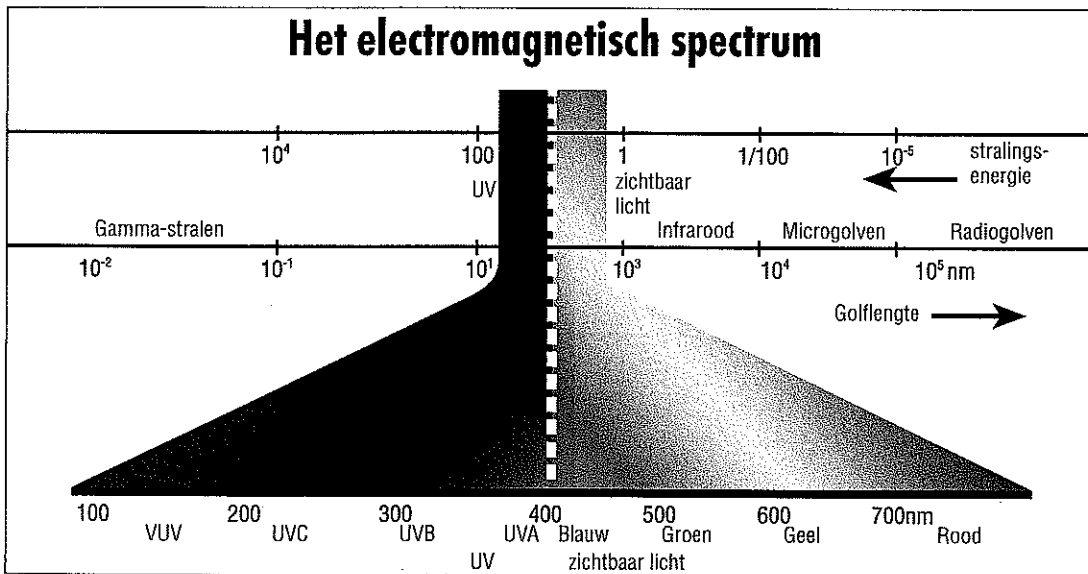
- diepteharding door UV-straling
- oppervlakteharding door UV-straling
- secundaire uithardingssystemen



Afb. 8: Lijmen die worden uitgehard met ultraviolet (UV) licht: in vloeibare vorm (1) coëxisteren monomeren en fotoinitiators zonder met elkaar te reageren. Bij blootstelling aan UV-licht (2) veranderen de fotoinitiators in vrije radicalen. De vrije radicalen starten de vorming van monomeerketens (3). Onderling verbonden ketens in hun huidige staat (4).

- = fotoinitiators
- = vrije radicalen
- = monomeren

Afb. 9: Electromagnetisch spectrum. Deze grafiek geeft een overzicht van de soorten stralingsenergie en de daarbij behorende golflengtes die het elektromagnetische spectrum vormen.



2 INTRODUCTIE

Diepteharding

Ultraviolette systemen die licht met een hoge intensiteit uitstralen in het golflengtebereik van 300-400 nanometer (nm; langere UV-golflengtes, UVA-licht) geven een betere diepteharding (zie afbeelding 10).

Oppervlakteharding

Oppervlakteharding is met name belangrijk bij lijmen of verbinden met UV-materialen. Bij gebruik van ongeschikte UV-lampsystemen kan het gevolg een kleverige oppervlakte zijn. Om dit te voorkomen moet de bron van de UV-straling een hoge intensiteit voortbrengen in het bereik onder 280 nm (UVC-licht). Dit is zeer effectief bij het voorkomen van de ongewenste reactie van het lijmoppervlak met atmosferische zuurstof, wat de uitharding van het product op

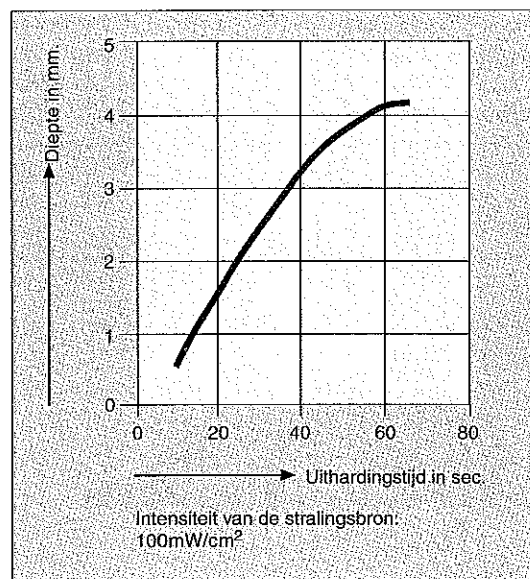
het oppervlak bemoeilijkt (zie afbeelding 11). Het stralingsspectrum van de 'high energy' ultraviolette lichtsystemen van Loctite garanderen een betrouwbare uitharding zonder dat er een kleverig oppervlak achterblijft.

Harding door secundaire elementen

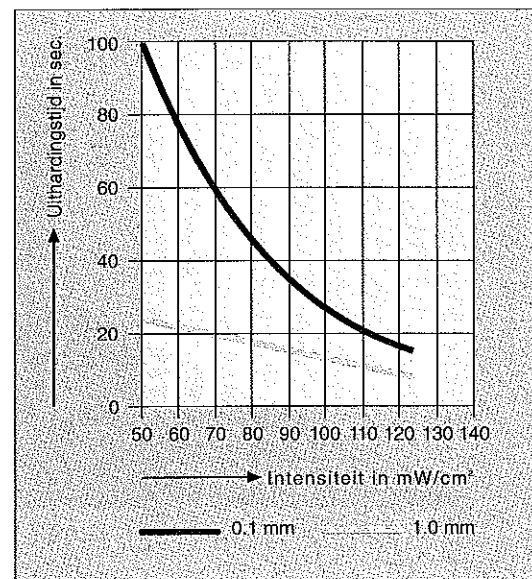
In talloze applicaties bereikt het UV-licht niet alle gebieden waarop de lijm is aangebracht. Daarom heeft Loctite lijmen met secundaire uithardingselementen ontwikkeld voor gebieden die niet worden blootgesteld aan de UV-straling:

- anaërobe uitharding
- warmte-uitharding
- luchtvochtigheid
- activatoren

Afb. 10, links:
Typisch uithardingsgedrag
van UV-producten tijdens
diepteuitharding.



Afb. 11, rechts:
Typisch uithardingsgedrag
van UV-producten tijdens
oppervlakteuitharding.



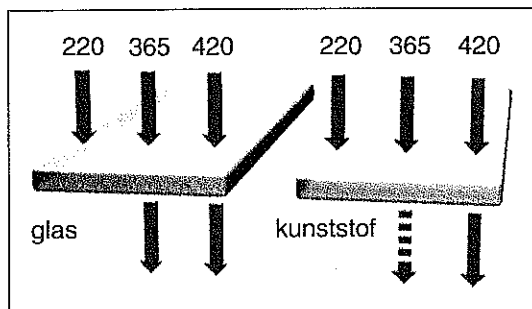
Lijm	Optimale Golflengte voor oppervlak uitharding	Optimale Golflengte voor Doorharding		Secondair uithardingssysteem						
		UVC-licht	UVA-licht	zichtbaar licht	anaeroob	verwarming	omgevingsvochtigheid	7471	7649	7380
322	x	x								
366	x	x		x	x		x	x		
394 A/B	x	x								
661	x	x		x	x		x	x		
3016	x	x			x					
3491	x	x								
3103	x		x							
3106	x		x							
3608	x	x			x					
3920	x	x								x
5088	x	x				x				
5091	x	x				x				
5293	x	x				x				
5960	x	x								

Zoals reeds eerder is uitgelegd, is de uitharding van de UV-lijmen afhankelijk van de juiste golflengte en de intensiteit op de bindingslijn. Daarom is de UV-transparantie van de verschillende substraten (zie afb. 12) een belangrijk selectie criterium voor de meest geschikte lijm. Voor te lijmen delen die zijn gemaakt van PC

(Polycarbonaat), PVC (Polyvinylchloride) of soortgelijke materialen zijn 'zichtbare licht-uithardende lijmen' ontwikkeld. Deze lijmen kunnen uitharden met UVA-licht, maar ze harden beter uit bij blootstellen aan licht met een hoge intensiteit van rond de 420 nm (zichtbaar licht).

2 INTRODUCTIE

Afb. 12:
UV-transparantie van glas
en kunststoffen.



Lijmen die door UV-licht worden uitgehard, hebben over het algemeen de volgende kenmerken:

- erg sterk
- goed vermogen om lege ruimtes op te vullen
- zeer korte uithardingstijden voor optimale sterkte
- goede tot zeer goede omgevingsweerstand
- doordat het gaat om één-component lijmen, goede doseercapaciteit bij automatische applicatiesystemen

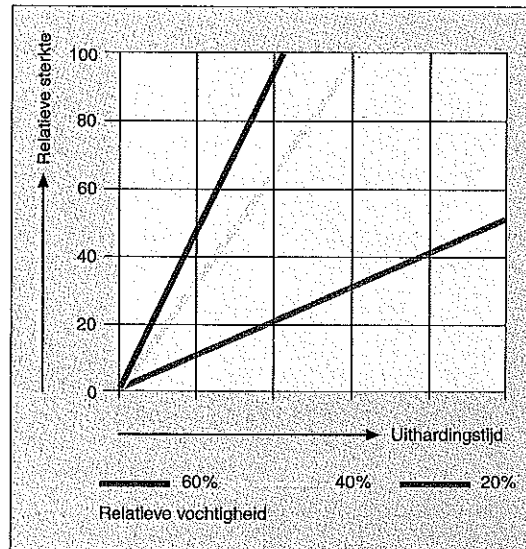
Typische toepassingen voor UV-uithardende lijmen en afdichtingen zijn:

Lijmen van glas op glas of op metaal	3491
Lijmen van transparante kunststoffen	322, 3103, 3106
Afdichten van elektronische componenten (bijv. relais)	3016
Lijmen van elektronica componenten op PCB's	3608
Conformeel afdichten van PCB's (elektronisch)	394, 5293
Afdichten/lijmen in toepassingen met hoge temperaturen	5088, 5091
Lijmen van metalen delen + uitharden overtollige lijm door UV voor snelle hechting	661
Lijmen van metalen- en kunststofdelen + uitharden overtollige lijm door UV voor snelle hechting	366, 3920

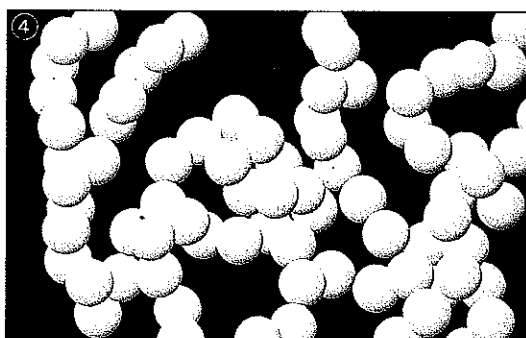
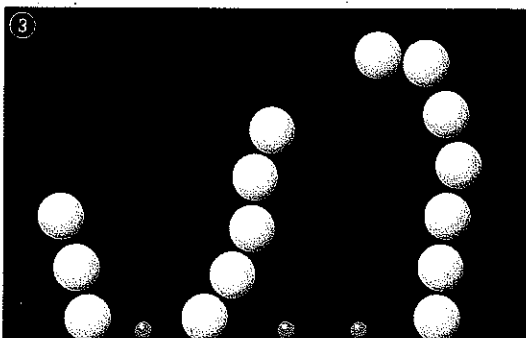
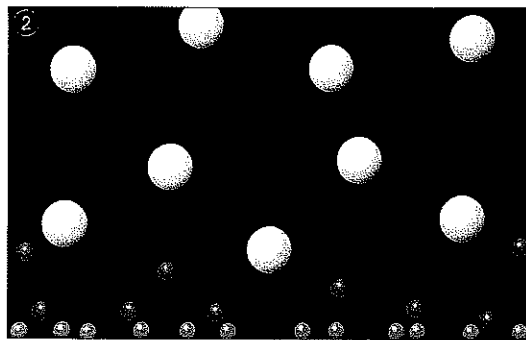
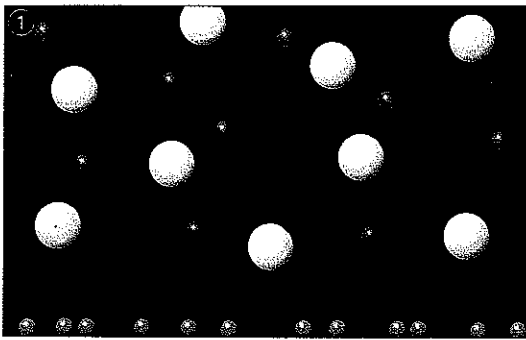
2.2.3 Lijmen die harden door anionische reactie (Cyanoacrylaten)

Eén-component cyanoacrylaatljmen polymeriseren bij contact met licht alkalische oppervlakken. Over het algemeen is de luchtvochtigheid op het te lijmen oppervlak voldoende om het uithardingsproces binnen een paar seconden te laten beginnen. De bevochtiging van het te lijmen oppervlak neutraliseert de stabilisator in de lijm. Daardoor vindt de polymerisatie plaats. Om de snelst mogelijke uitharding te bereiken in verband met een optimale sterkte van het eindresultaat is een minimale lijmlaagdikte wenselijk. De beste resultaten worden bereikt als de relatieve vochtigheid in de werkomgeving 40% tot 60% is bij kamertemperatuur. Een lagere vochtigheid leidt tot langzamere harding; een hogere vochtigheid versnelt de uitharding, maar kan nadelige gevolgen hebben voor de uiteindelijke sterkte van de verbinding (zie afbeelding 13).

Droge lucht heeft over het algemeen geen gevolgen voor de sterkte van de verbinding. Maar langere uithardingstijden vertragen de productie. Met behulp van een luchtbehandelings-systeem kunnen de vochtigheidsomstandigheden in de lijmwerkplaats optimaal worden gehouden. Zuurrijke oppervlakken (pH-waarde <7) kunnen het uithardingsproces vertragen of zelfs onmogelijk maken, terwijl alkalische oppervlakken (pH-waarde >7) de uitharding versnellen (zie afbeelding 14).



Afb. 13: Het uitharden van cyanoacrylaatlijmen als een functie van relatieve vochtigheid.



Afb. 14: Het uithardingsproces van cyanoacrylaatlijmen kan worden beschreven als: een zure stabilisator voorkomt dat de moleculen gaan reageren, waardoor de lijm vloeibaar blijft (1). Oppervlakvochtigheid neutraliseert de stabilisator (2), waarna het polymerisatieproces begint (3). Er worden een groot aantal polymeerketens gevormd, die onderling verbonden zijn (4).

- = zure stabilisator
- = oppervlakvochtigheid
- = monomeren

2 INTRODUCTIE

Na het aanbrengen van de lijm dienen de delen snel verbonden te worden, aangezien de polymerisatie reeds na een paar seconden begint. De toegestane open tijd is afhankelijk van de relatieve vochtigheid, de vochtigheid van de te lijmen oppervlakken en de omgevingstemperatuur. Als gevolg van de zeer snelle uithardingstijden zijn cyanoacrylaatlijmen met name geschikt voor het lijmen van kleine delen.

Cyanoacrylaatlijmen dienen met mate op slechts één oppervlak te worden aangebracht. Men krijgt de beste verbinding als er net genoeg lijm wordt aangebracht om de te lijmen ruimte te vullen.

Zoals hierboven is uitgelegd, hangt de uithardingsnelheid af van de vochtigheid op het te lijmen oppervlak. Om de uitharding te versnellen of om niet afhankelijk te zijn van de luchtvochtigheid kan men gebruik maken van activatoren. Ook overtollige lijmresten of een open

Activatoren voor Cyanoacrylaten:

Activator	Oplosmiddel	Uithardings-snelheid
7113	Heptaan	gemiddeld
7452	Aceton	snel
712	Isopropanol	zeer snel

druppel lijm (zoals bv. wordt gebruikt bij het lijmen van bedrading) kunnen binnen luttele seconden worden uitgehard met activatoren.

Cyanoacrylaatlijmen hebben over het algemeen de volgende kenmerken:

- zeer grote afschuifsterkte
- zeer snelle uitharding (hechting binnen een aantal seconden)
- bijna alle materialen kunnen worden gelijmd
- goede weerstand tegen veroudering

Typische toepassingen voor cyanoacrylaatlijmen zijn:

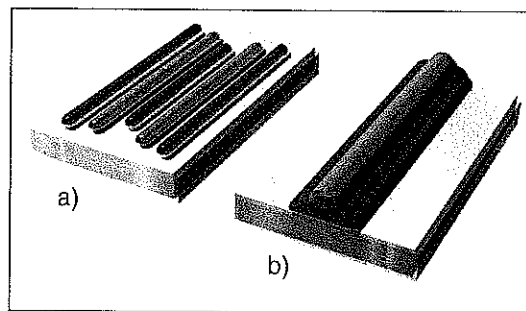
Algemene lijmtoeepassingen, met name poreuze substraten en licht alkalische oppervlakken	401
Algemene lijmtoeepassingen, met name moeilijk te lijmen kunststoffen, zeer snelle hechting	406
Algemene lijmtoeepassingen, hogere viscositeit voor beter vullen van de speling	411
Algemene lijmtoeepassingen, met name poreuze substraten, zeer goed vullen van de speling, gelvormig	454
Algemene lijmtoeepassingen, lage ontgassing, laag reukniveau, gebruikt waar optische kwaliteit zeer belangrijk is	460
Lijmen van ongelijksoortige materialen, zeer flexibele cyanoacrylaat, vaak gebruikt voor lijmen van metaal op kunststof	480
Lijmen van metaal op metaal of andere materialen	496
Lijmen van verschillende substraten, goede bestendigheid tegen veroudering door temperatuur en verwarming	4210

2.2.4 Lijmen die worden uitgehard met activatoren (gemodificeerde acrylaatlijmen)

Deze lijmen harden uit bij kamertemperatuur als ze samen met activatoren worden gebruikt. Afhankelijk van de lijm kunnen de lijm en de activator afzonderlijk worden aangebracht op de te lijmen oppervlakken of kunnen ze voor het aanbrengen worden voorgemengd in een statische mengbuis.

Er zijn lijmen die worden gebruikt met een activator met een lage viscositeit. Deze lijmen worden nooit voorgemengd. Lijm en activator worden altijd afzonderlijk aangebracht op de te lijmen oppervlakken. De lijm begint uit te harden als de twee delen worden verbonden.

Om de vloeibare activator te elimineren zijn er ook acrylaatlijmen beschikbaar waarbij de activator dezelfde consistentie heeft als de lijm. Het gaat hier om systemen uit twee delen waarbij lijm en activator afzonderlijk worden aangebracht, druppel naast druppel of druppel op druppel. Wanneer de te lijmen delen worden geassembleerd, wordt de lijm gemengd door de verbindende beweging. Als de gemengde lijm een houdbaarheid heeft van 5 minuten of meer, kan deze ook worden gebruikt met een stati-



Afb. 15: Afhankelijk van de toepassing kan methode a) of b) worden gekozen. In ieder geval dienen deel A en deel B van de lijm zodanig te worden aangebracht dat deze tijdens het verbinden worden gemengd.

sche mengbuis. Dit heeft het voordeel dat reeds voorgemengde lijm wordt gedoseerd en dat het mengen niet afhankelijk is van de verbindende beweging van de delen.

Gemodificeerde acrylaatlijmen hebben over het algemeen de volgende kenmerken:

- zeer grote afschuifsterkte en elastische sterkte
- goede schokbestendigheid
- groot bereik bedrijfstemperatuur (van $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ tot max. $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- bijna alle materialen kunnen worden gelijmd
- goed vermogen om spelingen te vullen (met name voorgemengd acrylaat)
- goede omgevingsbestendigheid

Typische toepassingen voor gemodificeerde acrylaatlijmen zijn:

Typische toepassingen	Product	Uithardingssysteem
Lijmen luidsprekers	3292 A/B	2 delen
Lijmen van magneten	3273 A/B	2 delen
Lijmen van magneten	3920	activator 7380 of 7387, extra UV-licht
Structureel lijmen	330	activator 7380 of 7387

2.2.5 Lijmen die uitharden door de omgevingstemperatuur

Deze lijmen/dichtingsproducten polymeriseren (in de meeste gevallen) door een condensatiereactie, waarbij onder andere een reactie met omgevingsvocht optreedt.

Twee algemene chemische typen vallen in deze categorie:

Siliconen:

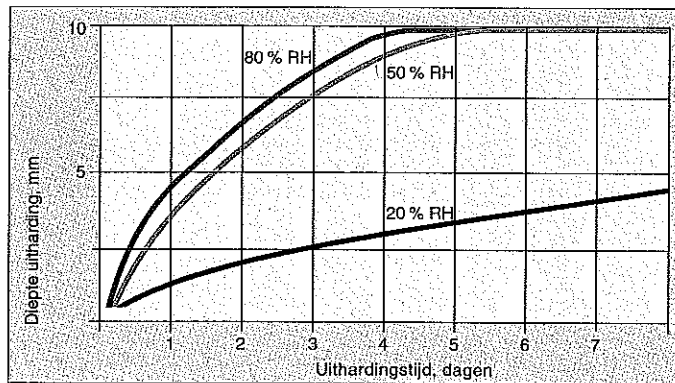
Deze materialen vulcaniseren bij kamertemperatuur door een reactie met de luchtvochtigheid (RTV; Room Temperature Vulcanising; Vulcaniseren bij kamertemperatuur). Vergeleken met de anionische reactie van de cyanoacrylaten, waarbij het vocht de stabilisator neutraliseert, gebruiken siliconen de watermolecuul voor vernetting. Dit betekent dat het vocht binnen de molecuul moet migreren naar de plaats waar de vulcanisatie plaats vindt. Als de watermolecuul

is geïntegreerd in de verbinding tussen de siliconenmoleculen komt een bijproduct vrij. Afhankelijk van de uithardingschemie kan het vrijkomende bijproduct zuurhoudend (bijv. ethaanzuur), basisch (bijv. amine) of neutraal (bijv. oxime of alcohol) zijn.

De uithardingsnelheid van deze lijmen hangt voornamelijk af van de relatieve vochtigheid.

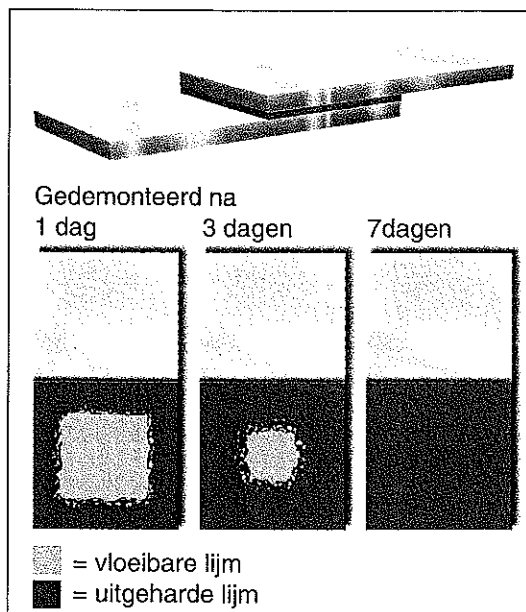
Als gevolg van de aard van het uithardingsproces vulcaniseren siliconen van de buitenzijde van de lijmnaad naar de binnenzijde. Door de noodzakelijke vochtmigratie naar de plaats van de vernetting is de diepte van de uitharding beperkt tot 10–15 mm.

Afb. 16:
Uithardingsnelheid versus
relatieve vochtigheid.



Siliconenelastomeren (of uitgeharde siliconen) hebben over het algemeen de volgende kenmerken:

- zeer goede thermische weerstand (tot max. 350 °C)
- flexibel, taai, hoge rek
- lage tot gemiddelde modulus
- effectieve afdichtingsproducten voor een groot aantal vloeistofsoorten
- zeer goed vermogen om spelingen op te vullen



Afb. 17:
Een typische verbinding,
gelijmd met siliconen.

Typisch toepassingen voor siliconen zijn:

Toepassing	Product	Extra uithardings-systeem
Flensafdichting en afdichting in de automobiellindustrie	5900, 5910, 5699, 5999	—
Afdichtingen in toepassingen met hoge temperaturen	5920	—
Afdichten en lijmen (met name kleine delen)	5088, 5091	Uitharding door UV-licht
Afdichten en opvullen van ruimtes (neutraal bijproduct)	5140	—
Coating van printed circuit boards	5293	Uitharding door UV-licht

2 INTRODUCTIE

Polyurethaanlijmen:

Polyurethaanlijmen worden gevormd door een proces waarin water (in de meeste gevallen) reageert volgens het polyadditie principe met isocyanaatgroepen. Net als bij siliconen moet de watermolecuul in de lijm migreren naar de plaats waar de vernetting plaatsvindt. Dit leidt tot hetzelfde uithardingsgedrag als bij siliconen, echter zonder dat er bijproducten vrijkomen. De uithardingssnelheid is net als bij het uithardingsproces van siliconen afhankelijk van de relatieve vochtigheid.

Polyurethaanlijmen hebben over het algemeen de volgende kenmerken:

- zeer goede hardheid
- flexibiliteit, grote treksterkte
- zeer goed vermogen om spelingen op te vullen
- kan na uitharding worden geschilderd
- zeer goede chemische bestendigheid

Voor de beste en meest duurzame adhesie wordt het gebruik van geschikte reinigingsmiddelen en primers (adhesieversterkers) aangeraden. Afhankelijk van het substraat dienen verschillende primers te worden gebruikt.

Typische toepassingen voor polyurethanen zijn:

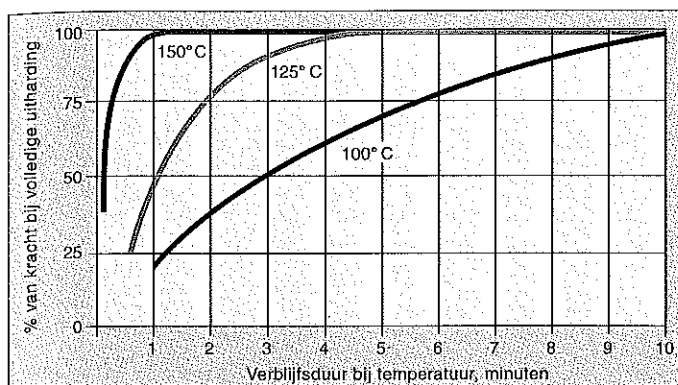
Toepassing	Product	Primers	Reinigingsmiddelen
Lijmen	3951	7251, 7252, 7253	7211
Afdichten	5221	7251, 7252, 7253	7211

2.2.6 Lijmen die door warmte harden

Lijmen die door warmte harden zijn over het algemeen één-componentlijmen. Typische voorbeelden zijn de epoxylijmen die door warmte harden. Deze bestaan voornamelijk uit hars en hardener. De uithardingstemperatuur is afhankelijk van de hardener. Een typische minimum uithardingstemperatuur is 100 °C.

De uithardingstijd heeft te maken met de uithardingstemperatuur. Hoe hoger de uithardingstemperatuur, hoe korter de uithardingstijd. Normaal gesproken is een minimumtemperatuur nodig om de hardener te activeren en het polymerisatieproces te starten.

Afb. 18:
Uithardingstijd versus temperatuur.



Naast de lijmen die puur door warmte uitharden, zijn er ook een aantal andere lijmen die warmte gebruiken als een extra uithardingsproces. Anaërobe lijmen hebben normaal gesproken een uithardingsproces dat op hitte reageert en snel werkt bij 120 °C.

De lijmen die door warmte uitharden hebben een groot aantal verschillende eigenschappen die voor een groot gedeelte afhangen van de basissamenstelling (bijv. epoxyharsen, methacrylaat).

Typische epoxyharsen die door warmte harden, hebben de volgende kenmerken:

- gemiddeld tot zeer sterk
- goede adhesie op een groot aantal substraten
- goed vermogen om speling op te vullen
- goede tot zeer goede omgevingsbestendigheid.

Typische toepassingen zijn:

Toepassing	Product	Uithardingsysteem
Chipbonding (electronica)	3609, 3611, 3612	uitharding door pure verwarming
Relaisafdichting	3016	verwarming + uitharding door UV-licht
Impregneren	Resinol 90 C	uitharding door pure verwarming
Schroefdraadborging, Schroefdraadafdichting, Flensafdichting, Lijmen van cilindrische delen	alle anaërobe lijmen en afdichtingen	verwarming/anaëroob
Lijmen	366	verwarming/anaëroob/uitharding door UV-licht

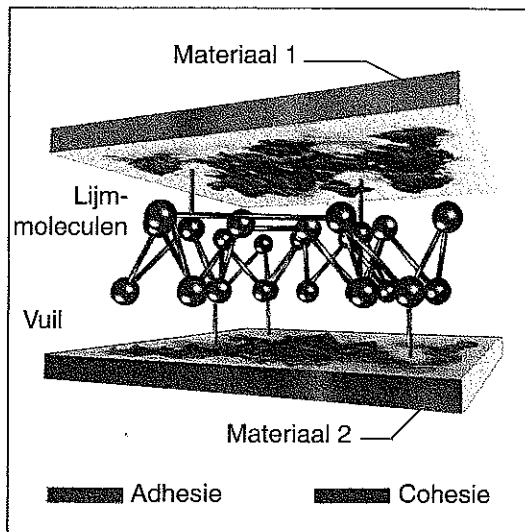
2.3 Voorbehandeling van de lijmvlakken

Een juiste voorbehandeling van de lijmvlakken is noodzakelijk voor een optimale hechting. De sterkte van de hechting wordt in hoge mate bepaald door de adhesie tussen de te lijmen oppervlakken en de lijm. Het is van belang te begrijpen dat lijmverbindingen sterker zijn naarmate de oppervlakken grondiger zijn gereinigd en voorbehandeld (zie afbeelding 19).

De adhesie wordt verbeterd door:

- het verwijderen van ongewenste vuilresten op het oppervlak door ontvetten of door mechanisch schuren.
- het opbouwen van een nieuw actief oppervlak door het aanbrengen van een coating met primers
- de activiteit van het oppervlak te wijzigen door middel van etsen, de Corona techniek, een behandeling in plasmakamers, etc.

Afb. 19, links: Vervuiling van de oppervlakken van de substraten beperkt het adhesievermogen.

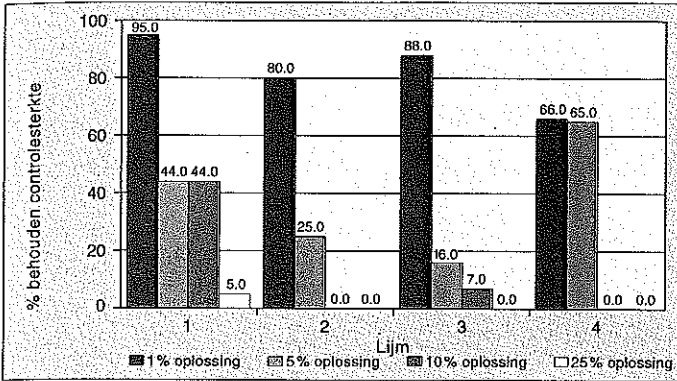


2.3.1 Het ontvetten van te lijmen oppervlakken

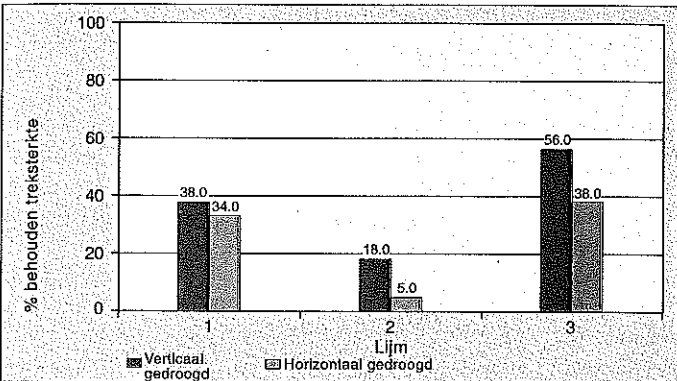
Voor een optimale lijmverbinding is het volledig verwijderen van olie, vet, stof en overige vuilresten een vereiste. Hiervoor zijn oplosmiddelen die verdampen zonder resten achter te laten het meest geschikt. U vindt de belangrijkste oplosmiddelen en hun reinigingsvermogen in onderstaand overzicht.

Alkalische reinigingsmiddelen en zuurhoudende middelen op waterbasis bevatten bijna altijd corrosieremmers. Wanneer deze achterblijven op de gereinigde verbindingsoppervlakken verminderen ze de adhesie van de lijm of remmen ze het uithardingsproces. Wanneer u gebruik maakt van dergelijke reinigingsprocessen, dan dienen er vooraf altijd testen te worden uitgevoerd. In ieder geval moeten alle substraten grondig worden schoongespoeld of afgeveegd.

Oplosmiddel	Reinigingsvermogen	Licht ontvlambaar of brandbaar
Hydrocarbonaten (bijv. Isoparaffines)	Goed	Ja
Ketonen (bijv. aceton)	Goed	Ja
Alcoholen (bijv. Isopropanol)	Gemiddeld	Ja
Op waterbasis	Goed	Nee



Afb. 20:
Wasoplossing:
Typisch effect van concentratie op eindsterkte van lijmen.



Afb. 21:
Wasoplossing:
Typisch effect van droogpositie (verticaal of horizontaal) op eindsterkte van lijmen.

Wanneer er speciale ontvettingsbaden worden gebruikt bij seriefabricage, dan is het zinvol erg vervuilde oppervlakken voor te behandelen, zodat het reinigingsbad niet te snel vervuult. Zeer vaak wordt gebruik gemaakt van dampontvettingssystemen. In dit geval wordt het oplosmiddel verhit tot het kookpunt en verdampt het. Als het koude substraat in contact wordt gebracht met het verdampte reinigingsmiddel, condenseert dit op het substraat. De vloeistof die zo wordt gevormd, verwijdert de overgebleven vuilen vetdeeltjes. Het ontvetten vindt vaak plaats in volledig afgesloten machines, waarbij gebruik wordt gemaakt van oplosmiddelen.

Voor veel toepassingen is een voorbehandeling van de oppervlakken met een snelwerkend reinigingsmiddel voldoende. Dit verwijdert olie, vet, achtergebleven vuilresten en andere onzuiverheden en prepareert de oppervlakken voor het lijmproces. Bij het schoonmaken met oplosmiddelen kunt u het chemische ontvettingsproces bespoedigen door het oppervlak eerst te reinigen door middel van een mechanische voorbehandeling (flink wrijven met een schoonmaakdoek, borstelen), waardoor er een beter schoonmaakresultaat wordt bereikt.

2.3.2 Mechanische voorbehandeling

Vuile metaaloppervlakken raken vaak bedekt met een oxydelaag die niet kan worden verwijderd door ontvetten. In dergelijke gevallen is mechanische voorbehandeling noodzakelijk, zoals stralen, schuren of borstelen.

Stralen is een goede manier om grote oppervlakken te reinigen. De ruwheid van het oppervlak die hierdoor wordt bereikt, biedt zeer goede hechtingsresultaten, vooropgesteld dat de gebruikte korrel niet te grof is. Ook schuren zorgt voor een goede ruwheid van het oppervlak. In dit geval is het belangrijk het juiste schuurpapier te gebruiken (bijv. korrel 300 tot 600 voor aluminium, 100 voor staal). Na het stralen en het schuren of borstelen dienen de delen te worden ontvet om alle achtergebleven vuilresten te verwijderen. Zeer vuile delen moeten ook worden ontvet vóór de mechanische behandeling zodat de gebruikte korrels of andere middelen het oppervlak niet alleen maar verder vervuilen. In de praktijk zijn de methoden voor mechanische voorbehandeling zeer simpel te gebruiken en ze zorgen over het algemeen ook voor een goede hechtingsterkte.

Wanneer kunststof of rubber delen moeten worden verbonden, dan dient de oppervlakte- of vulcanisatiefilm mechanisch te worden verwijderd. In het geval van kunststof is gebleken dat schuurmiddelen als ijzeroxide en aluminiumoxyde effectief zijn. Rubber oppervlakken moeten worden schoongemaakt om lossingsmiddelen te verwijderen, hetzij met behulp van oplosmiddelen of door schuren.

2.3.3 Etsen

Voor het etsen van oppervlakken worden relatief agressieve chemische middelen gebruikt. Afhankelijk van het substraat worden zeer zuurhoudende of sterk alkalische oppervlakken ge-

bruikt. Etsen leidt tot verandering van het substraatoppervlak omdat er reactieve groepen worden toegevoegd en er een kratervormige oppervlaktestructuur kan worden gevormd die plaats biedt aan de mechanische vermetting van de lijm. De resultaten van deze behandeling variëren van substraat tot substraat. De industriële toepassingsmogelijkheden zijn beperkt omdat het gebruik en het opruimen van de etsoplossingen steeds duurder worden.

2.3.4 Voorbehandeling door middel van oppervlak-ionisatie

Voorbehandeling door middel van oppervlak-ionisatie verandert de polariteit van de oppervlakken en hun energie, zoals ook het geval is bij natte chemische voorbehandeling. Afhankelijk van het materiaal, de geometrie van het te behandelen product, het productieproces en het aantal te lijmen delen wordt één van de hieronder genoemde processen toegepast.

2.3.5 Primers

Primers bestaan over het algemeen uit een reactief chemisch middel dat in een oplosmiddel wordt gedoseerd. Om de primer te kunnen gebruiken, wordt de oplossing op het substraatoppervlak geborsteld of gespoten. Het dragende oplosmiddel mag daarna verdwijnen, waarna het actieve middel achterblijft. Afhankelijk van het type primer kan het oppervlak direct klaar zijn voor verlijming, zoals in het geval van polyolefinprimers voor cyanoacrylaatlijmen. Oppervlakprimers verbeteren over het algemeen de hechbaarheid van het substraat door als een chemische brug te fungeren tussen het substraat en de lijm. Over het algemeen is het reactieve element in een primer multifunctioneel, met één set reactieve groepen die bij voorkeur reageert met het oppervlak en andere groepen die meer worden aangetrokken door de lijm.

Substraat	Vorbewerkingsmethoden					
	Ontvetten	Mechanisch	Etsen	Primers (afhankelijk van plasmalijm)	Corona	Lagedruk schuren
Metalen	xxx	xxx	x	x		x
Glas	xxx	x	x	x	x	x
Keramiek	xxx		x	x	x	x
Kunststof	xxx	xxx	x	x	xxx	xxx
Rubber	xxx	x		x	x	x
Hout	x	xxx		x		x

xxx = voorkeurmethode

xxx = alternatieve methode of extra methode

2.3.6 De bevochtigingstest

De resultaten van de voorbehandeling van het oppervlak kunnen worden gecontroleerd met de 'waterdruppelproef'. Bij deze proef worden enige druppels schoon water op het gereinigde oppervlak aangebracht. Op een onvoldoende gereinigd oppervlak behouden de druppels hun kegelvorm en moet het oppervlak nogmaals worden gereinigd. Als de waterdruppels uitvloeien over het behandelde oppervlak, is er een goede bevochtiging; het te lijmen oppervlak is schoon genoeg.

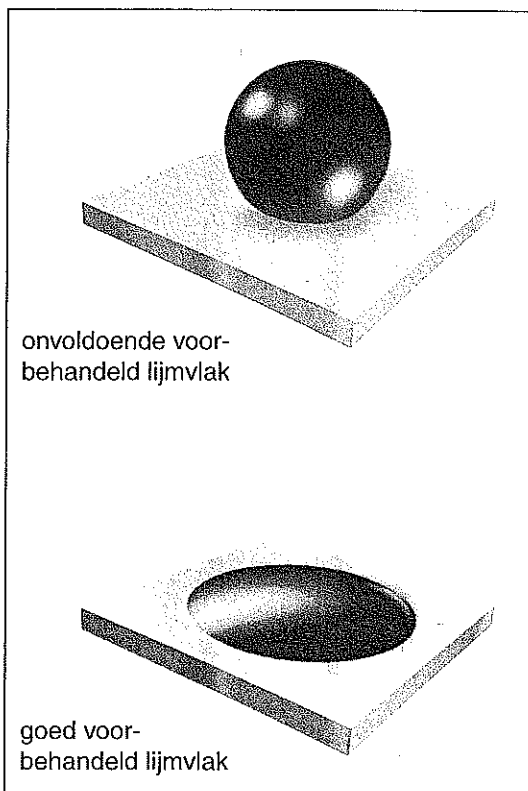
Deze methode is niet geschikt voor anodecoatings op aluminium en magnesium.

Het voordeel van de waterdruppelproef is dat men heel eenvoudig aan de 'testvloeistof, water kan komen.

Dit voordeel wordt echter gedeeltelijk teniet gedaan door de variabele hardheid van het water, wat van invloed is op de oppervlaktespanning. In sommige gevallen levert zelfs gedistilleerd water geen betrouwbare resultaten op bij de waterdruppelproef. Daarom wordt voor kritische toepassingen het gebruik aangeraden van oppervlaktespanningvloeistoffen, die beschikbaar zijn met voorgedefinieerde oppervlaktespanningen. Merk op dat de test alleen betrekking heeft op de bevochtiging en niet op het verbindingsvermogen van de lijm.

2 INTRODUCTIE

Afb. 22:
De bewerking van het oppervlak kan worden getest met behulp van de 'waterdruppel' test of met vloeistoffen met een gedefinieerde oppervlaktespanning.



2.4 Reinigingsmiddelen, activatoren en primers

2.4.1 Reinigingsmiddelen

Om het beste resultaat te krijgen bij het gebruik van lijmen verdient het aanbeveling ervoor te zorgen dat de te lijmen delen vrij zijn van alle vuil. Voor het handmatig reinigen van kleine aantallen producten, assemblage- en onderhoudselementen biedt Loctite een aantal reinigingsmiddelen die milieuvriendelijk zijn. Deze verwijderen de meeste vetten, oliën en smeermiddelen, zonder resten achter te laten.

2.4.2 Activatoren

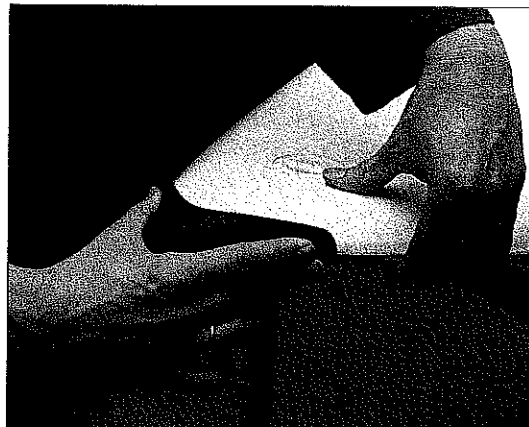
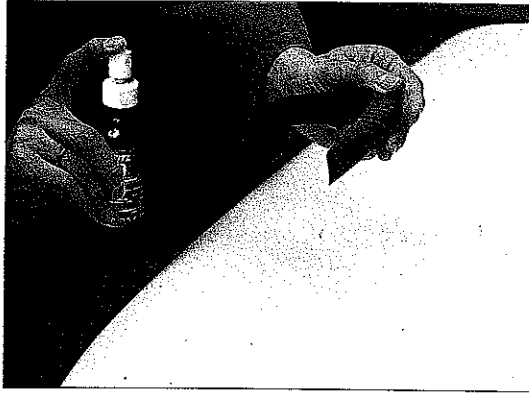
Naast lijmen biedt Loctite ook activatoren aan. Voor sommige lijmen (bijv. gemodificeerde acrylaten) is een activator absoluut noodzakelijk voor het opstarten van het uithardingsproces, terwijl voor andere lijmen (bijv. anaërobe lijmen) de activator kan worden gebruikt om de uitharding te verbeteren of te versnellen. In vergelijking met primers verbeteren activatoren over het algemeen niet de adhesie, maar de cohesie van een lijm door voor een goede uitharding te zorgen.

Reinigings- middel	Op basis van	Typische toepassing
7063	Hydrocarbonaat/Alcohol/ Dimethoxymethaan	Ideaal voor het reinigen van metaal, keramiek, glas, sommige kunststoffen - zeer snelle verdamping
7070	Hydrocarbonaat/ d-Limoneen	Ideaal voor alle materialen, verwijdert ook synthetische olie en olie op mineraalbasis, inclusief olie op basis van siliconen

Activator	Drager Oplosmiddel	Gebruikt met Lijm	Typische toepassing
712	Isopropanol	Alle Cyanoacrylaten	– Aangebracht op de oppervlakken van de substraten vóór het lijmen om de grootste uithardingssnelheid te bereiken – Aangebracht op een open druppel cyanoacrylaat of overtollige cyano- acrylaat om Blooming te voorkomen
7452	Aceton	Alle Cyanoacrylaten	– Aangebracht op de oppervlakken van de substraten vóór het lijmen om de grootste uithardingssnelheid te bereiken – Aangebracht op een open druppel cyanoacrylaat of overtollige cyano- acrylaat om Blooming te voorkomen
7113	Heptaan	Alle Cyanoacrylaten	– Aangebracht op de oppervlakken van de substraten vóór het lijmen om de grootste uithardingssnelheid te bereiken – Aangebracht op een open druppel cyanoacrylaat of overtollige cyano- acrylaat om Blooming te voorkomen
7380	Oplosmiddelvrij	330, 3290	– Aangebracht op een van de opper- vlakken voor uitharding van de lijm
7387	Heptaan/ Isopropanol	330, 3290	– Aangebracht op een van de opper- vlakken voor uitharding van de lijm
7471	Aceton/ Isopropanol	Alle anaërobe uithardingslijmen	– Aangebracht op inactieve opper- vlakken ter ondersteuning van uitharding
7649	Aceton	Alle anaërobe uithardingslijmen	– Aangebracht op een van de opper- vlakken voor versnelling van de uitharding van de lijm

2 INTRODUCTIE

Afb. 23:
Dit laat zien hoe eenvoudig
het is kunststof te lijmen
met een lage oppervlakte-
energie: spuit er Loctite 770
op, breng de lijm aan, voeg
de delen samen en klaar!



2.4.3 Primers

Primers worden gebruikt om de adhesie en de duurzaamheid van de verbinding te verbeteren, maar ze hebben geen invloed op de uitharding van de lijm. Omdat primers een brug vormen tussen substraat en lijm is er geen universele primer voor alle bestaande lijmen. Daarom biedt Loctite verschillende primers voor een optimale verbetering van adhesie en duurzaamheid.

Als voorbeeld van het gebruik van een primer, ziet u een toepassing met de Loctite 770 primer voor cyanoacrylaten. Voor veel verbindingskunststoffen als PP (Polypropyleen), PE (Polyethyleen), PTFE (Polytetrafluorethyleen), siliconen en veel thermoplastische elastomeren is voorbehandeling van de verbindingsoppervlakken op basis van ionisatie nodig. Loctite heeft een primer ontwikkeld die dergelijke kunststoffen activeert om tot een succesvolle verbinding te komen. De beste resultaten worden verkregen met een combinatie van de producten Loctite 770 (primer) en Loctite 406 (cyanoacrylaatlijm).

U kunt een grote sterkte verkrijgen met PP en PE, en met thermoplastische elastomeren. Siliconen, PTFE en andere soortgelijke kunststoffen kunnen nu ook worden verbonden, zij het met een beperkte mate van succes. Een belangrijk voordeel van de primer in vergelijking met voorbehandeling van het oppervlak op basis van ionisatie is de simpele werkwijze: het wordt in een zo dun mogelijke laag op de substraten gespoten of geborsteld. Na een korte droogtijd (10 tot 60 seconden) wordt de lijm op dezelfde wijze als anders aangebracht en worden de delen verbonden (zie afbeelding 23).

U moet Loctite 770 primer niet gebruiken op kunststoffen die eenvoudig kunnen worden verbonden zonder voorbehandeling, bijv. PVC (Polyvinylchloride), ABS (Acrylnitrile-butadiene-styreen) en NBR (Nitril rubber). Als bijvoorbeeld PVC moet worden verbonden met PP, dient u alleen het PP-oppervlak voor te behandelen met primer. Uiteraard moeten de oppervlakken eerst

worden gereinigd, zoals dat het geval is bij iedere verbinding door middel van lijmen. Aangezien het product zo eenvoudig te gebruiken is en voor een grote sterkte zorgt bij niet-polaire kunststoffen met een lage oppervlakte-energie, is Loctite 770 een interessant alternatief voor de meer gecompliceerde methoden voor voorbehandeling van het oppervlak (zie afbeelding 23).

Primer	Drager Oplosmiddel	Gebruikt met lijm	Typische toepassing
770	Heptaan	Alle Cyanoacrylaten	– Aangebracht op niet-polaire kunststoffen, zoals PE, PP, Siliconen, Thermoplasten, Elastomeren, PTFE en gelijksoortige kunststoffen
793	Water/Glycol		
7211	Propanol	5221	– reinigt en bewerkt oppervlakken voor om adhesie op glas, metaal en een aantal kunststoffen te verbeteren
7251	Methylethyl keton	3951, 5221	– verbetert adhesie op kunststoffen en hout
7252	Methylethyl keton	3951, 5221	– verbetert adhesie op glas
7253	Methylethyl keton	3951, 5221	– verbetert adhesie op metaal

2.5 Evaluatie van mislukte lijmverbindingen

Een aantal belangrijke criteria bij het evalueren van mislukte lijmverbindingen kunnen reeds worden bepaald door het bekijken van de verbonden delen. Op deze manier is het wellicht mogelijk te bepalen welke adhesie- of cohesiefout heeft geleid tot het mislukken van de verbinding en zelfs of de verbonden delen wellicht zijn beschadigd.

- Adhesiefout – De lijm kan volledig losgekomen zijn van de bovenkant van één van de substraten.
- Cohesiefout – De lijm zelf is kapot gegaan. Er zijn resten van de lijm aanwezig op beide substraten.

2.5.1 Evaluatie en methoden voor verbetering:

Het optreden van een verbindingfout laat ons alleen zien wat het zwakke punt van de verbinding is, niet wat het probleem heeft veroorzaakt. Om het probleem te kunnen corrigeren is het van vitaal belang de oorzaak van de fout op te sporen.

Type fout	Methoden om sterkte te vergroten
Adhesiefout	Blijkbaar is het zwakke punt van de verbinding de grenslaag tussen het gelijmde deel en de lijm. Ofwel is het materiaal niet geschikt om te worden gelijmd, ofwel was het te lijmen oppervlak niet schoon. In beide gevallen kan de sterkte worden vergroot met de juiste voorbehandeling van het oppervlak.
Cohesiefout	De lijm is overbelast als gevolg van een externe gebeurtenis (bijv. piekbelastingen, temperatuur, veroudering, etc.). Oplossing: veranderingen in het ontwerp van de lijmgeometrie en/of lijm met een kwalificatie die past bij de toepassing.

2.5.2 Oorzaken van en oplossingen voor fouten bij lijmverbindingen:

Mogelijke oorzaken	Oplossingen
Beschadigd substraat	Controleer toleranties, lege ruimtes en materialen en volg het proces nauwkeuriger.
Vervuild substraat	Controleer voorbehandeling op bruikbaarheid en breng indien nodig wijzigingen aan (bijv. reinigingsmiddelen, schoonmaakprocedures, de daaropvolgende tijdelijke opslag, etc.).
Foutieve of onjuiste uitvoering van de lijmvoorwaarden	Controleer alle procesparameters, de uitvoering van het lijmproces, optimaliseer het type en de duur van de hechting, controleer of aan alle relevante uithardingsvoorwaarden is voldaan.
Onvoldoende uitharding van de lijm	Controleer de randvoorwaarden voor de uitharding (bijv. speling, luchtdichtheid, temperatuur, vochtigheid, etc.) Let er ook op dat de uithardingstijden overeenkomen met de gegevens op de data sheet. Controleer of de lijm niet over de datum was.
Mechanische overbelasting of ongunstige belasting (peeling)	Vergroot het lijmoppervlak en/of wijzig de verbinding geometrie van de krachttoepassing. Controleer de geschiktheid van de lijm voor het type belasting (trekbelasting, schuifspanning, etc.)
Thermische overbelasting	Kies een lijm met een grotere temperatuurbestendigheid.
Corrosie of infiltratie en vernietiging van de lijmcoating door vloeibare en gasachtige media	Bescherm verbindingruimte op de contactpunten tegen het medium door middel van een geschikte coating of ontwerp de te verbinden delen zodanig dat er geen contact is met het medium.

2.6 Problemen bij lijmprocessen oplossen

Er zijn vele zaken die van invloed zijn op het succesvol toepassen van lijmverbindingen. Loctite Corporation biedt uitgebreide technische ondersteuning voor het oplossen van eventuele problemen die kunnen optreden.

Globaal genomen kunnen de lijmproblemen in de volgende categorieën worden ondergebracht:

- *Geen verbinding / uitharding*
Werd de vloeistof hard zoals verwacht of werd het proces door een of andere factor gehinderd of gestopt?
- *Geen lijm*
Hoe simpel het ook lijkt, de beste probleemoplossers checken eerst of er inderdaad lijm aanwezig is op de gewenste plek.
- *Geen adhesie*
Is er een vuile plek of een onregelmatigheid op het oppervlak die de adhesie beïnvloedt?
- *Geen prestaties*
Na het checken van andere factoren en de vraag of het proces acceptabel is, is de volgende vraag: is de juiste lijm (en de daaruit volgende prestatie) gespecificeerd?

2.7 Het losmaken van lijmverbindingen

De meeste verbindingen kunnen worden losgemaakt met behulp van de gebruikelijke methoden „lostrekken van“ en „duwen uit“. Bij zeer sterke verbindingen kunt u de delen verhitten tot 300 °C à 400 °C voordat u met het losmaken begint. Lijmresten kunnen mechanisch worden verwijderd. Voordat ze opnieuw kunnen worden gelijmd moeten de oppervlakken eerst worden gereinigd.

2.8 De veroudering van lijmverbindingen

Het effect van veroudering kan alleen worden voorspeld door een nauwkeurige beschouwing van de vele elkaar onderling beïnvloedende variabelen, inclusief de ontwerpparameters. Loctite kan hierbij hulp bieden voor specifieke toepassingen. De grafieken voor thermische veroudering zijn afgebeeld in de technische data sheets. Hierbij zijn alle lijmen getest onder de constante beïnvloedingsfactoren warmte en tijd. Meer gedetailleerde uitspraken over het verouderingsgedrag van lijmen in speciale toepassingen kunnen alleen worden gemaakt aan de hand van experimenten met de originele materialen en simulatie van de werkelijke bedrijfsomstandigheden.